

การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา
เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์: การประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ



นางสาวสุปราณี บุระ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A COMPUTER - BASED COGNITIVE DIAGNOSTIC TEST
ON BASIC ARITHMETIC OPERATIONS: AN APPLICATION OF DINA MODEL

Miss Supranee Boora



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Measurement and
Evaluation

Department of Educational Research and Psychology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาแบบสอบถามเชิงวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์: การประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ
โดย	นางสาวสุปราณี บุระ
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาชีผล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังชนกานนท์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาคุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาชีผล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังชนกานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อวยพร เรืองตระกูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณ์ฐกรรณ์ หลาวทอง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์)

สุปราณี บุระ : การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์ : การประยุกต์โมเดลไอเอ็นเอ (DEVELOPMENT OF A COMPUTER - BASED COGNITIVE DIAGNOSTIC TEST ON BASIC ARITHMETIC OPERATIONS: AN APPLICATION OF DINA MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.โชติกา ภาชีผล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร. กมลวรรณ ตังธนากานนท์, 262 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ และพัฒนาเป็นโปรแกรมการทดสอบ โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการสร้างแบบสอบ ด้วยการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมกับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นสร้างแบบสอบตามแผนผังการออกข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น ระยะที่ 2 เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ ด้วยการนำแบบสอบที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง (Reliability) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) และระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบ โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของโปรแกรมการทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบกับครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาและนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 เพื่อสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้งาน และปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ประกอบด้วยแบบสอบทั้งสิ้น 8 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 ที่พัฒนาจากโมเดลพุทธิปัญญา ซึ่งเป็นโครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง โดยจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า เป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 - 0.191 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 - 0.200 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.631 - 1.000 ในส่วนของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ มีค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิตัน (Livingston Method) อยู่ระหว่าง 0.873 - 0.986 และวิธีของโลเวท (Lovett Method) อยู่ระหว่าง 0.816 - 0.985 ความตรงเชิงเนื้อหา แต่ละฉบับมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80 - 1.00 และความตรงตามสภาพ แต่ละฉบับมีค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปลา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลไอเอ็นเอและผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง อยู่ระหว่าง 0.758 - 0.882 และ 0.569 - 0.824 ตามลำดับ

3. โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน สร้างด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio.NET 2010 วิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ ด้วยโปรแกรม R และออกรายงานผลการวินิจฉัยด้วยโปรแกรม Report Viewer 2010 ออกแบบให้มีการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมแบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญโดยเฉลี่ยในเรื่องของการทำงาน การออกแบบ ลักษณะทั่วไป และคู่มือการใช้อยู่ในระดับดีมาก ในส่วนของการทดลองใช้ ครูและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรม คู่มือการใช้ การออกแบบ และความรู้สึกรู้สึกต่อโปรแกรม อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

ภาควิชา	วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา	ลายมือชื่อ นิสิต
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
ปีการศึกษา	2557	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5384267827 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION

KEYWORDS: COGNITIVE DIAGNOSTIC TEST / DINA MODEL / BASIC ARITHMETIC OPERATION

SUPRANEE BOORA: DEVELOPMENT OF A COMPUTER - BASED COGNITIVE DIAGNOSTIC TEST ON BASIC ARITHMETIC OPERATIONS: AN APPLICATION OF DINA MODEL. ADVISOR: ASSOC. PROF.SHOTIGA PASIPHOL, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. KAMONWAN TANGDHANAKANOND, Ph.D., 262 pp.

The objectives of research were to develop cognitive diagnostic test on basic arithmetic operations, validate the test, and to develop a program for testing by application of the DINA model. The methodology was divided into the following three phases: phase 1 creating the cognitive diagnostic test by designating the cognitive model for basic arithmetic operations, having the accuracy and suitability checked by experts. Then a chart was created for making q-matrix test questions from the designated cognitive model. Phase 2 involved validate of the test by submitting the test that had been developed to experts and trying the test out with grade 3 - 6 students to item analysis with the DINA model and test analysis composed of testing for reliability, content validity and concurrent validity. Lastly, phase 3 involved the development of computer-based cognitive diagnostic test by analyzing the diagnostic results with the DINA model and having the accuracy and suitability of the computer-based test checked by experts. Next, the computer-based test was tried out with elementary mathematics teachers and students in grade 3 - 6 in order to elicit ideas for use and revise/correct until complete.

The research findings can be summarized as follows:

1. The cognitive diagnostic test on basic arithmetic operations was composed of eight sets, namely, level 1 and level 2 cognitive diagnostic tests on addition, subtraction, multiplication and division that were developed from the cognitive model with structure based on attributes, knowledge and skills used by the students in correctly solving mathematical problems involving basic arithmetic operations by organizing a learning hierarchy of correlated attributes from basic to higher attributes. Each of the items contained multiple answers to choose from. If every answer was correctly selected for an item, one point was given. If, even one of the answers was mistakenly selected, score of "0" was given.

2. The item analysis included guess parameters (g_j) between 0.000 - 0.191, slip parameter (s_j) between 0.000 - 0.200 and an item discrimination index (IDI) between 0.631 - 1.000. The reliability of the test was determined by calculating according to the Livingston method between 0.873 - 0.986 and the Lovett method between 0.816 - 0.985. The content validity of each test had an IOC value between 0.80 - 1.00 and concurrent validity for each test had a ratio of concurrence and Cohen' Kappa between the attributes of the cognitive diagnostic results obtained with the DINA and the diagnostic results obtained with the technique of thinking aloud were within a range of 0.758 - 0.882 and 0.569 - 0.824, respectively.

3. The computer-based cognitive diagnostic test on basic arithmetic operations created by the Microsoft Visual Studio.NET 2010 program. The diagnostic results obtained with the DINA model were analyzed by R program and a report was issued on the diagnostic results obtained with the Report Viewer 2010 program. The aforementioned computer-based test was designed for operations in the following two sections: 1) a computer-based testing for teachers, namely, a program for controlling tests and analyzing the diagnostic results obtained; 2) a computer-based test for students, namely, all eight computer-based tests obtained results that were evaluated by experts. On average in terms of operations, design, general attributes and users' manuals, the results were very good. As for the trial testing, the teachers and students held the opinion that they would like to use the program, user's manual, design and feeling about the program from a high to the highest degree.

Department: Educational Research and Psychology

Field of Study: Educational Measurement and Evaluation

Academic Year: 2014

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยเพราะความเมตตากรุณาและเอาใจใส่อย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาชีผล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ แนวคิด และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ และมีคุณค่ายิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้เสียสละเวลาเพื่อชี้แนะและตรวจสอบแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอน และถ่ายทอดความรู้ในวิทยาการต่าง ๆ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ คุณครู นักเรียน และผู้เกี่ยวข้องทุกคน ที่เสียสละเวลาเพื่อความสำเร็จของวิทยานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณชัยวัฒน์ รุจิเมธาภาส ที่ช่วยสร้างและพัฒนา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไข โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจซึ่งกันและกันเสมอมา

สุดท้ายขอขอบคุณบิดา มารดา พี่ชาย พี่เขย และพี่สาว ที่คอยห่วงใย และให้กำลังใจที่ดีเสมอ จนทำให้ประสบความสำเร็จได้ ณ วันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
คำถามของการวิจัย.....	6
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์.....	9
ประโยชน์ของการวิจัย	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
ตอนที่ 1 การวินิจฉัยทางการศึกษา.....	14
ตอนที่ 2 การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา.....	18
ตอนที่ 3 โมเดลดีไอเอ็นเอ.....	64
ตอนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา.....	69
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	77
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	80
ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	80
เครื่องมือที่ใช้.....	80

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	81
การเก็บรวบรวมข้อมูล	81
การวิเคราะห์ข้อมูล	82
ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการ	
เลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอเอ็นเอ	82
ประชากรและตัวอย่าง	83
เครื่องมือที่ใช้	86
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	86
การเก็บรวบรวมข้อมูล	87
การวิเคราะห์ข้อมูล	89
ระยะที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข	
คณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอเอ็นเอ	91
ประชากรและตัวอย่าง	91
เครื่องมือที่ใช้	93
ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ	93
การเก็บรวบรวมข้อมูล	94
การวิเคราะห์ข้อมูล	95
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	96
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิต	
พื้นฐาน	96
1.1 ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน	96
1.2 ผลการสร้างแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน	114
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการ	
ดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอเอ็นเอ	132

2.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบก่อนการทดลองใช้.....	132
2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบหลังการทดลองใช้.....	137
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการ เลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ	159
3.1 ผลการสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และคู่มือการใช้	159
3.2 ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการ เลขคณิตพื้นฐาน.....	168
3.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิง วินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	172
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	178
สรุปผลการวิจัย.....	179
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิต พื้นฐาน.....	179
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการ ดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ	180
ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการ ดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ.....	182
อภิปรายผลการวิจัย.....	183
1. การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน	183
2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน และประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ	185
3. การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ	188
ข้อเสนอแนะ	192

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้.....	192
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	194
รายการอ้างอิง.....	196
ภาคผนวก.....	202
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ.....	203
ภาคผนวก ข แบบตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการค้าเงินการเลขคณิต พื้นฐาน.....	207
ภาคผนวก ค คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการค้า เงินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	219
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	262

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องจำนวน (Number) สำหรับนักเรียนเกรด 3.....	27
2.2	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องรูปแบบและความสัมพันธ์ (Patterns and Relation) สำหรับนักเรียนเกรด 6.....	29
2.3	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องพีชคณิต (Algebra) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา.....	31
2.4	ผลการเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญหา.....	58
2.5	ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) ของข้อสอบคณิตศาสตร์.....	68
2.6	ตัวอย่างค่าดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) ของข้อสอบคณิตศาสตร์.....	68
3.1	การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบโดยแยกตามโรงเรียน.....	85
3.2	การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบโดยแยกตามโรงเรียน.....	86
3.3	การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	92
4.1	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการบวกจำนวนนับ.....	98
4.2	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการลบจำนวนนับ.....	100
4.3	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการคูณจำนวนนับ.....	102
4.4	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการหารจำนวนนับ.....	104
4.5	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการบวกจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญ.....	105
4.6	โมเดลพุทธิปัญหาเรื่องการบวกจำนวนนับ.....	107

ตารางที่		หน้า
4.7	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับจาก ผู้เชี่ยวชาญ.....	108
4.8	โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ.....	109
4.9	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับจาก ผู้เชี่ยวชาญ.....	110
4.10	โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ.....	111
4.11	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับจาก ผู้เชี่ยวชาญ.....	112
4.12	โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ.....	113
4.13	แผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทาง พุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	118
4.14	โครงสร้างของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน.....	124
4.15	ตัวอย่างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิต พื้นฐาน.....	128
4.16	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	133
4.17	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบ.....	138
4.18	ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะโดยเฉลี่ย.....	139
4.19	ความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยในแต่ละรูปแบบ.....	141
4.20	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	145
4.21	ผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการ ดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้งฉบับ.....	149
4.22	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิ ปัญญาด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	150
4.23	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิ ปัญญาด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	151

ตารางที่		หน้า
4.24	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	152
4.25	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	153
4.26	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	154
4.27	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	155
4.28	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	156
4.29	ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	157
4.30	ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้งฉบับ.....	158
4.31	ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	168
4.32	ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	173
4.33	ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน.....	176

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา.....	20
2.2	กระบวนการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา.....	22
2.3	โครงสร้างลำดับชั้น.....	34
2.4	การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาและการกำหนดแผนผังในการพัฒนาข้อสอบ...	35
2.5	ประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นำเสนอ.....	38
2.6	การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยคอมพิวเตอร์.....	63
2.7	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	79
4.1	ลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน.....	123
4.2	หน้าแรกของโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู.....	160
4.3	หน้าจอโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนของห้องสอบ.....	161
4.4	หน้าจอโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนของประมวลผลการสอบ.....	161
4.5	ตัวอย่างหน้าแรกของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน.....	162
4.6	ตัวอย่างหน้ากรอกข้อมูลผู้สอบของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน.....	162
4.7	ตัวอย่างหน้าคำชี้แจงของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน.....	162
4.8	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	162
4.9	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	163
4.10	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	163
4.11	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1.....	163
4.12	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	164
4.13	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	164
4.14	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	164
4.15	ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2.....	165
4.16	ตัวอย่างหน้าผลคะแนนและสิ้นสุดการสอบ.....	165
4.17	หน้ารายงานผลการวินิจฉัยรายคน.....	166
4.18	หน้ารายงานผลการวินิจฉัยรายชั้นเรียน.....	166

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการเรียนการสอนตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ กำหนดให้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูจึงจำเป็นต้องรู้จักนักเรียนแต่ละคนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นภูมิหลังส่วนตัว ด้านบุคลิกภาพ นิสัยใจคอ สุขภาพ หรือครอบครัว นอกจากนี้ ภูมิหลังทางวิชาการก็เป็นเรื่องสำคัญต่อการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นพื้นฐานความรู้เดิม ความสามารถในการอ่านเขียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความถนัด ความชอบ ความสนใจในการเรียน (ศิริเดช สุชีวะ, 2550) ดังนั้น ในการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ หากครูทราบจุดแข็งจุดอ่อนของนักเรียนว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เข้าใจ หรือไม่เข้าใจในส่วนใดแล้ว ครูจะสามารถแก้ไขในส่วนที่เป็นจุดอ่อน และส่งเสริมในส่วนที่เป็นจุดแข็ง นักเรียนจะได้รับการพัฒนาให้เต็มตามศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่ ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน เรียนอย่างมีความสุขและมีกำลังใจที่จะเรียนรู้ต่อไป

จากอดีตจนถึงปัจจุบัน นักวิจัยหรือครูผู้สอนมีความพยายามที่จะค้นหาว่าการที่นักเรียนเก่งหรืออ่อนเป็นเพราะเหตุใด และเก่งหรืออ่อนในเรื่องอะไร เพื่อหาจุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียนมาโดยตลอด จะได้นำสารสนเทศที่ได้มาส่งเสริมหรือแก้ไขความรู้ความเข้าใจของนักเรียนให้ถูกทาง ซึ่งเรียกกระบวนการเหล่านี้ว่า การวินิจฉัยทางการศึกษา กระบวนการนี้เริ่มตั้งแต่การใช้วิธีที่ไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกต การสอบถามหรือการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล การตรวจผลงาน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการใช้วิธีที่เป็นทางการ เช่น การใช้แบบสอบถามเชิงวินิจฉัย การใช้การย้อนรอยกระบวนการคิด เป็นต้น แต่การวินิจฉัยที่ใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แบบสอบถามการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียน และนำเสนอผลการวินิจฉัยจากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการสอบ หากวิเคราะห์คะแนนโดยอิงทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม จะเป็นการเทียบคะแนนรวมที่ได้ในแต่ละเนื้อหาย่อยกับเกณฑ์ที่กำหนด

ในระยะต่อมามีการวิเคราะห์ผลการสอบของนักเรียนที่ซับซ้อนขึ้น โดยอิงทฤษฎีการวัดผลแนวใหม่ ด้วยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากคะแนนสอบและแบบแผนการตอบข้อสอบที่ได้จากแบบสอบวินิจฉัย แต่การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากคะแนนสอบเพียงอย่างเดียว ให้ข้อมูลสารสนเทศไม่เพียงพอต่อการวินิจฉัย จึงทำให้มีการนำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากแบบแผนการตอบข้อสอบไปใช้มากกว่า ในรูปแบบของการวิเคราะห์จากแบบแผนการตอบข้อสอบที่

ผิดปกติ ซึ่งการวิเคราะห์จากแบบแผนการตอบข้อสอบที่ผิดปกตินี้ จำแนกออกเป็น 2 แนวคิด คือ แนวคิดแรก เป็นการพัฒนาดัชนีรายบุคคล เพื่อบ่งชี้ระดับความผิดปกติของแบบแผนการตอบข้อสอบของแต่ละบุคคล และแนวคิดที่สอง เป็นการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดการประเมินกฎ (Rule – Assessment Method) ต่อมาในปี 1983 Tatsuoka ได้พัฒนาโมเดลรูสเปซ (Rule Space Model) ขึ้น จากแนวคิดการประเมินกฎ (Rule – Assessment Method) และวิธีดัชนีบุคคล (Personal – Index Approach) โดยประยุกต์ใช้โมเดลรูสเปซ ซึ่งเป็นโมเดลที่พัฒนาเพื่อใช้ในบริบทของการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์กายภาพในการเปรียบเทียบความใกล้เคียงของแบบแผนการตอบข้อสอบกับแบบการคิดผิดแบบต่าง ๆ (อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551)

สำหรับปัจจุบันนี้ นักการศึกษาให้ความสนใจในการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญาใช้ในการวินิจฉัยมากขึ้น Snow และ Lohman (1989 อ้างถึงใน Leighton และ Gierl, 2007) ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญาเข้ามาใช้ในการวัดทางการศึกษา โดยชี้ให้เห็นว่าแนวคิด ทฤษฎี และวิธีการทางจิตวิทยาพุทธิปัญญาเป็นประโยชน์สำหรับการวัดทางการศึกษาโดยที่ 1) ให้ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อสอบที่อธิบายถึงโครงสร้างของความเข้าใจ 2) สร้างความกระจ่างในเป้าหมายของการสอบในเรื่องของความรู้และทักษะที่ชี้ให้เห็นถึงความรอบรู้และความเข้าใจ และ 3) ยกระดับทฤษฎีของความถนัด ผลสัมฤทธิ์ และการเรียนรู้ การนำจิตวิทยาพุทธิปัญญามาใช้ประโยชน์นั้น คุณลักษณะที่สำคัญระหว่างการสืบสอบมโนทัศน์ในการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาของแต่ละคน และการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาที่แท้จริงของแต่ละบุคคลจากการทำข้อสอบ ต้องเป็นการรวมกันของจิตวิทยาพุทธิปัญญาในการวัด โดยใช้โมเดลทางคอมพิวเตอร์ในการคาดหมายโครงสร้างทางพุทธิปัญญาของแต่ละคนว่ามีการคิดและการให้เหตุผลอย่างไร เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยทางการศึกษา จะเรียกว่า การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Assessment: CDA) ซึ่งเป็นเรื่องที่น่าสนใจในปัจจุบัน

คำว่าพุทธิปัญญาในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญานั้น แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นความรู้และทักษะ ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบของเนื้อหานั้น ๆ ซึ่งคุณลักษณะนี้จะมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาแต่ละเรื่องและมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะนำเข้ามาประยุกต์ใช้ในการทดสอบในทุกๆระดับ เนื่องจากการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา มีการออกแบบเพื่อวัดโครงสร้างความรู้และทักษะที่เฉพาะในแต่ละเนื้อหาของนักเรียน ซึ่งให้สารสนเทศเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ ผลการประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จุดแข็ง และจุดอ่อนทางพุทธิปัญญาของนักเรียนจากการคิดและการเรียนรู้ ซึ่งผลที่ได้จากการสอบจะสะท้อนรูปแบบบางอย่างของการคิดและกระบวนการคิดขั้นสูงที่เชื่อมโยงกับการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลย้อนกลับในการวินิจฉัยเชิง

ก้าวหน้าโดยรายงานความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบอย่างละเอียด และให้สารสนเทศกับครูเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์ในการรับรู้ของนักเรียนระหว่างมโนทัศน์และหลักการที่นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาได้ การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เป็นการรวมศาสตร์ 2 ศาสตร์เข้าด้วยกัน คือ จิตวิทยาพุทธิปัญญา (cognitive psychology) และโมเดลการวัดทางจิตมิติ (psychometric modeling) โดยที่จิตวิทยาพุทธิปัญญาทำให้ทราบลำดับขั้นคุณลักษณะการเรียนรู้ ส่วนโมเดลการวัดทางจิตมิติทำให้ได้สารสนเทศในการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะ

ในปี 1990 Tatsuoka ได้มีการปรับโมเดลรูสเปซ (Rule Space Model) โดยนำทฤษฎีพุทธิปัญญาเข้ามาใช้ในการวินิจฉัย ปรับเปลี่ยนแนวคิดจากแบบการคิดที่ผิดมาเป็นการวินิจฉัยที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของความรอบรู้ที่ได้จากการพิจารณาว่าการทำข้อสอบได้ถูกต้อง ต้องใช้ความรู้และทักษะใดบ้าง ซึ่งลักษณะของโมเดลรูสเปซ เป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบของผู้สอบนำไปสู่แบบแผนคุณลักษณะความรอบรู้จากการใช้ทักษะทางพุทธิปัญญาที่แตกต่างกัน แต่โมเดลรูสเปซมีข้อจำกัดที่อาจให้ผลวินิจฉัยไม่สมบูรณ์เนื่องจากการวินิจฉัยดำเนินการหลังจากสร้างแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว การจำแนกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อจึงอาจไม่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือความรอบรู้แต่ละเรื่องที่คุณสอบต้องมี และลำดับขั้นคุณลักษณะไม่ใช่สิ่งจำเป็น เนื่องจากคุณลักษณะเป็นอิสระต่อกัน จากนั้น Leighton, Gierl และ Hunka (2004) ได้พัฒนาวิธีลำดับขั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method) เพื่อแก้ข้อจำกัดของโมเดลรูสเปซ ซึ่งให้คำจำกัดความของคำว่าคุณลักษณะ (attribute) ชัดเจนขึ้น และกำหนดให้มีการจำแนกคุณลักษณะก่อนการพัฒนาแบบสอบ โดยกำหนดให้คุณลักษณะมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้นจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจนขึ้น

ในขณะเดียวกันนักการศึกษาได้มีการพัฒนาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Models: CDMs) ซึ่งเป็นโมเดลการวัดทางจิตมิติ (Psychometric Model) โดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) และโมเดลการชั้นแฝง (Latent Class Model) จากการนำมาใช้ในการประเมินจุดแข็ง (strengths) และจุดอ่อน (weaknesses) ของนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) โดยจะให้ข้อมูลสารสนเทศเฉพาะจากรูปแบบโครงสร้างของคะแนนที่สามารถพิจารณาถึงประสิทธิผลของการวัดการเรียนรู้และความก้าวหน้าของนักเรียน การออกแบบการสอนที่ดีกว่า และเห็นความเป็นไปได้ของความต้องการจำเป็นทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม (de la Torre, 2009) เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน เช่น โมเดลฟิวชั่น (Fusion Model) ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นของการสังเกตการตอบข้อสอบของผู้สอบ

ในรูปของพารามิเตอร์ความสามารถและพารามิเตอร์ข้อสอบ คล้ายกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยใช้ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบเชื่อมโยงกับชุดของคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนดเพื่อตรวจสอบความรอบรู้ของผู้สอบในแต่ละคุณลักษณะนั้น โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA) เป็นการประมาณค่าความสามารถในแต่ละคุณลักษณะจากพารามิเตอร์ความสะเพร่าและพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA) จะคล้ายกับโมเดลดีไอเอ็นเอ ตรงที่ประมาณค่าความสามารถในแต่ละคุณลักษณะจากพารามิเตอร์ความสะเพร่าและพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก แต่โมเดลดีไอเอ็นเอ พารามิเตอร์อยู่ในระดับข้อ ในขณะที่โมเดลเอ็นไอดีเอ พารามิเตอร์อยู่ในระดับคุณลักษณะ จากนั้น Dibello, Stour และ Roussos (1995) อ้างถึงใน de la Torre และ Douglas, (2004) ได้ขยายโมเดลเอ็นไอดีเอ พัฒนามาเป็นโมเดลยูนิไฟด์ (Unified Model) จากนั้นได้ปรับพารามิเตอร์ (re - parameterized) ของโมเดลยูนิไฟด์ เป็นโมเดลฟิวชั่น (Fusion Model) นอกจากนี้ ยังมีโมเดลที่เน้นวินิจฉัยข้อมูลทางจิตวิทยา เช่น โมเดลดีไอเอ็นไอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO) (Templin และ Hemson, 2006) ซึ่งเป็นการปรับพารามิเตอร์ (parameterized) ของโมเดลดีไอเอ็นเอ ในส่วนของความไม่รอบรู้ในคุณลักษณะที่ต่ำกว่า สามารถทดแทนได้ หากมีความรอบรู้ในคุณลักษณะที่สูงกว่า

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโมเดลเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ที่กล่าวถึงกันอย่างแพร่หลาย ในบทความวิจัยที่ได้ศึกษา จำนวน 8 โมเดล ประกอบด้วย 1) โมเดลรูลสเปซ (Rule Space Model: RSM) 2) วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) 3) โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA) 4) โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA) 5) โมเดลฟิวชั่น (Fusion Model: FM) 6) โมเดลดีไอเอ็นไอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO) 7) โมเดลจีดีเอ็ม (General Diagnostic Model: GDM) และ 8) โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Log - Linear Cognitive Diagnosis Model: LCDM) แต่ละโมเดลมีจุดเด่นและข้อจำกัดแตกต่างกันไป การเลือกที่จะประยุกต์ใช้โมเดลใด นั้น ขึ้นอยู่กับบริบทของเรื่องที่จะศึกษา และเมื่อเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทั้ง 8 โมเดล โดยเริ่มจากประเด็นแรก ประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ประเด็นที่สอง การนำโมเดลไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และประเด็นสุดท้าย วิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์และ software ที่ใช้ พบว่าโมเดลที่น่าสนใจ คือ โมเดลดีไอเอ็นเอ ซึ่งเป็นโมเดลที่ประหยัด (parsimonious) เพราะสามารถแปลผลได้จาก 2 พารามิเตอร์ในแต่ละข้อ คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) เมื่อแปลผลได้จากเพียง 2 พารามิเตอร์ จึงทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้ง่าย สามารถทำได้สำเร็จภายในไม่กี่วินาทีหรือไม่กี่นาที แต่โมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูล (Good Model Fit) (de la Torre, 2009) ที่สามารถประมาณค่าได้อย่างถูกต้อง โดยที่คุณลักษณะที่ได้มานั้น

ต้องผ่านการไตร่ตรองมาอย่างดีแล้ว การประเมินเชิงวิจักษ์ทางพุทธิปัญญา จึงเป็นวิธีการที่เป็นระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ครูผู้สอนนำแบบสอบเชิงวิจักษ์เข้าไปใช้ในการวัดและประเมินผลระหว่างเรียน เพื่อพัฒนานักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งสามารถนำเสนอผลการวิจักษ์ที่มีความตรงสูง สะดวก และรวดเร็ว โดยเริ่มจากการกำหนดคุณลักษณะในรูปของโมเดลพุทธิปัญญาที่จะใช้ในการเรียนเนื้อหานั้น จากนั้นมีการออกแบบข้อสอบให้เป็นไปตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด และวิจักษ์ความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะด้วยโมเดลวิจักษ์ทางพุทธิปัญญา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นักเรียนทุกคนจะเริ่มเรียนคณิตศาสตร์จากเรื่องจำนวนและการดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เนื่องจากเรื่องนี้จะพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูงต่อไป นักเรียนแต่ละคนก็จะมีสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน สิ่งที่จะทำให้ครูทราบได้ว่านักเรียนแต่ละคนมีความสามารถอย่างไร ครูจึงมีการวิจักษ์เพื่อค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียน ซึ่งวิธีทั่วไปที่ครูใช้กันส่วนใหญ่ คือ การสังเกต การตรวจจากแบบฝึกหัด การสอบถามรายบุคคล แต่สำหรับวิธีการนี้หากในห้องเรียนมีจำนวนนักเรียนมากเกินไป อาจทำให้เกิดการวิจักษ์ที่ล่าช้า ดังนั้น จึงมีการพัฒนาแบบสอบวิจักษ์ซึ่งเป็นการออกแบบการวัดที่สามารถจำแนกได้ว่านักเรียนมีความรู้ถูกหรือผิดในเรื่องที่วัดอย่างไร และการรู้ผิดนั้นเกิดขึ้นในขั้นตอนใดขั้น (เอมอร์ จังศิริพรภรณ์, 2550) เพื่อเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการวิจักษ์ และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบสอบเชิงวิจักษ์ที่เกี่ยวกับการดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน ที่ประกอบไปด้วยการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับในไทย จากปี 2540 จนถึงปัจจุบัน พบว่า ในส่วนของการออกแบบข้อสอบ จะเป็นการออกแบบเพื่อวัดในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และแยกย่อยออกเป็นแต่ละเรื่องไม่มีการนำมาสัมพันธ์กันเป็นลำดับขั้น แต่การออกแบบแบบสอบเชิงวิจักษ์ทางพุทธิปัญญา จะออกแบบเพื่อวัดคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด และเป็นความรู้และทักษะตามลำดับขั้นการเรียนรู้ที่นักเรียนจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบ ซึ่งจะมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาแต่ละเรื่องและมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น เพื่อนำผลคะแนนที่ได้จากการสอบไปวิเคราะห์ว่านักเรียนมีความรอบรู้หรือไม่รอบรู้ในคุณลักษณะใด การออกแบบข้อสอบในลักษณะนี้จึงทำให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น และในส่วนของพัฒนาการวิเคราะห์คะแนนเพื่อให้สารสนเทศในการวิจักษ์นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการนำผลคะแนนของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อยไป

เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น แต่ในการประเมินเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญา จะเป็นการประมาณค่า ความความน่าจะเป็นของความรู้ในแต่ละคุณลักษณะด้วยโมเดลวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญา ซึ่งทำให้ ได้สารสนเทศในการวิจิจฉัยที่มีความตรงมากขึ้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาแบบสอบเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์ เนื่องจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการ ทดสอบช่วยให้ผู้สอบมีความรู้สึกเป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการ ทดสอบ เพราะคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่า ๆ ของคำถาม จากบทเรียนมาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ผู้ที่เข้ารับการทดสอบ (กิตานันท์ มลิทอง, 2543) และข้อได้เปรียบของการใช้แบบสอบคอมพิวเตอร์ที่มีเหนือการทดสอบที่ใช้ กันอยู่ทั่ว ๆ ไป คือ การใช้แบบสอบมีความสะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การคำนวณผลสอบมี ความแม่นยำและรวดเร็ว สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี และผู้เรียน สามารถได้รับผลย้อนกลับทันที ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดสอบบนกระดาษข้อสอบ (Alessi และ Trollip, 1991) และนำเสนอผลการวิจิจฉัย ด้วยการประยุกต์โมเดลไอเอ็นเอ ในการวิจิจฉัยในแต่ละ คุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น นอกจากนี้ ยังมีคู่มือการใช้สำหรับผู้สนใจที่จะนำ โปรแกรมการทดสอบที่พัฒนาขึ้นไปใช้ และสามารถนำวิธีดำเนินการไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบ สอบเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาโดยใช้คอมพิวเตอร์และประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ ในเนื้อหาวิชา ต่าง ๆ ต่อไปได้

คำถามของการวิจัย

1. โมเดลพุทธิปัญญาเป็นอย่างไร และแบบสอบเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการ ดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน มีคุณลักษณะอย่างไร
2. คุณภาพของแบบสอบเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดย ประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ อยู่ในระดับใด
3. แบบสอบเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผล การวิจิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ มีการออกแบบแบบสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน มีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1.1 เพื่อพัฒนาโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

1.2 เพื่อสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ มีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ ได้แก่ ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j)

2.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ได้แก่ ความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity)

3. เพื่อพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ มีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

3.1 เพื่อสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ

3.2 เพื่อสร้างคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

3.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ

แบบสอบที่พัฒนาขึ้น เป็นแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน วินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาแต่ละเรื่องในระดับที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน 8 ฉบับ คือ 1) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 5 จำนวน 15 ข้อ 2) เรื่องการลบจำนวนนับระดับที่ 1 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 5 จำนวน 15 ข้อ 3) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 4 จำนวน 12 ข้อ 4) เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 4 จำนวน 12 ข้อ 5) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 6 – 10 จำนวน 15 ข้อ 6) เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 6 – 10 จำนวน 15 ข้อ 7) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 5 – 8 จำนวน 12 ข้อ และ 8) เรื่องการหารจำนวนนับ ซึ่งใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 5 – 8 จำนวน 12 ข้อ

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

การตรวจสอบคุณภาพแบบสอบ ใช้หลักของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงเกณฑ์ เนื่องจากแบบสอบนี้เป็นแบบสอบอิงเกณฑ์ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร โดยแบ่งเป็น 1) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ โดยประยุกต์ใช้โมเดลตีโอเอ็นเอ ประกอบด้วย ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และ 2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีโอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง และพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลตีโอเอ็นเอ พร้อมด้วยคู่มือการใช้โปรแกรม

นิยามศัพท์

พุทธิปัญญา หมายถึง คุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานตามลำดับชั้นการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง

การดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน หมายถึง การบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการบวกจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9 3) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีการทด 4) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีการทด 5) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีการทด 6) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีการทด 7) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 1 หลัก 8) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 2 หลัก 9) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000 และ 10) ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการลบจำนวนนับที่ตัวตั้งมีค่ามากกว่าตัวลบได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการลบและใช้เครื่องหมาย - ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 9 3) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีการกระจาย 4) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีการกระจาย 5) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีการกระจาย 6) ทักษะ

การลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีการกระจาย 7) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 1 หลัก 8) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 2 หลัก 9) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100,000 และ 10) ทักษะการลบจำนวนหลายหลักสองจำนวน

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการคูณจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ประกอบด้วย 8 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก 3) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก 4) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก 5) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก 6) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก 7) ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก และ 8) ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการหารจำนวนนับที่ตัวตั้งมีค่ามากกว่าตัวหารได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ประกอบด้วย 8 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร \div ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว) 3) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว) 4) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ) 5) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก 6) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก 7) ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก และ 8) ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน หมายถึง แบบสอบที่สร้างขึ้นตามโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เป็นแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน วินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาแต่ละเรื่องในระดับที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 8 ฉบับ คือ 1) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 2) เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 3) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1

4) เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 5) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 6) เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 7) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 และ 8) เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

โมเดลไอเอ็นเอ หมายถึง โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สำหรับตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อและวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ โดยประมาณค่าจาก 2 พารามิเตอร์ในแต่ละข้อ คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j)

คุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา หมายถึง ความถูกต้อง ความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของแบบสอบ ใช้หลักของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อและการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ หมายถึง การนำเสนอผลการปรับปรุงและพัฒนาแบบสอบเป็นรายข้อตามสิ่งที่บ่งชี้ที่กำหนด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ สิ่งที่จะบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นเป็นรายข้อ หลังจากวิเคราะห์ด้วยโมเดลไอเอ็นเอ ประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index)

ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) หมายถึง ค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ตอบผิดพลาด

ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) หมายถึง ค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของคนที่มีความไม่รอบรู้อย่างน้อยหนึ่งคุณลักษณะที่ตอบถูกโดยการเดา

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) หมายถึง ความสามารถของแบบสอบที่จะบอกความแตกต่างของผู้สอบระหว่างคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่มีความไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างของความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่มีความไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ)

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ หมายถึง การนำเสนอผลการปรับปรุงและพัฒนาแบบสอบทั้งฉบับตามสิ่งที่บ่งชี้ที่กำหนด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ สิ่งที่จะบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยงและความตรง

ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาหรือความแม่นยำของผลการวัดจากเครื่องมือชนิดเดียวกันที่ทำการวัดซ้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จะเป็นการหาค่าความเที่ยงในลักษณะที่เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของคะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่แปรปรวนไปจากคะแนนจุดตัด โดยใช้แบบสอบฉบับเดียว ทดสอบนักเรียนกลุ่มเดียวและครั้งเดียว ด้วยวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method)

ความตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องของเครื่องมือ ในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด ในการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นการหาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

เทคนิคการคิดออกเสียง หมายถึง วิธีการที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนรายงานความคิดของตนออกมาเป็นคำพูด โดยนำมาใช้ในลักษณะของการประเมินเพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะ ด้วยรูปแบบการคิดออกเสียงในระหว่างการปฏิบัติงาน โดยให้นักเรียนพูดบรรยายกระบวนการคิดในการทำแบบสอบในแต่ละข้อ และให้ผู้ประเมินสรุปผลการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะ

โปรแกรมการทดสอบ หมายถึง โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ออกแบบให้มีการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมการทดสอบตามแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 ฉบับ ซึ่งนักเรียนต้องทำข้อสอบทุกข้อ เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว จะมีการประมวลผลทันที และประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอเอ็นเอ ในการให้สารสนเทศในการตัดสินความรอบรู้หรือไม่รอบรู้แก่นักเรียนในแต่ละคุณลักษณะของโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด

คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบ หมายถึง เอกสารที่ชี้แจงรายละเอียดของโปรแกรมการทดสอบ การติดตั้งโปรแกรม การใช้โปรแกรมการทดสอบสำหรับครูและนักเรียน และการแปลผลรายงานผลการวินิจฉัย

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ได้แนวทางการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโดยใช้คอมพิวเตอร์ และวินิจฉัยความรอบรู้ด้วยการประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในวินิจฉัยแต่ละคุณลักษณะของโมเดลพุทธิปัญญาในทุกเนื้อหาวิชา ซึ่งเป็นการพัฒนาการวินิจฉัยทางการศึกษาที่ถูกต้องและแม่นยำได้ในเวลาอันรวดเร็ว

2. ได้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ และวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ เพื่อให้ครูหรือผู้ที่สนใจนำไปใช้วินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนได้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันนักการศึกษาให้ความสนใจกับการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญามาใช้ในการวิจัยทางการศึกษามากขึ้น เนื่องจากทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นความสำคัญของการคิด ที่เน้นย้ำองค์ประกอบด้านการสร้างความคิด (conceptual aspects) มุ่งความสนใจไปที่กระบวนการภายในสมอง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การรับรู้ (perception) การจัดระเบียบความรู้ (reorganization) การเก็บกักสาระความรู้ (stored) รวมถึงการเรียกสาระที่เก็บไว้ออกมาใช้ (retrieval) (โชติกา ภาชีผล , 2554) เมื่อนำมาใช้ในการวิจัยทางการศึกษา ซึ่งการวิจัยทางการศึกษานี้เป็นวิธีหรือกระบวนการที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียน เพื่อให้ได้สารสนเทศมาใช้ในการออกแบบการสอนเพื่อปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป ผลการวิจัยที่ได้ทำให้ทราบถึงความรอบรู้หรือไม่รอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะที่แสดงถึงความรู้หรือทักษะของผู้เรียนแต่ละคนที่จะใช้ในการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาโจทย์ในเนื้อหานั้น ๆ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในรูปแบบบทความ รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ หนังสือ ตำราทางวิชาการ และข่าวสารทางการศึกษา และจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาวิเคราะห์เนื้อหาอย่างเป็นระบบสามารถแบ่งสาระในการนำเสนอเป็น 5 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การวิจัยทางการศึกษา ตอนที่ 2 การประเมินเชิงวิจัยทางพุทธิปัญญา ตอนที่ 3 โมเดลดีไอเอเอ็นเอ ตอนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวิจัยทางพุทธิปัญญา และตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การวิจัยทางการศึกษา

ในตอนนี้จะเป็นการนำเสนอองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษาในเบื้องต้น ก่อนที่จะนำเสนอในเรื่องของการประเมินเชิงวิจัยทางพุทธิปัญญาต่อไป โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 หัวข้อ คือ 1.1) ความหมายของการวิจัยทางการศึกษา 1.2) ประเภทของการวิจัยทางการศึกษา 1.3) วิธีการที่ใช้ในการวิจัยทางการศึกษา และ 1.4) ประโยชน์ของการวิจัยทางการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของการวินิจฉัยทางการศึกษา

ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ได้ให้ความหมายโดยทั่วไปของคำว่า วินิจฉัย หมายถึง ตัดสิน ชี้ขาด ไตร่ตรอง ใคร่ครวญ ซึ่งจะมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบท เช่น ในทางการแพทย์ การวินิจฉัย หมายถึง การค้นหาสาเหตุของอาการต่าง ๆ และการรักษา สำหรับทางการศึกษานั้น การวินิจฉัยทางการศึกษา หมายถึง การค้นหาข้อบกพร่อง จุดอ่อน หรือจุดด้อยของผู้เรียนทั้งในทางวิชาการและทางด้านจิตใจ เพื่อแยกผู้เรียนว่ามีความสามารถดีหรือด้อยในเรื่องใด และหาสาเหตุว่าผู้เรียนมีผลการเรียนด้อยเนื่องมาจากสาเหตุใด อันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริมต่อไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556 และศิริเดช สุชีวะ, 2550) นอกจากนี้มีนักการศึกษาในต่างประเทศได้ให้ความหมายของการวินิจฉัยทางการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

Gregory (1992) กล่าวว่า การวินิจฉัยทางการศึกษา เป็นการกำหนดลักษณะที่เป็นอยู่หรือแหล่งของพฤติกรรมที่ไม่ปกติเพื่อจำแนกแบบแผนของพฤติกรรมตามระบบการวินิจฉัยที่ได้รับการยอมรับ

Gipps (1995) กล่าวว่า การวินิจฉัยทางการศึกษา เป็นการระบุปัญหาเฉพาะที่มีต่อความคิดหรือทักษะของนักเรียนแต่ละบุคคล

Fuchs, Fuchs, Hosp และ Hamlett (2003 อ้างถึงใน Ketterlin – Geller and Yovanoff, 2009) กล่าวว่า การวินิจฉัยทางการศึกษาเป็นการประเมินผลที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับความรอบรู้ของนักเรียนในเรื่องความรู้และทักษะในขอบเขตที่กำหนด หรือนักเรียนมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับแนวคิดหรือเนื้อหาที่ครูสอนในเรื่องใด ซึ่งครูจะนำสารสนเทศนี้ไปใช้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน โดยการระบุสิ่งที่นักเรียนรอบรู้และไม่รอบรู้ ผลจากสารสนเทศนี้ทำให้ครูวางแผนการสอนตามความต้องการจำเป็นของนักเรียน

จากความหมายของการวินิจฉัยทางการศึกษาของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวินิจฉัยทางการศึกษา หมายถึง วิธีหรือกระบวนการที่นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียน เพื่อนำสารสนเทศที่ได้มาใช้ในการออกแบบการสอนเพื่อปรับปรุง แก้ไข และพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

1.2 ประเภทของการวินิจฉัยทางการศึกษา

Underhill (1972 อ้างถึงใน ปิยาพร ขาวสะอาด, 2541) ได้จำแนกประเภทของการวินิจฉัยตามระดับความละเอียดในการวินิจฉัยออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) การวินิจฉัยแบบทั่วไป (General Diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับทั่วไป (general level) เป็นขั้นการสำรวจเพื่อทราบระดับความสามารถทั่ว ๆ ไป ของนักเรียนทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบทั้งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ครูสร้างขึ้นและแบบทดสอบมาตรฐาน อาจใช้การวินิจฉัยโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ (norm) ซึ่งจะช่วยให้ทราบข้อบกพร่องในด้านต่างๆ ของนักเรียนอย่างกว้าง ๆ

2) การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์ (Analytical Diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับเฉพาะ (specific level) โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างละเอียดเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนเพื่อทราบข้อบกพร่องของนักเรียนในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแบบทดสอบที่มีเนื้อหาเฉพาะเจาะจงในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การวินิจฉัยแบบวิเคราะห์หมักดำเนินการภายหลังจากการวินิจฉัยแบบทั่วไป เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดที่ลึกซึ้งมากขึ้น

3) การวินิจฉัยแบบคลินิก (Clinical Diagnosis) เป็นการวินิจฉัยระดับละเอียดลึกซึ้ง (intensive level) เพื่อให้เห็นถึงสาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่พบในตัวนักเรียนซึ่งมีความซับซ้อน การใช้ข้อมูลจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งเพียงแหล่งเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากหลายแหล่งประกอบกัน เช่น การใช้ข้อมูลจากแบบทดสอบ ประกอบการสัมภาษณ์ และการศึกษาสภาพครอบครัว เป็นต้น

1.1.3 วิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยทางการศึกษา

ศิริเดช สุชีวะ (2538) ได้แบ่งการวินิจฉัยทางการศึกษาออกเป็นการวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการและการวินิจฉัยที่เป็นทางการ โดยมีลักษณะและวิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยดังนี้

1) การวินิจฉัยที่ไม่เป็นทางการ (Informal Diagnosis) เป็นการค้นพบข้อบกพร่องของนักเรียนด้วยวิธีการง่าย ๆ ไม่มีระเบียบแบบแผนที่แน่นอน วิธีการที่ใช้ เช่น การสังเกต การสอบถาม การสัมภาษณ์ การตรวจผลงาน เป็นต้น

2) การวินิจฉัยที่เป็นทางการ (Formal Diagnosis) เป็นการค้นพบข้อบกพร่องของนักเรียนโดยใช้วิธีการที่สร้างขึ้นมาอย่างเป็นระบบและมีแบบแผน วิธีการที่ใช้ เช่น การใช้แบบทดสอบเชิงวินิจฉัย การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบโดยใช้ดัชนีบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนการตอบข้อสอบ การใช้วิธีการรูสเปซ (Rule Space) การใช้การย้อนรอยกระบวนการคิด การใช้เทคนิคการคิดออกเสียง เป็นต้น

1.4 ประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา

ประโยชน์ของการวินิจฉัยทางการศึกษา ได้แบ่งออกเป็นประโยชน์สำหรับนักเรียน ประโยชน์สำหรับครู และประโยชน์สำหรับผู้บริหารโรงเรียน (โชติ เพชรชื่น, 2544 และพร้อมพรรณ อุดมสิน, 2533) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประโยชน์สำหรับนักเรียน

1) ช่วยให้นักเรียนรู้ข้อบกพร่องของตนเอง เมื่อรู้ข้อบกพร่องหรือจุดด้อยแล้ว จะได้ปรับปรุงหรือฟื้นฟูความรู้ความเข้าใจหรือฝึกทักษะในเรื่องนั้น ๆ เป็นการเฉพาะ ซึ่งนักเรียนบางคนอาจมีข้อบกพร่องเพียงจุดเดียว ด้านเดียว แต่บางคนอาจบกพร่องหลาย ๆ จุด หลาย ๆ ด้าน

2) เป็นแรงจูงใจในการเรียนให้นักเรียนเตรียมพร้อมในการเรียนอยู่เสมอ เพราะถ้านักเรียนรู้ว่าเมื่อจบบทเรียนแล้วจะมีการวินิจฉัยการเรียนรู้ นักเรียนอาจจะกลัวความผิดพลาดจึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์สำหรับครู

1) ครูผู้สอนสามารถช่วยเหลือนักเรียนได้ตรงจุด ทำให้ปัญหาของนักเรียนหมดไปโดยเร็วและเป็นการประหยัดเวลา นอกจากนั้นยังต้องตระหนักว่าวิธีการสอนที่เคยใช้อยู่ก่อนอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้สอน ควรแสวงหาหรือเลือกวิธีสอนใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการสอนแบบเดิมที่เคยใช้สอนเรื่องนั้น ๆ มาก่อน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในบทเรียนมากยิ่งขึ้น

2) ช่วยปรับปรุงการสอนของครูเพื่อจะได้รู้ว่าครูควรสอนเรื่องอะไรและหัวข้อใดที่นักเรียนยังมีข้อบกพร่องอยู่ เพราะเนื้อหาบางเรื่องต้องใช้ความรู้พื้นฐานเดิม หากว่าครูยังไม่แก้ไขข้อบกพร่องเดิมจะทำให้การเรียนเนื้อหาต่อไปไม่ประสบความสำเร็จได้

3) ช่วยให้ครูเตรียมบทเรียนได้ตรงตามความต้องการของนักเรียน โดยใช้เทคนิคได้อย่างเหมาะสมกับนักเรียนในเนื้อหาแต่ละตอน เพราะเนื้อหาแต่ละตอนมีความยากง่ายไม่เหมือนกัน หากว่าครูได้ทราบว่าเป็นปัญหาต่อนักเรียน ครูก็ควรจะต้องฟังเสียงเป็นพิเศษในเนื้อหาตอนนั้น ๆ และหาวิธีสอนที่จะทำให้การเรียนประสบความสำเร็จได้

ประโยชน์สำหรับผู้บริหารโรงเรียน

ผู้บริหารโรงเรียนสามารถจัดการ สนับสนุน และอำนวยความสะดวกให้แก่ครูผู้สอน ในการปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับนักเรียนได้ตรงตามความต้องการ ผลที่เกิดขึ้นก็คือ นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของหลักสูตร

ตอนที่ 2 การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

การเรียนรู้โดยทั่วไป นักเรียนเรียนรู้จากการฟัง การอ่าน และการเขียนโดยผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การทดสอบ และการประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งการประเมินผลการเรียนรู้เป็นการรวมส่วนของการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากการประเมินผลการเรียนรู้ออกแบบมาเพื่อให้สารสนเทศแก่นักเรียนและครูเกี่ยวกับความรอบรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การประเมินผลการเรียนรู้ที่ออกแบบเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานซึ่งมีความเที่ยงและความตรงคือการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Assessment: CDA) ซึ่งวัดความรู้และทักษะในการเรียนรู้ การส่งผลต่อการเรียนรู้ที่สำคัญ และการสะท้อนถึงกลยุทธ์การเรียนรู้ (Leighton, Gokiert, Cor และ Heffernan, 2010)

การนำจิตวิทยาพุทธิปัญญามาใช้ประโยชน์นั้น คุณลักษณะที่สำคัญระหว่างการสืบสอบ มโนทัศน์ในการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาของแต่ละคน และการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาที่แท้จริงของแต่ละบุคคลจากการทำข้อสอบ ต้องเป็นการรวมกันของจิตวิทยาพุทธิปัญญาในการวัด โดยใช้โมเดลทางคอมพิวเตอร์ในการคาดหมายโครงสร้างทางพุทธิปัญญาของแต่ละคนว่ามีการคิดและการให้เหตุผลอย่างไร ซึ่งเป็นเรื่องที่กำลังเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ในปัจจุบันให้ความสนใจกับการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) มาใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัยมากขึ้น

ในตอนนี้เป็นการนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 6 หัวข้อ คือ 2.1) ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 2.2) การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 2.3) การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา 2.4) โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 2.5) การรายงานผลการวินิจฉัย และ 2.6) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Assessment: CDA) เริ่มขึ้นเมื่อ Embretson ได้ตีพิมพ์ผลงานในวารสาร Psychological Bulletin ในปี 1983 ที่แสดงให้เห็นถึงการรวมกันของจิตวิทยาทางพุทธิปัญญาและความตรงเชิงโครงสร้างของความคิดร่วมสมัยว่า โครงสร้างหรือคุณลักษณะ (construct) เป็นตัวแทนที่อ้างถึงความสัมพันธ์ที่ขึ้นกับการตอบสนองของงานบนกระบวนการ กลยุทธ์ และคลังความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถตามที่แสดงออกมาให้เห็น (performance) แม้ว่านักจิตวิทยาทางพุทธิปัญญาจะศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความยากของข้อสอบและกระบวนการทางพุทธิปัญญา ผลงานของ

Embretson เป็นการประยุกต์ของการพัฒนาจากจิตวิทยาพุทธิปัญญาไปสู่ทฤษฎีการวัด (Huff และ Goodman, 2007)

ต่อมาในปี 1989 Messick ได้กล่าวถึงบทความของ Embretson ในผลงานของเขาคือตีพิมพ์ในหนังสือ Educational Measurement ในหัวข้อความตรงของข้อสอบ (test validity) และกล่าวว่า จิตวิทยาทางพุทธิปัญญาในนัยทั่วไปและคุณลักษณะเฉพาะมีความก้าวหน้า สร้างประสิทธิผลในการทดลอง และการแยกส่วนของงานด้วยเทคนิคเชิงปริมาณ คุณลักษณะเหล่านี้กลายมาเป็นความโดดเด่นในโครงสร้างของการวัดผล (Huff และ Goodman, 2007) และในหนังสือ Educational Measurement ที่ตีพิมพ์ในปีเดียวกันนี้ Snow และ Lohman ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในการนำแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญาเข้ามาใช้ในการวัดทางการศึกษา ในหัวข้อนัยของจิตวิทยาพุทธิปัญญาสำหรับการวัดทางการศึกษา (Implications of cognitive psychology for educational measurement) โดยชี้ให้เห็นว่าแนวคิด ทฤษฎี และวิธีการทางจิตวิทยาพุทธิปัญญาเป็นประโยชน์สำหรับการวัดทางการศึกษาโดยที่ 1) ให้ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อสอบที่อธิบายถึงโครงสร้างของความเข้าใจ 2) สร้างความกระจ่างในเป้าหมายของการสอบในเรื่องของความรู้และทักษะหรือกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่ชี้ให้เห็นถึงความรอบรู้และความเข้าใจ และ 3) ยกย่องทฤษฎีของความถนัด ผลสัมฤทธิ์ และการเรียนรู้ (Leighton และ Gierl, 2007)

ดังนั้น ตั้งแต่ปี 1989 เป็นต้นมา ได้มีการตีพิมพ์บทความในวารสาร บทความในหนังสือ และมีการตีพิมพ์หนังสือที่เขียนถึงความเฉพาะและความโดดเด่นของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และผลงานแรกที่โดดเด่นคือ บทความของ Nichols ในปี 1994 เรื่องกรอบโครงสร้างสำหรับการพัฒนาการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (A Framework for Developing Cognitively Diagnostic Assessment) และในปี 1995 ได้มีการตีพิมพ์หนังสือเรื่องการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitively Diagnostic Assessment) ของ Nichols, Chipman และ Brennan ซึ่งเป็นบรรณาธิการร่วมกัน (Leighton และ Gierl, 2007) จากนั้นได้มีการนำเสนอแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการนำโครงสร้างทางพุทธิปัญญาเข้ามาใช้ในการออกแบบข้อสอบ การให้คะแนน และการรายงานถึงการสอนและการเรียนรู้ที่ดีกว่า และมีการพัฒนาโมเดลการให้คะแนนโดยใช้ทักษะทางพุทธิปัญญาเป็นฐานเพื่อนำมาใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ที่ในปัจจุบันเรียกว่า โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Models: CDMs) (Huff และ Goodman, 2007) โดยในปี 1990 Tatsuoka ได้มีการพัฒนาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยปรับ Rule Space Model ด้วยการนำทฤษฎีพุทธิปัญญาเข้ามาใช้ในการวินิจฉัย และในขณะเดียวกันก็ได้มีการพัฒนาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาอื่นด้วยการประยุกต์โมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Item Respond Theory: IRT) และโมเดลชั้นแฝง (Latent Class Model) เพื่อใช้ในการประเมินจุดแข็ง

(strengths) และจุดอ่อน (weaknesses) ของนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) โดยจะให้ข้อมูลสารสนเทศเฉพาะจากรูปแบบโครงสร้างของคะแนนทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม (de la Torre, 2009) ดังนั้น โมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญาจึงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา สรุปได้ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ความเป็นมาของการประเมินเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา

2.2 การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

ในหัวข้อนี้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ 2.2.1) วัตถุประสงค์ของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และ 2.2.2) การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาและความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 วัตถุประสงค์ของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Assessment: CDA) เป็นการรวมศาสตร์ 2 ศาสตร์เข้าด้วยกัน คือ จิตวิทยาพุทธิปัญญา (cognitive psychology) และโมเดลการวัดทางจิตมิติ (psychometric modeling) โดยที่จิตวิทยาพุทธิปัญญาทำให้ทราบลำดับขั้นคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาในการเรียนรู้ ส่วนโมเดลการวัดทางจิตมิติทำให้ได้สารสนเทศในการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่ใช้ในการเรียนรู้ (Ketterlin – Geller และ Yovanoff, 2009)

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบเพื่อวัดโครงสร้างความรู้และทักษะที่เฉพาะและวัดคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาของนักเรียน ซึ่งให้สารสนเทศเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ ผลการประเมินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จุดแข็ง และจุดอ่อนทางพุทธิปัญญาของนักเรียนจากการคิดและการเรียนรู้ ซึ่งคะแนนสอบจะสะท้อนรูปแบบบางอย่างของการคิดและกระบวนการคิดขั้นสูงที่เชื่อมโยงกับการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มโอกาสในการเรียนรู้ของนักเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลย้อนกลับในการวินิจฉัยเชิงก้าวหน้าโดยรายงานโปรไฟล์ความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาของผู้สอบอย่างละเอียด และให้สารสนเทศกับครูเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา ความสัมพันธ์ในการรับรู้ของนักเรียนระหว่างมโนทัศน์และหลักการที่นักเรียนเข้าใจในเนื้อหา แนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา ช่วยพัฒนาความก้าวหน้าของการวัดผลทางการศึกษาโดย 1) การวิเคราะห์แบบสอบเพื่อความชัดเจนของคุณลักษณะ 2) ความชัดเจนในเป้าหมายของการทดสอบในรูปของความรู้และทักษะ ซึ่งตัวชี้วัดที่แท้จริงคือความรอบรู้และความเข้าใจ และ 3) การส่งเสริมทฤษฎีความถนัด ผลสัมฤทธิ์ และการเรียนรู้ตามเนื้อหาที่แตกต่างกัน (Jang, 2009 และ Aryadoust, 2011)

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในด้านจิตวิทยาและด้านการศึกษา มีเป้าหมายมุ่งเน้นลักษณะทางพุทธิปัญญาอย่างน้อย 3 ด้าน (Yang และ Embretson, 2007) คือ

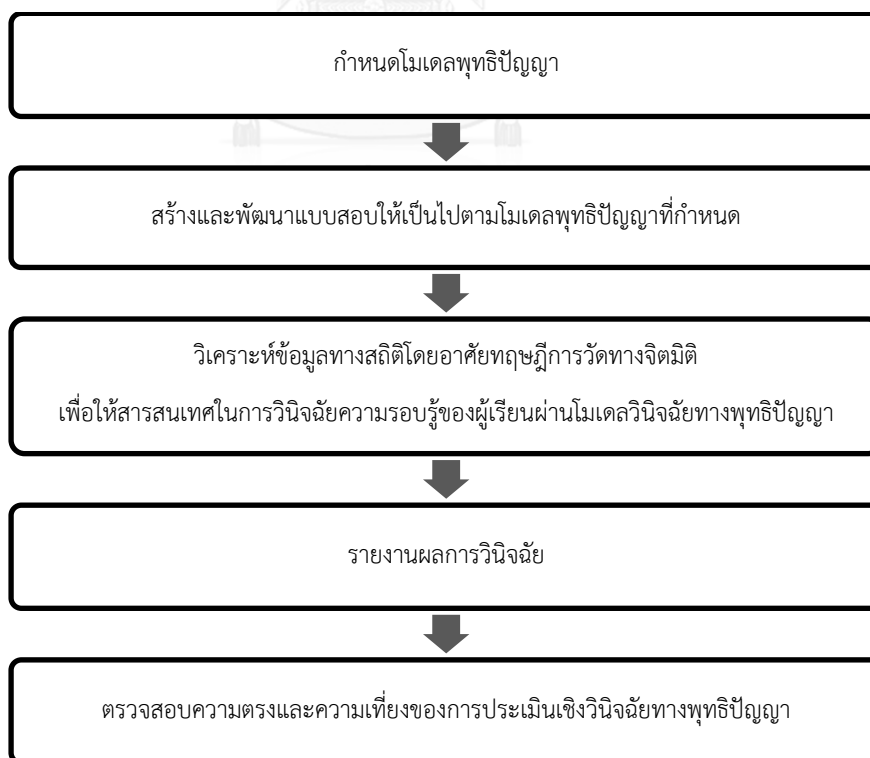
1) โปรไฟล์ทักษะ (skill profile) หรือความรู้ที่จำเป็นในเนื้อหาทางพุทธิปัญญาที่ให้ชุดของทักษะและความรู้แทนทักษะและมโนทัศน์ที่สำคัญมากที่สุดของเนื้อหา และเป็นพื้นฐานในการสร้างกรอบสำหรับการพัฒนาสมรรถนะลำดับขั้นที่สูงขึ้น

2) โครงสร้างขั้นตอนหรือเครือข่ายความรู้ ทักษะความรู้ในกลุ่มเนื้อหาเป็นตัวแทนมวลเนื้อเรื่องของทักษะพื้นฐาน ความรู้ในกลุ่มเนื้อหา โครงสร้างหรือกลุ่มของทักษะและความรู้

3) คุณลักษณะ องค์ประกอบ หรือความสามารถ กระบวนการต้นของการศึกษาทางพุทธิปัญญาให้วิธีที่ได้ประโยชน์จากกระบวนการภายในของความคิด ดังนั้น โมเดลทางพุทธิปัญญาที่เฉพาะสามารถพัฒนาเพื่องานด้านพุทธิปัญญาได้ จึงสามารถอธิบายกระบวนการทางพุทธิปัญญาของผู้สอบได้

2.2.2 การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาและความตรงเชิงโครงสร้าง

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เป็นการรวมทฤษฎีพุทธิปัญญาที่สนใจกับโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับความรอบรู้ของผู้เรียน เป็นวิธีที่อยู่บนฐานของทฤษฎีเนื้อหาของคุณลักษณะที่อธิบายกระบวนการที่ผู้เรียนใช้กับการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ จึงเป็นวิธีที่ต้องการรายละเอียดที่ชัดเจนเพื่ออธิบายสิ่งที่ผู้เรียนจะดึงกระบวนการทางพุทธิปัญญาออกมา โดยเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา พัฒนาแบบสอบวินิจฉัยให้เป็นไปตามลำดับขั้นคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยอาศัยทฤษฎีการวัดทางจิตมิติเพื่อให้สารสนเทศในการวินิจฉัยความรอบรู้ของผู้เรียนผ่านโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา วิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สรุปได้ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

เป้าหมายที่เฉพาะเจาะจงของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาจะนำไปสู่ความตรงเชิงโครงสร้าง ที่เน้นทั้งความเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่วัดและการออกแบบการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Yang และ Embretson, 2007) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ความเป็นตัวแทนของคุณลักษณะ (Construct Representation)

ความเป็นตัวแทนของคุณลักษณะกล่าวถึงทฤษฎีหรือหลักเหตุผลในรายละเอียดของคุณลักษณะที่มุ่งวัด ในการวินิจฉัยคุณลักษณะจะถูกแทนด้วยรูปแบบที่มีความละเอียด เช่น เครื่องมือที่เป็นขั้นตอนหรือโมเดลที่เป็นกระบวนการ เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่ซับซ้อนของผู้สอบ ความสำคัญอย่างหนึ่งของความตรงเชิงโครงสร้าง คือ ความเหมาะสมและความครอบคลุมความเป็นตัวแทนของคุณลักษณะที่มุ่งวัด ซึ่งความเหมาะสมจะกล่าวถึงรูปแบบหรือระบบสัญลักษณ์ที่ใช้เพื่ออธิบายลักษณะทางพุทธิปัญญาที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การรับรู้คุณลักษณะแฝงแบบดั้งเดิมของเขาวัว ปัญญา ส่วนมากจะทำการวิเคราะห์ห้องประกอบตามมิติของทฤษฎีนำไปสู่ความรู้มากมายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง แต่จะมีทราบเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับความเป็นตัวแทนของตัวแปรแฝงเอง เช่นเดียวกับนักจิตวิทยาทางพุทธิปัญญาที่ตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างความรู้ที่เป็นลำดับขั้นและความรู้ที่แสดงออกมาเนื่องจากลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องการวิธีที่ต่างกันเพื่อแทนความรู้ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น ในการประเมินเชิงวินิจฉัยที่มีความเฉพาะ การใช้คุณลักษณะที่เฉพาะเป็นสิ่งจำเป็น

สำหรับความครอบคลุมคุณลักษณะที่เป็นตัวแทนจะกล่าวถึงคุณลักษณะที่กำหนดไว้ อย่างเพียงพอ ซึ่งการประเมินเชิงวินิจฉัยนั้นคุณลักษณะอาจจะไม่เป็นตัวเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากความซับซ้อนของลักษณะทางพุทธิปัญญาของผู้สอบในกลุ่มเนื้อหาที่ให้ ตัวอย่างเช่น ในระบบเขาวัวปัญญาที่มีจุดประสงค์ในการจัดรายละเอียดของกระบวนการปฏิบัติทางพุทธิปัญญา และกลไกการเรียนรู้ ทำให้เกิดงานที่มีโครงสร้างเนื้อหาทางพุทธิปัญญาที่สูง ตัวอย่างเช่น การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในเรื่องการแก้ปัญหาพีชคณิต ระบบวินิจฉัยทำการบันทึกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทั้งหมดที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาของนักเรียน

การออกแบบแบบสอบและการบริหารการสอบสำหรับการวินิจฉัย (Test Design and Administration for Diagnosis)

การออกแบบแบบสอบสำหรับการวินิจฉัย เป็นการออกแบบข้อคำถามและรวบรวมเป็นแบบสอบเพื่อใช้ดึงพฤติกรรมที่สังเกตได้ของนักเรียน ควรคำนึงถึงประเด็นปัญหาเกี่ยวกับตัวชี้วัดที่สังเกตได้และคุณลักษณะที่ไม่สามารถสังเกตได้ สำหรับประเด็นของตัวชี้วัดที่สังเกตได้พิจารณาจากข้อคำถามที่ออกแบบเพื่อวัดคุณลักษณะที่มุ่งวัด ปัจจุบันการพัฒนาการออกแบบข้อสอบนำไปสู่ทั้งวิธีวิทยาและข้อค้นพบจากการศึกษาทางพุทธิปัญญาเข้าสู่กระบวนการออกแบบ โดยการสร้างกระบวนการทางพุทธิปัญญาเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและการระบุแหล่งของความยากข้อสอบซึ่งเกิด

จากองค์ประกอบทางพุทธิปัญญาที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นของวิธีใหม่ในการออกแบบข้อสอบมาจาก ทฤษฎีทางพุทธิปัญญา

นอกจากนี้การได้มาของข้อสอบเป็นสิ่งสำคัญของการวินิจฉัย ซึ่งตรงประเด็นทั้ง ความเป็นตัวแทนของมวลเนื้อเรื่องและด้านความตรงของเนื้อหา การได้มาของข้อสอบสำหรับการ ประเมินเชิงวินิจฉัยกำหนดเป็นคุณลักษณะแฝงทางทฤษฎี หรือเป้าหมายของการประเมินคือ โครงสร้างของความรู้ หรือเครือข่ายลำดับขั้นของผู้สอบในเนื้อหาที่ให้เป็นการประเมินเชิงวินิจฉัย ดังนั้นการประเมินลักษณะเช่นนี้ จึงมีความซับซ้อนมากกว่าการประเมินแบบดั้งเดิม ซึ่งการประเมิน แบบดั้งเดิมมีเป้าหมายที่อ้างอิงถึงแนวโน้มทั่วไปในการตอบข้อคำถามตามเนื้อหาที่กำหนดให้

การทดสอบทางการศึกษาออกแบบเพื่อวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้งตรรกะ รายละเอียดเนื้อหาตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา Nichols (1994) ได้ให้ แนวทางในการพัฒนาแบบสอบไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การสร้างทฤษฎีเชิงเนื้อหา (substantive theory construction) ขั้นตอนนี้ ต้องการพัฒนาโมเดลหรือทฤษฎีตามลักษณะโครงสร้างความรู้ตามสมมติฐาน และกระบวนการ ต้องการตอบสนองต่อการประเมิน และกำหนดข้อสอบที่เกี่ยวข้องกับทักษะและโครงสร้างความรู้

2) การออกแบบ (design selection) ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนทางโดยโมเดลหรือ ทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 ซึ่งต้องการให้ผู้พัฒนาแบบสอบเลือกคุณลักษณะและการออกแบบ การวัด ข้อสอบจะถูกเลือกหรือสร้างขึ้นด้วยความคาดหวังว่าจะสามารถทำนายได้ ด้วยโครงสร้าง กระบวนการและความรู้ที่ระบุในขั้นตอนที่ 1

3) การบริหารการสอบ (test administration) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับรายละเอียดที่ สำคัญของสภาพและบริบทของผู้สอบ เช่น รูปแบบข้อสอบ ตัวแทนของการเสนอข้อสอบ และการวางแผนสอบ

4) การให้คะแนน (response scoring) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการให้คะแนนผู้สอบ ซึ่งเป็นสารสนเทศของคุณลักษณะที่วัดโดยแบบสอบ

5) การปรับปรุงการออกแบบ (design revision) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการ ตรวจสอบการออกแบบโมเดลหรือทฤษฎีที่ใช้ ผลของการประเมินถูกใช้เพื่อปรับปรุงต่อไป

2.3 การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา

ในตอนนี้อแบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 หัวข้อย่อย คือ 2.3.1) ความหมายของโมเดลพุทธิปัญญา 2.3.2) ตัวอย่างโมเดลพุทธิปัญญาวิชาคณิตศาสตร์ และ 2.3.3) วิธีการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ความหมายของโมเดลพุทธิปัญญา

Leighton and Gierl (2007) กล่าวถึงความหมายของโมเดลพุทธิปัญญา (Cognitive Model) ว่า โมเดลพุทธิปัญญาในทางการวัดทางการศึกษา อ้างถึงการอธิบายการแก้ปัญหาของมนุษย์ที่ง่ายขึ้น ในชั้นงานทางการศึกษาที่ผ่านการทำให้มีมาตรฐาน ที่จะช่วยระบุคุณลักษณะของความรู้และทักษะของนักเรียนที่แตกต่างกันไปตามระดับการเรียนรู้ที่ได้รับ และยังทำให้การอธิบายและทำนายความสามารถของนักเรียนที่ง่ายขึ้น ดังนั้น การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาจึงให้กรอบโครงสร้างที่ชัดเจนในการเชื่อมต่อกับคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่เฉพาะในแต่ละเนื้อหาวิชา และเป็นการแสดงผลคะแนนอย่างละเอียดตามลำดับขั้นคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนด (Gierl and Leighton, 2007)

Gierl, Alves and Majeau (2010) กล่าวว่า โมเดลพุทธิปัญญาถูกสร้างขึ้นโดยการศึกษาคำรู้ กระบวนการ และกลยุทธ์ ที่ผู้สอบใช้ในการตอบข้อสอบ เป็นโครงสร้างความรู้และทักษะกระบวนการที่เฉพาะ มีลักษณะเป็นลำดับขั้นของกระบวนการพุทธิปัญญาที่เฉพาะในแต่ละเนื้อหา

นอกจากนี้ Pellegrino, Chudowsky, และ Glaser (2001, อ้างถึงใน Ketterlin – Geller และ Yovanoff, 2009) กล่าวว่า โมเดลพุทธิปัญญา มีพื้นฐานมาจากงานวิจัยเชิงประจักษ์ของการเรียนรู้ ที่จะให้ความเข้าใจพื้นฐานของทักษะและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการประสบผลสำเร็จในงานที่กำหนด เป็นความรู้และทักษะเฉพาะที่จำเป็นที่จะฉายความรอบรู้ในโครงสร้างที่เป็นเป้าหมาย โมเดลพุทธิปัญญาถูกกำหนดขึ้นจากโครงสร้างคุณลักษณะที่แสดงถึงสถานะความรู้ของผู้เรียนที่เป็นความรู้และทักษะเฉพาะในโมโนทัศน์เรื่องนั้น

ดังนั้น โมเดลพุทธิปัญญา หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบอย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า

2.3.2 ตัวอย่างโมเดลพุทธิปัญญาวิชาคณิตศาสตร์

1) โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องจำนวน (Number) และเรื่องรูปแบบและความสัมพันธ์ (Patterns and Relation)

Gierl, Alves และ Majeau (2010) ได้ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method) ในการประเมินเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาของความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 3 และเกรด 6 สำหรับการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา และการพัฒนาข้อสอบนั้นได้ออกแบบโดยเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และการแสดงคำตอบของนักเรียนเกรด 3 และเกรด 6 จากนั้นได้สร้างและพัฒนาข้อสอบที่เฉพาะที่จะใช้วัดทักษะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น สุดท้ายยืนยันผลการวิเคราะห์กับข้อมูลการประเมินการตอบสนองของนักเรียน และคุณลักษณะที่กำหนดขึ้นนั้นมีรายละเอียดดังนี้

เนื้อหาที่ใช้สำหรับนักเรียนเกรด 3 คือ เรื่องจำนวน (Number) ซึ่งในเนื้อหานี้ นักเรียนจะต้องนับจำนวน และอธิบายลำดับของจำนวนได้ การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้นได้ 8 คุณลักษณะ แต่ละคุณลักษณะประกอบด้วย คุณลักษณะที่ 1 การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 100 จาก 100 ถึง 1000 คุณลักษณะที่ 2 การนับถอยหลังลดลงทีละ 100 จาก 1000 ถึง 100 คุณลักษณะที่ 3 การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 10 จาก 100 ถึง 1000 คุณลักษณะที่ 4 การนับถอยหลังลดลงทีละ 10 จาก 1000 ถึง 100 คุณลักษณะที่ 5 การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 5 จาก 100 ถึง 1000 คุณลักษณะที่ 6 การนับถอยหลังลดลงทีละ 5 จาก 1000 ถึง 100 คุณลักษณะที่ 7 การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 25 จาก 100 ถึง 1000 และคุณลักษณะที่ 8 การนับถอยหลังลดลงทีละ 25 จาก 1000 ถึง 100

คุณลักษณะทั้ง 8 คุณลักษณะนี้ อยู่ในลักษณะของลำดับชั้นเชิงเส้น กล่าวคือ คุณลักษณะที่ 1 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 1 และ 2 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 1 2 และ 3 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 คุณลักษณะที่ 1 2 3 4 และ 5 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 6 คุณลักษณะที่ 1 2 3 4 5 และ 6 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 7 และ คุณลักษณะที่ 1 2 3 4 5 6 และ 7 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 8

ดังนั้น แผนผังของข้อสอบคือ ข้อที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 ข้อที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 และ 2 ข้อที่ 3 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3 ข้อที่ 4 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4 ข้อที่ 5 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 และ 5 ข้อที่ 6 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 5 และ 6 ข้อที่ 7 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 5 6 และ 7 และ ข้อที่ 8 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องจำนวน (Number) สำหรับนักเรียนเกรด 3

โมเดลพุทธิปัญญา/คุณลักษณะที่		ภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
1	การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 100 จาก 100 ถึง 1000 (100 forward, using multiples of 100 from 100 to 1000)	
2	การนับถอยหลังลดลงทีละ 100 จาก 1000 ถึง 100 (100 backward, using multiples of 100 from 1000 to 100)	
3	การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 10 จาก 100 ถึง 1000 (10 forward, using multiples of 10 from 100 to 1000)	
4	การนับถอยหลังลดลงทีละ 10 จาก 1000 ถึง 100 (10 backward, using multiples of 10 from 1000 to 100)	
5	การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 5 จาก 100 ถึง 1000 (5 forward, using multiples of 5 from 100 to 1000)	
6	การนับถอยหลังลดลงทีละ 5 จาก 1000 ถึง 100 (5 backward, using multiples of 5 from 1000 to 100)	
7	การนับไปข้างหน้าเพิ่มขึ้นทีละ 25 จาก 100 ถึง 1000 (25 forward, using multiples of 25 from 100 to 1000)	
8	การนับถอยหลังลดลงทีละ 25 จาก 1000 ถึง 100 (25 backward, using multiples of 25 from 1000 to 100)	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

สำหรับนักเรียนเกรด 6 เนื้อหาที่ใช้คือ เรื่องรูปแบบและความสัมพันธ์ (Patterns and Relation) ซึ่งในเนื้อหานี้ นักเรียนจะต้องแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในอัตราส่วนอย่างเป็นรูปธรรม มองเห็นเป็นภาพออกมา และแสดงสัญลักษณ์ได้ การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญากำหนดขึ้นได้ 5 คุณลักษณะ แต่ละคุณลักษณะประกอบด้วย คุณลักษณะที่ 1 การระบุที่แสดงถึงการมองเห็นเป็นภาพออกมาของการให้อัตราส่วนโดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 คุณลักษณะที่ 2 การระบุอัตราส่วนจากการใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 อย่างเป็นรูปธรรม คุณลักษณะที่ 3 การระลึกได้ของรูปแบบที่หลากหลายของการเขียนอัตราส่วน เช่น $3:5$ $3/5$ หรือ 3 ถึง 5 โดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 คุณลักษณะที่ 4 การระบุหรืออธิบายอัตราส่วนจากการให้ตัวอย่างในชีวิตจริง โดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 และคุณลักษณะที่ 5 การแก้ปัญหาจากตัวอย่างในชีวิตจริงโดยใช้อัตราส่วนที่สมมูลกันกับจำนวนที่ต่ำกว่า 100

คุณลักษณะทั้ง 5 คุณลักษณะนี้ อยู่ในลักษณะของลำดับขั้นเชิงเส้นเช่นเดียวกัน ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 1 และ 2 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 1 2 และ 3 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 และ คุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4 ต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และแผนผังของข้อสอบคือ ข้อที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 ข้อที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 และ 2 ข้อที่ 3 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3 ข้อที่ 4 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4 และข้อที่ 5 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 และ 5 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องรูปแบบและความสัมพันธ์ (Patterns and Relation) สำหรับนักเรียนเกรด 6

โมเดลพุทธิปัญญา/คุณลักษณะที่		ภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
1	การระบุที่แสดงถึงการมองเห็นเป็นภาพออกมาของการให้อัตราส่วน โดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 (Identify a pictorial representation of a given ratio using numbers less than 100)	A1
2	การระบุอัตราส่วนจากการใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 อย่างเป็นรูปธรรม (Identify a ratio from a concrete or pictorial representation using numbers less than 100)	↓ A2
3	การระลึกได้ของรูปแบบที่หลากหลายของการเขียนอัตราส่วน เช่น 3:5 $\frac{3}{5}$ หรือ 3 ถึง 5 โดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 (Recognize the multiple forms of expressing a ratio (3:5, $\frac{3}{5}$, 3 to 5) using numbers less than 100)	↓ A3
4	การระบุหรืออธิบายอัตราส่วนจากการให้ตัวอย่างในชีวิตจริง โดยใช้จำนวนที่ต่ำกว่า 100 (Identify or describe ratios from a given real – life context using numbers less than 100)	↓ A4
5	การแก้ปัญหาจากตัวอย่างในชีวิตจริงโดยใช้อัตราส่วนที่สมมูลกันกับจำนวนที่ต่ำกว่า 100 (Solve a given problem from a real – life context using equivalent ratio with numbers less than 100)	↓ A5

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

Gierl, Wang และ Zhou (2008) ได้ประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method) ในการวินิจฉัยทักษะทางพีชคณิตเรื่องพีชคณิต (Algebra) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ในส่วนของการกำหนดโมเดลพีชคณิต ได้พัฒนาขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา โดยเริ่มจากการทบทวนข้อสอบ SAT เรื่องพีชคณิต และระบุคุณลักษณะเฉพาะ จากนั้นตรวจสอบความตรงของโมเดลพีชคณิตด้วยการใช้เทคนิคการคิดออกเสียง โดยให้นักเรียนพูดถึงวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละข้อ โมเดลพีชคณิตที่กำหนดขึ้นประกอบด้วย 9 คุณลักษณะ แต่ละคุณลักษณะประกอบด้วย คุณลักษณะที่ 1 ทักษะการดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน คุณลักษณะที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของการแยกตัวประกอบ คุณลักษณะที่ 3 ทักษะของการประยุกต์ใช้กฎการแยกตัวประกอบ คุณลักษณะที่ 4 การแทนที่ด้วยตัวเลขที่เกี่ยวกับนิพจน์ทางพีชคณิต คุณลักษณะที่ 5 สร้างกราฟที่สอดคล้องกับฟังก์ชัน คุณลักษณะที่ 6 สรุปสมบัติของฟังก์ชัน คุณลักษณะที่ 7 แทนค่าตัวเลขในนิพจน์ของพีชคณิต คุณลักษณะที่ 8 ทักษะการแทนค่าขั้นสูง และคุณลักษณะที่ 9 ทักษะที่สัมพันธ์กับกฎของความเข้าใจและการประยุกต์ใช้

คุณลักษณะทั้ง 9 คุณลักษณะนี้ อยู่ในลักษณะของลำดับชั้นเชิงคู่ออก ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 ต้องมาก่อนทุกคุณลักษณะ คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 3 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด คุณลักษณะที่ 4 มาก่อนคุณลักษณะที่ 5, 6, 7, 8, และ 9 คุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 คุณลักษณะที่ 6 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 คุณลักษณะที่ 8 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด และคุณลักษณะที่ 9 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องเรื่องพีชคณิต (Algebra) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

โมเดลพุทธิปัญญา/คุณลักษณะที่		ภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
1	ทักษะการดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน (Basic arithmetic operation skills)	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A1 --> A4[A4] A2 --> A3[A3] A4 --> A5[A5] A4 --> A7[A7] A4 --> A9[A9] A5 --> A6[A6] A7 --> A8[A8] </pre>
2	ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของการแยกตัวประกอบ (Knowledge about the property of factors)	
3	ทักษะของการประยุกต์ใช้กฎการแยกตัวประกอบ (Skills of applying the rules of factoring)	
4	การแทนที่ด้วยตัวเลขที่เกี่ยวกับนิพจน์ทางพีชคณิต (Substitution of values into algebraic expressions)	
5	สร้างกราฟที่สอดคล้องกับฟังก์ชัน (Map the graph of a familiar function with its corresponding function)	
6	สรุปสมบัติของฟังก์ชัน (Abstract properties of functions)	
7	แทนค่าตัวเลขในนิพจน์ของพีชคณิต (Substitute numbers into algebraic expressions)	
8	ทักษะการแทนค่าขั้นสูง (Skills of advanced substitution)	
9	ทักษะที่สัมพันธ์กับกฎของความเข้าใจและการประยุกต์ใช้ (Skills associated with rule understanding and application)	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

2.3.3 วิธีการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา

การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญามีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ 1) การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาให้การเชื่อมต่อระหว่างคะแนนที่ได้จากการสอบและทักษะทางพุทธิปัญญา ผู้พัฒนาข้อสอบจะได้ตำแหน่งที่ตรงยิ่งขึ้นและยืนยันความสามารถของนักเรียนในเทอมทางพุทธิปัญญา 2) การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเป็นการรวมจิตวิทยาทางพุทธิปัญญาและจิตวิทยาทางการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ซึ่งกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาที่มีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Chu, Thompson, Bahry and Gotzmann, 2012)

โมเดลพุทธิปัญญาสามารถพัฒนาขึ้นจาก 1) การทบทวนทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 2) การใช้ข้อมูลที่เป็นการแสดงคำตอบหรือการแสดงวิธีทำของนักเรียน หรือ 3) การรวมกันทั้ง 2 วิธี ซึ่งในแต่ละวิธีการจะแตกต่างกันไปตามความต้องการของผู้พัฒนาข้อสอบ เวลา และแหล่งทรัพยากรที่ใช้ในการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา (Gotzmann, Roberts, Alves and Gierl, 2009; Gotzmann and Roberts, 2010; Cui and Cor, 2009 อ้างถึงใน Chu, Thompson, Bahry and Gotzmann, 2012)

โมเดลพุทธิปัญญาสำหรับการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาควรมีอย่างน้อย 4 คุณลักษณะ (Gotzmann, Roberts, Alves and Gierl, 2009 อ้างถึงใน Chu, Thompson, Bahry and Gotzmann, 2012) คุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้นนั้นต้องประกอบด้วย

1) ทักษะที่เฉพาะ เพราะทักษะต้องขยายกระบวนการทางพุทธิปัญญาภายใต้ความสามารถของข้อสอบ ที่ต้องประกอบด้วยความรู้และทักษะที่กำหนดที่สะท้อนถึงประเภทของการวินิจฉัยที่อ้างถึง ที่จะแสดงในการรายงานผลคะแนน

2) ทักษะต้องวัดได้ นั่นคือ แต่ละทักษะต้องอธิบายในทางที่จะสามารถสร้างและพัฒนาข้อสอบที่จะนำมาวัดทักษะนั้นได้

3) ทักษะต้องให้สารสนเทศที่ตรงประเด็นแก่กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทางการศึกษา เช่น นักเรียน พ่อแม่ และครู ทักษะทางการวินิจฉัยจะรายงานถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในรูปแบบของคะแนน และคะแนนถูกตั้งใจให้เป็นข้อเสนอแนะและคำแนะนำ ดังนั้น การสะท้อนผลของคะแนนจะต้องมีความชัดเจน

4) โมเดลพุทธิปัญญาจะต้องสะท้อนถึงลำดับขั้นของทักษะภายในเรื่องนั้น ๆ

การประเมินโดยใช้โมเดลพุทธิปัญญาเป็นฐาน สามารถพัฒนาข้อสอบที่วัดทักษะทางพุทธิปัญญาที่เฉพาะ ซึ่งเป็นการเพิ่มการวัดที่สมบูรณ์ขึ้น โดยที่ความสามารถในการสอบของนักเรียนเชื่อมต่อกับสารสนเทศที่เกี่ยวกับคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่เป็นจุดแข็งและจุดอ่อน (Gierl, Alves and Majeau, 2010)

Leighton, Gierl และ Hunka (2004) และ Gierl, Leighton และ Hunka (2007) ได้อธิบายถึงการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา และการพัฒนาข้อสอบ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความสามารถของข้อสอบขึ้นอยู่กับข้อกำหนดจำนวนข้อสอบ ลักษณะข้อสอบ และแบบแผนการตอบข้อสอบจากลักษณะโครงสร้างที่เป็นลำดับขั้นของความรู้หรือทักษะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง ที่เรียกว่าคุณลักษณะ (attribute) ซึ่งผู้สอบต้องมีคุณลักษณะนี้จึงจะตอบข้อสอบได้ถูกต้อง คุณลักษณะเป็นภาพของความซับซ้อนทางพุทธิปัญญา โดยนัยทั่วไปคุณลักษณะคือกระบวนการทางพุทธิปัญญาหรือทักษะที่ได้รับที่จะแก้ปัญหาในข้อสอบได้ถูกต้อง โดยที่คุณลักษณะที่กำหนดขึ้นนั้นจะมีความสัมพันธ์ตามลำดับขั้นจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ซึ่ง Leighton, Gierl และ Hunka (2004) ได้นำเสนอรูปแบบของโครงสร้างลำดับขั้นที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบและการสร้างงานไว้ 4 รูปแบบ โดยแสดงตัวอย่างเป็น 6 คุณลักษณะ ดังนี้

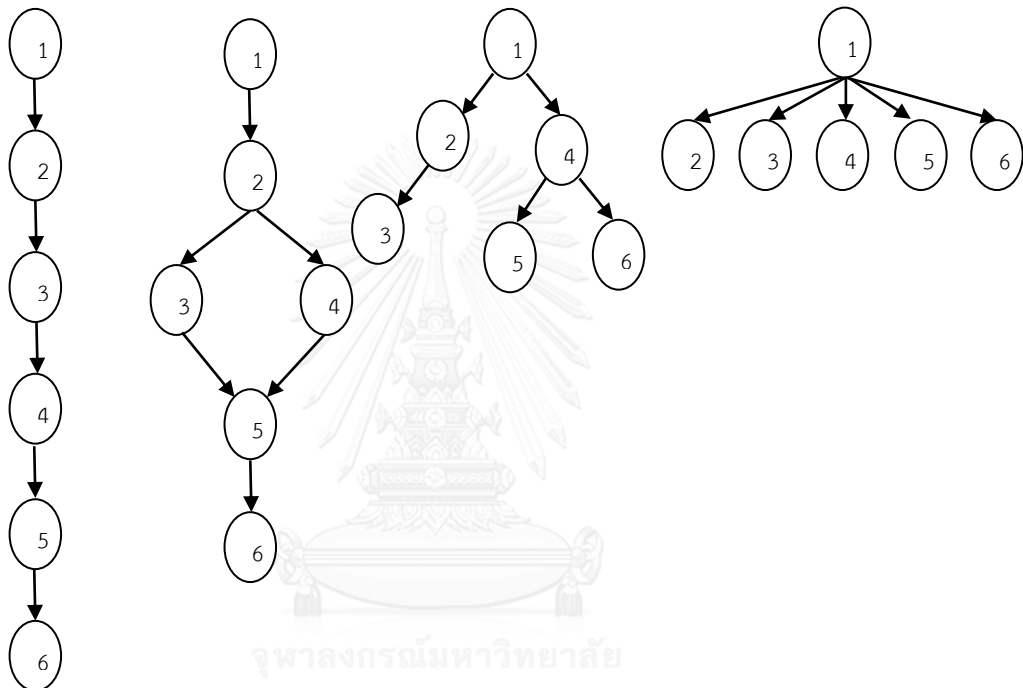
1) ลำดับขั้นเชิงเส้น (linear hierarchy) มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะในลักษณะเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ดังแสดงในภาพที่ 2.3ก จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 คุณลักษณะที่ 3 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และ คุณลักษณะที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6

2) ลำดับขั้นเชิงลู่เข้า (hierarchy with a convergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกเป็น 2 ทาง แต่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ดังแสดงในภาพที่ 2.3ข จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และ 4 แต่คุณลักษณะที่ 3 ไม่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 3 และ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และคุณลักษณะที่ 5 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6

3) ลำดับขั้นเชิงลู่ออก (hierarchy having a divergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกเป็น 2 ทาง แต่ไม่ได้มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ดังแสดงในภาพที่ 2.3ค จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะที่ 1 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 และ 4 คุณลักษณะที่ 2 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 3 แต่คุณลักษณะที่ 3 ไม่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 4 คุณลักษณะที่ 4 จะต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 5 และ 6 แต่คุณลักษณะที่ 5 ไม่ต้องมีมาก่อนคุณลักษณะที่ 6

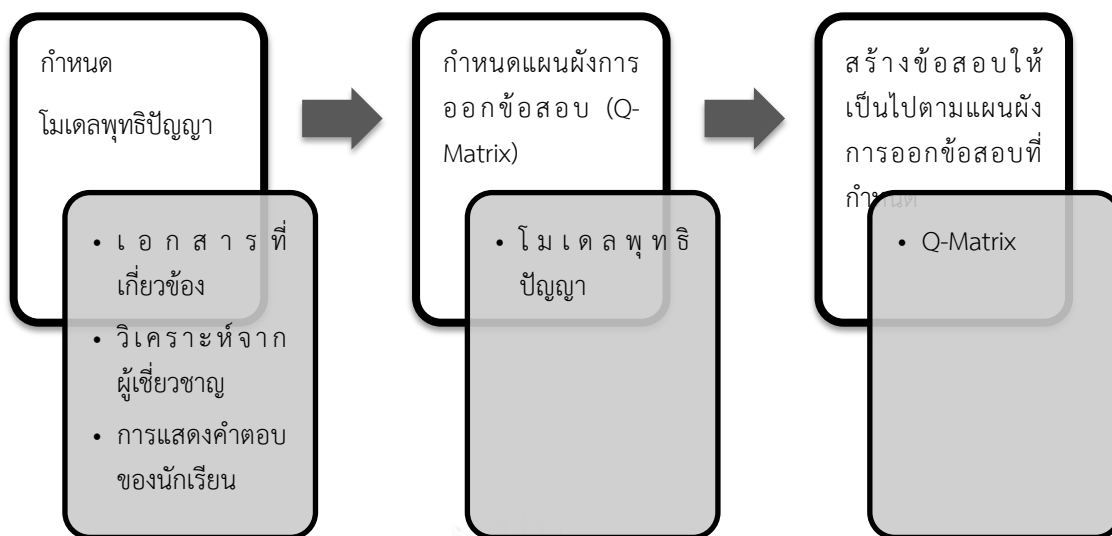
4) ลำดับชั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured hierarchy) ลักษณะความสัมพันธ์ไม่มีความสัมพันธ์เดียวจากจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว ดังแสดงในภาพที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะที่ 1 จะต้องมาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 5 และ 6 โดยที่คุณลักษณะที่ 2 - 6 ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ก. ลำดับชั้นเชิงเส้น ข. ลำดับชั้นเชิงลู่ออก ค. ลำดับชั้นเชิงลู่ออก ง. ลำดับชั้นแบบไม่มีโครงสร้าง



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างลำดับชั้น

ขั้นตอนของการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา และการกำหนดแผนผังในการพัฒนาข้อสอบ สรุปได้ว่า ขั้นตอนแรก เป็นการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละเนื้อหาว่าในเนื้อหานี้ประกอบด้วยคุณลักษณะใดบ้าง และมีความสัมพันธ์อย่างไร ด้วยการศึกษาค้นคว้าที่เกี่ยวข้อง ร่วมกันกับการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ขั้นที่สอง เป็นการกำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q - Matrix) ตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด และขั้นตอนที่สาม เป็นการสร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบ โดยแสดงรายละเอียดได้ตามภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาและการกำหนดแผนผังในการพัฒนาข้อสอบ

2.4 โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Models: CDMs) เป็นโมเดลการวัดทางจิตมิติ (psychometric model) ที่มีลักษณะเหมือนกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Factor Analysis) และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Model: MIRT) ที่ประกอบไปด้วยตัวแปรแฝงหลายตัว และตัวแปรแฝงแต่ละตัวจะบ่งชี้ถึงคุณลักษณะหรือทักษะที่จะนำมาใช้ในการประเมินจุดแข็ง (strengths) และจุดอ่อน (weaknesses) ของนักเรียนตามแนวคิดทฤษฎีพุทธิปัญญา (cognitive theory) โดยจะให้ข้อมูลสารสนเทศเฉพาะจากรูปแบบโครงสร้างของคะแนนที่สามารถพิจารณาถึงประสิทธิผลของการวัดการเรียนรู้และความก้าวหน้าของนักเรียน การออกแบบการสอนที่ดีกว่า และเห็นความเป็นไปได้ของความต้องการจำเป็นทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม (de la Torre, 2009)

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่เชื่อมกับรูปแบบการตอบของผู้สอบที่แสดงให้เห็นถึงการอธิบาย (declarative) กระบวนการ (procedural) และกลยุทธ์ (strategic) ของความรู้ที่ผู้สอบมี (Gierl, Cui และ Zhou, 2009) โดยให้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความรอบรู้ของผู้สอบในแต่ละทักษะ (skill) หรือคุณลักษณะ (attributes) ที่ใช้ในการเรียนรู้ในเนื้อหา นั้น ๆ (Huebner, 2010)

แบบแผนของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา จะกำหนดคะแนนของผู้สอบเป็นเวกเตอร์ของความรอบรู้ (mastery) และความไม่รอบรู้ (non – mastery) ที่เรียกว่า binary mastery scores ถ้ารอบรู้ มีค่าเท่ากับ 1 ในทางกลับกัน ถ้าไม่รอบรู้ มีค่าเท่ากับ 0 โดยจะกำหนดให้

α = แบบแผนการตอบของผู้สอบ

K = จำนวนคุณลักษณะที่ทำการวินิจฉัย

จำนวนรูปแบบการตอบ = 2^k

ตัวอย่างเช่น $K = 3$ หมายถึง คุณลักษณะที่ทำการวินิจฉัยมี 3 คุณลักษณะ

$\alpha = (1\ 0\ 1)$ หมายถึง ผู้สอบมีความรอบรู้ในคุณลักษณะที่ 1 และ 3 แต่ไม่รอบรู้ในคุณลักษณะที่ 2

จำนวนรูปแบบการตอบ = $2^3 = 8$

การให้คะแนนแบบ binary mastery scores ที่แบ่งเป็นความรอบรู้และไม่รอบรู้ มีนักวิจัยบางกลุ่มไม่เห็นด้วย เพราะอาจจะมีระดับตรงกลางระหว่างความรอบรู้และไม่รอบรู้ หรือที่เรียกว่า มีความรอบรู้บางส่วน (partial mastery) ซึ่งบางโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทำได้มากกว่า 2 ระดับความรอบรู้ แต่งานวิจัยส่วนใหญ่จะมุ่งไปที่โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 2 ระดับความรอบรู้ (binary mastery scores) (Huebner, 2010)

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ได้รับข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการตอบข้อสอบแต่ละข้อกับคุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะ ในรูปของ Q – matrix (Embretson, 1984 และ Tatsuoka, 1983 อ้างถึงใน de la Torre, Hong และ Deng, 2010) สามารถให้ข้อมูลสารสนเทศในรูปของเมทริกซ์ $J \times K$ ของคะแนนที่เป็น 0 และ 1 เมื่อ J คือ จำนวนของข้อสอบ และ K คือ จำนวนของคุณลักษณะในเมทริกซ์นี้ แถวแสดงถึงรายการข้อสอบแต่ละข้อ และคอลัมน์แสดงรายการคุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะ j_k ของเมทริกซ์ q_{jk} มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าคุณลักษณะ k ได้รับจากการตอบข้อสอบที่ถูกต้องจากข้อสอบข้อ j และมีค่าเท่ากับ 0 ถ้าคุณลักษณะ k ได้รับจากการตอบข้อสอบที่ไม่ถูกต้องจากข้อสอบข้อ j

Q – matrix มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาข้อสอบในส่วนของารรวบรวมแผนผังคุณลักษณะหรือการกำหนดโครงสร้างเฉพาะทางพุทธิปัญญาสำหรับการสร้างข้อสอบ (Leighton, Gierl และ Hunka, 2004) Q – matrix ที่ประกอบด้วย K คอลัมน์ สามารถมีจำนวนแถวที่เป็นเอกลักษณ์เท่ากับ $2^k - 1$ ซึ่งเป็นรูปแบบคุณลักษณะที่สำคัญที่เป็นไปได้ แม้ว่ารูปแบบคุณลักษณะที่เป็นศูนย์จะแปลผลว่าผู้สอบไม่มีความรอบรู้ในคุณลักษณะนั้น แต่ในเวกเตอร์ Q จะไม่พิจารณาเพราะข้อสอบที่วัดตรงคุณลักษณะไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ในการประยุกต์ใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ K มีจำนวนมาก จะมีเพียง

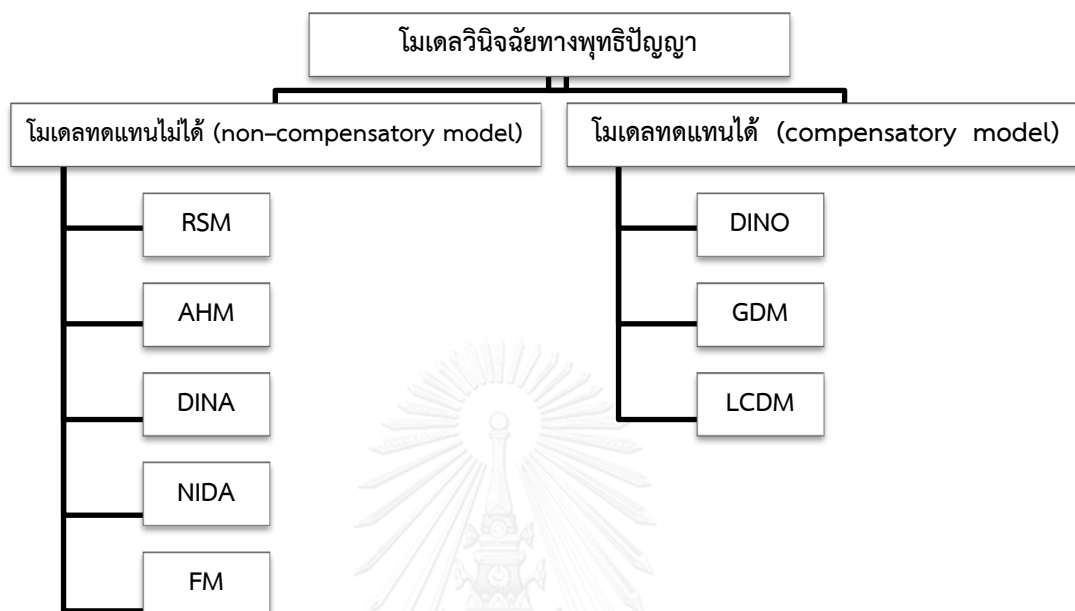
ชุดของรูปแบบคุณลักษณะที่เป็นตัวแทนใน Q – matrix เมื่อกำหนดผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความยาวข้อสอบ ระดับของการเดาข้อสอบที่ถูกต้อง และพารามิเตอร์ของความสะเพร่า เป็นต้น โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาถูกกำหนดขึ้นโดยโครงสร้างของ Q – matrix นั่นคือ ขึ้นอยู่กับรูปแบบคุณลักษณะของข้อสอบใน Q – matrix แม้ว่าบางรูปแบบคุณลักษณะอาจแยกแ่งการจำแนกจากอันอื่น แต่อย่างไรก็ตาม นั้นไม่ใช่ข้อจำกัดเนื่องจากในการประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อคุณลักษณะถูกสร้างในรูปแบบที่นิยม บางรูปแบบคุณลักษณะอาจมีเพียงบางคุณลักษณะที่เลือก ดังนั้น Q – matrix และลำดับของข้อสอบสามารถออกแบบให้ครอบคลุมรูปแบบคุณลักษณะเฉพาะที่สนใจ

ในหัวข้อนี้เป็นการนำเสนอถึงโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยแบ่งรายละเอียดออกเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ 2.4.1) โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และ 2.4.2) การเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่กล่าวถึงกันอย่างแพร่หลายในบทความวิจัยที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยของนำเสนอ จำนวน 8 โมเดล ประกอบด้วย 1) โมเดลรูสสเปซ (Rule Space Model: RSM) 2) วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) 3) โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA) 4) โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA) 5) โมเดลฟิวชั่น (โมเดลฟิวชั่น: FM) 6) โมเดลดีไอเอ็นโอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO) 7) โมเดลจีดีเอ็ม (General Diagnostic Model: GDM) และ 8) โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Log – Linear Cognitive Diagnosis Model: LCDM) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 คือโมเดลทดแทนไม่ได้ (non – compensatory model) เป็นโมเดลที่ความรอบรู้ในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่สูงกว่าไม่สามารถทดแทนหรือประมาณค่าความไม่รอบรู้ในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่ต่ำกว่าได้ ซึ่งเป็นลักษณะของโมเดลเชื่อมต่อ (conjunctive model) เป็นโมเดลที่ผู้สอบต้องมีทุกทักษะที่ได้รับในการทำข้อสอบแต่ละข้อ การตอบแฝงจึงจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าผู้สอบขาดแม้แต่ทักษะเดียวแล้ว การตอบแฝงจะมีค่าเท่ากับ 0 ได้แก่ โมเดลรูสสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลดีไอเอ็นเอ โมเดลเอ็นไอดีเอ และ โมเดลฟิวชั่น ส่วนประเภทที่ 2 คือ โมเดลทดแทนได้ (compensatory model) เป็นโมเดลที่ความรอบรู้ในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่สูงกว่าสามารถทดแทนหรือประมาณค่าความไม่รอบรู้ในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่ต่ำกว่าได้ ซึ่งเป็นลักษณะของโมเดลที่ไม่เชื่อมต่อกัน (disjunctive model) เป็นโมเดลที่ผู้สอบต้องมีอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับในการทำข้อสอบแต่ละข้อ การตอบแฝงมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าผู้สอบไม่มีทุกทักษะ การตอบแฝงจะมีค่าเท่ากับ 0 ได้แก่ โมเดลดีไอเอ็นโอ โมเดลแอลซีดีเอ็ม และโมเดลจีดีเอ็ม

รายละเอียดของประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นำเสนอข้างต้น สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นำเสนอ

2.4.1.1 โมเดลทดแทนไม่ได้ (non-compensatory model)

โมเดลทดแทนไม่ได้ (non – compensatory model) ได้แก่ 1.1) โมเดลรูสเปซ (Rule Space Model: RSM) 1.2) วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) 1.3) โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA) 1.4) โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA) และ 1.5) โมเดลฟิวชั่น (โมเดลฟิวชั่น: FM) แต่ละโมเดลมีรายละเอียดดังนี้

1) โมเดลรูสเปซ (Rule Space Model)

ในปี 1983 Tatsuoka ได้พัฒนาโมเดลรูสเปซ ขึ้นจากแนวคิดการประเมินกฎ (Rule –Assessment Method) และวิธีดัชนีบุคคล (personal – index approach) โดยประยุกต์ใช้โมเดลรูสเปซ ซึ่งเป็นโมเดลที่พัฒนาเพื่อใช้ในบริบทของการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์กายภาพในการเปรียบเทียบความใกล้เคียงของแบบแผนการตอบข้อสอบกับแบบการคิด ผิดแบบต่างๆ ต่อมาในปี 1990 Tatsuoka ได้มีการปรับโมเดลรูสเปซ โดยนำทฤษฎีพุทธิปัญญาเข้า

มาใช้ในการวินิจฉัย โดยปรับเปลี่ยนแนวคิดจากแบบการคิดที่ผิดมาเป็นการวินิจฉัยที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับจุดแข็งและจุดอ่อนของความรู้ที่ได้จากการพิจารณาว่าการทำข้อสอบได้ถูกต้องต้องใช้ความรู้และกระบวนการทางพุทธิปัญญาใดบ้าง

คุณลักษณะของโมเดลรูสเปซ จึงเป็นโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบของผู้สอบนำไปสู่แบบแผนคุณลักษณะความรู้จากการใช้ทักษะทางพุทธิปัญญาที่แตกต่างกัน โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า โมเดลที่ได้จากข้อสอบอาจจะบรรยายได้ด้วยทักษะทางพุทธิปัญญาเฉพาะ ซึ่งสามารถจำแนกวิธีการ ทักษะ หรือกระบวนการของผู้สอบได้ และเรียกทักษะทางพุทธิปัญญาเฉพาะนั้นว่า คุณลักษณะ (attribute) คุณลักษณะจึงเป็นความรู้หรือทักษะการคิดที่มีอยู่และใช้เพื่อทำข้อสอบให้ถูกต้อง เปรียบเสมือนสถานะความรู้ของผู้สอบ คุณลักษณะไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่แสดงให้เห็นได้จากการตอบข้อสอบ การใช้โมเดลรูสเปซ เป็นการกำหนดความใกล้เคียงของสถานะความรู้ของผู้สอบกับแบบแผนของสถานะความรู้ โดยพิจารณาจากแบบแผนการตอบของผู้สอบ โดยกำหนดการให้คะแนนแบบ 0 และ 1 โดยที่ ให้คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่ตอบถูก ซึ่งหมายถึงมีความรอบรู้ในคุณลักษณะนั้น และให้คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ตอบผิด ซึ่งหมายถึงความไม่รอบรู้ในคุณลักษณะนั้น และนำหลักการของ boolean algebra มาใช้ในการกำหนดเมทริกซ์ของแบบแผนการตอบเพื่อใช้ในการคำนวณด้วย (Tatsuoka, Corter และ Tatsuoka, 2004 และ Gierl, Leighton และ Hanka, 2000)

โมเดลรูสเปซสร้างขึ้นโดยการรวบรวมและจัดอันดับคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบ แล้วใช้วิธีการทางสถิติในการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบไปสู่แบบแผนคุณลักษณะคุณลักษณะความรู้ ซึ่งเป็นแบบแผนความสำเร็จทางพุทธิปัญญาแบบที่เป็นเอกลักษณ์ (unique cognitive blueprint) การใช้โมเดลรูสเปซในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อระบุลักษณะสำคัญของตัวแปรโดยการกำหนดคุณลักษณะ และเพื่อจำแนกแบบแผนทางสถิติโดยใช้ two dimension cartesian coordinate system ที่เรียกว่า rule space ซึ่งแบ่งเป็นแกนระดับความสามารถของผู้สอบ (Theta: θ) และแบบแผนการตอบที่ผิดปกติ (Zeta: ζ)

ขั้นตอนของการใช้โมเดลรูสเปซ ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สรุปได้ดังนี้ (Gierl, Leighton และ Hanka, 2000)

- 1) กำหนดคุณลักษณะโดยพิจารณาจากชุดของทักษะเฉพาะหรือความสามารถที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง
- 2) กำหนด Q - Matrix โดยให้แถวแทนข้อสอบ (j) และคอลัมน์แทนคุณลักษณะ (k)

3) กำหนดให้ข้อที่ j คุณลักษณะที่ k (q_{jk}) เป็น 1 ถ้าตอบข้อที่ j โดยใช้คุณลักษณะที่ k ได้ถูกต้อง และเป็น 0 ถ้าตอบข้อที่ j โดยใช้คุณลักษณะที่ k ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ได้เมทริกซ์ที่แสดงถึงแบบแผนของสถานะความรู้จากแบบแผนการตอบตามอุดมคติ

4) คำนวณค่าความน่าจะเป็นของแบบแผนของสถานะความรู้แต่ละแบบ โดยใช้หลัก boolean algebra ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม BUGLIB ในการคำนวณ

5) ตรวจสอบให้คะแนนแบบแผนการตอบของผู้สอบ แบบ 0 และ 1 และกำหนด $Q - Matrix$ ที่แสดงถึงแบบแผนของสถานะความรู้จากแบบแผนการตอบที่สังเกตได้

6) เปรียบเทียบความใกล้เคียงระหว่างแบบแผนการตอบในอุดมคติกับแบบแผนการตอบที่สังเกตได้

7) จัดกลุ่มผู้สอบตามสถานะความรู้ต่างๆ โดยพิจารณาจากสถานะความรู้ที่มากที่สุดซึ่งแสดงให้เห็นจากแบบแผนการตอบของนักเรียนโดยประยุกต์ใช้ bayesian decision rule

โมเดลรูสเปซ มีข้อจำกัดที่อาจให้ผลวินิจฉัยไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการวินิจฉัยดำเนินการหลังจากสร้างแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว การจำแนกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อจึงอาจไม่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือความรู้แต่ละเรื่องที่คุณสอบต้องมี และการลำดับชั้นคุณลักษณะไม่ใช่สิ่งจำเป็น เนื่องจากคุณลักษณะเป็นอิสระต่อกัน Tatsuoka และ Boodoo (2000, อ้างถึงใน Leighton, Gierl และ Hunka, 2004) ชี้ให้เห็นด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งพบว่าคุณลักษณะไม่มีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้น แต่อย่างไรก็ตามคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาต้องสร้างให้เป็นลำดับชั้น ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ 1) งานวิจัยทางพุทธิปัญญาชี้ให้เห็นว่าทักษะทางพุทธิปัญญาไม่สามารถทำงานได้แบบเดี่ยว แต่จะทำงานเป็นเครือข่ายของความสัมพันธ์ของความสามารถ และ 2) การสร้าง adjacency matrix ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างคุณลักษณะ และ reachability matrix ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมระหว่างคุณลักษณะ เป็นการแสดงให้เห็นจำนวนของคุณลักษณะที่สร้างเป็นลำดับชั้นอย่างชัดเจน (Leighton, Gierl และ Hunka, 2004)

โมเดลรูสเปซ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม BUGLIB ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ tatsuoka@prodigy.net (Rupp และ Temling, 2008)

ในส่วนของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลรูสเปซนั้น Tatsuoka, Corter และ Tatsuoka (2004) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องแบบแผนการวินิจฉัยเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการสอบ TIMSS - R จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนเกรด 8 จาก 20 ประเทศที่แตกต่างกันทางด้านวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม โดยประยุกต์ใช้ โมเดลรูสเปซ

พบว่า คุณลักษณะที่ใช้ในการทำแบบทดสอบคณิตศาสตร์มี 23 คุณลักษณะเฉพาะที่จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ คุณลักษณะด้านเนื้อหา คุณลักษณะด้านกระบวนการ และคุณลักษณะด้านทักษะหรือประเภทของข้อคำถาม ซึ่งนักเรียนแต่ละประเทศมีคุณลักษณะแตกต่างกันไป นอกจากนี้ Xin, Xu และ Tatsuoka (2004) ได้ดำเนินการวิจัยเรื่องการเชื่อมต่อระหว่างคุณภาพของครู ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน และคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา โดยประยุกต์ใช้โมเดลรูสเปซ ในการสอบคณิตศาสตร์ TIMSS – 99 จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนเกรด 8 จาก 4 ประเทศ พบว่า จำแนกคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาออกเป็น 3 คุณลักษณะ คือ คุณลักษณะด้านกระบวนการ คุณลักษณะด้านการอ่าน และคุณลักษณะด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และพบว่าโดยทั่วไปหนังสือรับรองของครูไม่มีผลต่อชนิดของการพัฒนาทักษะทางพุทธิปัญญาที่แสดงในคะแนนสอบ

2) วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method)

Leighton, Gierl และ Hunka (2004) ได้พัฒนาวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ เพื่อแก้ข้อจำกัดของโมเดลรูสเปซ โดยให้คำจำกัดความของคำว่าคุณลักษณะ (attribute) ชัดเจนขึ้น และกำหนดให้มีการจำแนกคุณลักษณะก่อนการพัฒนาแบบสอบ โดยกำหนดให้คุณลักษณะมีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้น ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อ ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจนขึ้น ดังนั้น วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะถูกออกแบบมาเพื่อเชื่อมทฤษฎีทางพุทธิปัญญาที่ชัดเจนกับการวัดทางจิตมิติ

Leighton, Gierl และ Hunka (2004) และ Gierl, Leighton และ Hunka (2007) ได้อธิบายถึง Attribute Hierarchy Method ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) คุณสมบัติทางพุทธิปัญญา และ 2) คุณสมบัติทางจิตมิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) *คุณสมบัติทางพุทธิปัญญา* เป็นการระบุคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาและการกำหนดลักษณะเฉพาะของลำดับชั้นคุณลักษณะ มีรายละเอียดดังนี้

1.1) *การระบุคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา* วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความสามารถของข้อสอบขึ้นอยู่กับกำหนัดจำนวนข้อสอบ ลักษณะข้อสอบ และแบบแผนการตอบข้อสอบจากลักษณะโครงสร้างที่เป็นลำดับชั้นของความรู้หรือทักษะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบให้ถูกต้อง ที่เรียกว่าคุณลักษณะ (attribute) ซึ่งผู้สอบต้องมีคุณลักษณะนี้จึงจะตอบข้อสอบได้ถูกต้อง คุณลักษณะเป็นภาพของความซับซ้อนทางพุทธิปัญญา โดยนัยทั่วไปคุณลักษณะคือกระบวนการทางพุทธิปัญญาหรือทักษะที่ได้รับที่จะแก้ปัญหาในข้อสอบได้ถูกต้อง

Gierl, Leighton และ Hanka (1999 อ้างถึงใน Gierl, Leighton และ Hanka, 2000 และ Leighton, Gierl และ Hanka, 2004) ได้บรรยายถึงคุณลักษณะไว้ว่า “คุณลักษณะเป็นการบรรยายวิธีการหรือการอธิบายความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานที่มีขอบเขตเฉพาะ แม้ว่าคุณลักษณะไม่ใช่กลยุทธ์ แต่คุณลักษณะให้การสร้างกลยุทธ์ ยิ่งไปกว่านั้นชุดของคุณลักษณะจะถูกจัดเข้าสู่กลยุทธ์เพื่อสนับสนุนบทบาทในการแก้ปัญหาทันทีทันใด โดยไม่จำเป็นต้องเป็นกลุ่มกลยุทธ์ คุณลักษณะเป็นเอกลักษณ์ที่มีลักษณะเป็นพลวัต ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความสามารถของนักเรียนในเวลาที 1 อาจจะไม่ยาวนานที่จะใช้ประโยชน์ในการอธิบายพฤติกรรมในเวลาที 2 สุดท้ายช่วงเวลาขึ้นอยู่กับพัฒนาการและการเรียนการสอน ซึ่งมีความหมายว่าความก้าวหน้าของนักเรียนจากเวลาหนึ่งไปอีกเวลาหนึ่งเกิดขึ้นจากการมีพัฒนาการหรือการจัดการเรียนการสอน คุณลักษณะสำหรับแบบทดสอบระบุโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน เช่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ การวิเคราะห์งาน การเขียนตอบของนักเรียน อย่างไรก็ตาม การคิดออกเสียงอาจจะช่วยบรรยายคุณลักษณะ โดยใช้ทั้งจากผู้สอบและข้อสอบเทียบกับกลุ่มประชากรเป้าหมาย”

1.2) *การกำหนดลักษณะเฉพาะของลำดับชั้นคุณลักษณะ* ลำดับชั้นคุณลักษณะเป็นการนิยามถึงลำดับทางจิตที่มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ได้รับในการแก้ปัญหาของข้อสอบ โดยลำดับของคุณลักษณะอาจได้รับการพิจารณาเชิงประจักษ์ เช่น ลำดับของการให้คำนิยามที่ชัดเจน การระบุขั้นตอนทางพุทธิปัญญาผ่านทางกรวิเคราะห์ต้นร่าง (protocol analysis) หรือจากการพิจารณาจากทฤษฎี เช่น ทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่ง ลำดับชั้นประกอบด้วยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาสำหรับการพัฒนาข้อสอบ ดังนั้น ลำดับชั้นคุณลักษณะจึงมีบทบาทในวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ เนื่องจากเป็นการแสดงโครงสร้าง และขยายความสามารถทางพุทธิปัญญาภายใต้ความสามารถของข้อสอบ นอกจากนี้ Leighton, Gierl และ Hanka (2004) ได้นำเสนอรูปแบบของโครงสร้างลำดับชั้นที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาข้อสอบและการสร้างงานไว้ 4 รูปแบบ โดยใช้ 6 คุณลักษณะ คือ 1) ลำดับชั้นเชิงเส้น (linear hieratchy) มีลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะในลักษณะเส้นตรงที่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว 2) ลำดับชั้นเชิงลู่ออก (hieratchy with a convergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกเป็น 2 ทาง แต่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว 3) ลำดับชั้นเชิงลู่ออก (hieratchy having a divergent branch) มีลักษณะความสัมพันธ์ที่แยกเป็น 2 ทาง แต่ไม่ได้มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว 4) ลำดับชั้นแบบไม่มีโครงสร้าง (unstructured hieratchy) ลักษณะความสัมพันธ์ไม่มีความสัมพันธ์เดียวจากจุดเริ่มต้นและไม่มีจุดสิ้นสุดจุดเดียว

2) *คุณสมบัติทางจิตมิติ* เป็นการสร้างแบบแผนที่เป็นตัวแทนของลำดับชั้น การกำหนดแบบแผนการตอบที่คาดหวัง การประมาณค่าความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบ และการจำแนกแบบแผนการตอบที่สังเกตได้ มีรายละเอียดดังนี้

2.1) *แบบแผนที่เป็นตัวแทนของลำดับชั้น* เป็นการกำหนดเมทริกซ์ที่ใช้ในการพัฒนาแบบสอบ โดยแบ่งออกเป็น 4 เมทริกซ์ตามลำดับ คือ adjacency matrix, reachability matrix, incidence matrix และ reduce Q matrix โดยที่ adjacency matrix เป็นความสัมพันธ์ทางตรงระหว่างคุณลักษณะที่ถูกกำหนดขึ้นอย่างเฉพาะใน adjacency matrix (A) ของอันดับ (k,k) เมื่อ k คือจำนวนของคุณลักษณะที่ใช้ ในส่วนของ reachability matrix (R) เป็นความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อมระหว่างคุณลักษณะ reachability matrix (R) ของอันดับ (k,k) เมื่อ k คือจำนวนของคุณลักษณะที่ใช้ เมทริกซ์ R คำนวณจาก $R = (A + I)^n$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มที่ได้รับสำหรับ R ในการบรรลุความไม่แปรเปลี่ยน มีค่าเท่ากับ 1 A คือ adjacency matrix และ I คือ เมทริกซ์เอกลักษณ์ นอกจากนี้ incidence matrix (Q) เป็นการแสดงชุดข้อสอบและคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการทำข้อสอบในแต่ละข้อให้ถูกต้อง incidence matrix (Q) ของอันดับ (k,i) เมื่อ k คือ จำนวนของคุณลักษณะ และ i คือ จำนวนของข้อสอบ ชุดของข้อสอบที่เป็นไปได้จะมีขนาดเท่ากับ $2^k - 1$ เมื่อ k คือ จำนวนของคุณลักษณะ และ reduce Q matrix เป็นการลดจำนวนข้อสอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขโครงสร้างลำดับชั้นที่กำหนด ทำได้โดยพิจารณาโครงสร้างลำดับชั้นและตัดข้อสอบที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขออก

2.2) *การกำหนดแบบแผนการตอบที่คาดหวัง* เป็นการกำหนดแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง คะแนนรวม และคุณลักษณะของผู้สอบจากโครงสร้างลำดับชั้นที่กำหนด

2.3) *การประมาณค่าความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบ* เป็นการประมาณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบในแต่ละข้อจากแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับบุคคล (person – fit indices) จากโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องโดยใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT model) ซึ่งจะทำได้ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (a – parameter) และค่าความยากของข้อสอบ (b – parameter) กรณีใช้โมเดลการตอบสนองแบบ 2 พารามิเตอร์

2.4) *การจำแนกแบบแผนการตอบที่สังเกตได้* แบ่งเป็นการจำแนกเบื้องต้น และการตรวจสอบการจำแนกเบื้องต้น ดังนี้

การจำแนกเบื้องต้น (preliminary classification) เป็นการเปรียบเทียบแบบแผนการตอบที่สังเกตได้กับแบบแผนการตอบที่คาดหวัง และคำนวณความน่าจะเป็นที่แบบแผนการตอบที่สังเกตได้จะจัดอยู่ในแบบแผนการตอบที่คาดหวังใด โดยการรวมโอกาสที่จะตอบถูกเมื่อผิดและโอกาสที่จะตอบผิดเมื่อถูก ตามสูตรต่อไปนี้

$$P_{\text{Expected}}(\theta) = \prod_{k=1}^K P_{jk}(\theta) \prod_{m=1}^M [1 - P_{jm}(\theta)]$$

การตรวจสอบการจำแนกเบื้องต้น เป็นการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบแผนการตอบที่คาดหวังทั้งหมดกับแบบแผนการตอบที่สังเกตได้ ถ้าแบบแผนการตอบที่คาดหวังมีความสมเหตุสมผลกับแบบแผนการตอบที่สังเกตได้ แสดงว่าผู้สอบมีคุณลักษณะตามแบบแผนการตอบที่คาดหวังนั้น แต่ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าไม่สมเหตุสมผล จึงคำนวณความน่าจะเป็นว่าแบบแผนการตอบที่สังเกตได้น่าจะตรงกับแบบแผนการตอบที่คาดหวังใด

วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ มีจุดเด่นอยู่ที่การให้คำจำกัดความของค่าคุณลักษณะ (attribute) ชัดเจนขึ้น กำหนดให้มีการจำแนกคุณลักษณะก่อนการพัฒนาแบบสอบ และกำหนดให้คุณลักษณะมีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้น ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อเป็นไปตามลำดับชั้นทางพุทธิปัญญาอย่างชัดเจน ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจนขึ้น แต่โมเดลก็ยังมีข้อจำกัดในประเด็นของการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้อาจไม่ชัดเจน หากแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้นั้นไม่ตรงกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังใดเลย

วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม AHM ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ mark.gierl@ualberta.edu (Rupp และ Templin, 2008)

ในส่วนของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ นั้น Leighton, Gierl และ Hunka (2004) ได้ประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะนั้นในเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ (syllogistic reasoning) เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีลำดับชั้นคุณลักษณะนั้น ใช้ในการประเมินความสามารถทางพุทธิปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการคิดระดับสูง โดยใช้กรอบแนวคิดการใช้เหตุผลเชิงตรรกะตามทฤษฎีโมเดลทางสมองของ Philip Johnson – Laird และจำแนกคุณลักษณะในการใช้เหตุผลเชิงตรรกะได้จำนวน 7 คุณลักษณะ คือ 1) สามารถแปลความจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้ 2) สามารถสร้างโมเดลเบื้องต้นแทนความหมายจากเงื่อนไขที่กำหนดให้ได้ 3) สามารถสร้างข้อสรุปจากโมเดลเบื้องต้นได้ 4) สามารถสร้างโมเดลที่ 2 จากเงื่อนไขอื่น ๆ ได้ 5) สามารถสร้างข้อสรุปจากโมเดลเบื้องต้นและโมเดลที่ 2 ได้ 6) สามารถสร้างโมเดลที่ 3 ได้ และ 7) สามารถสร้างข้อสรุปโดยการรวมทั้ง 3 โมเดลได้ และมีการจำแนกแบบแผนการตอบที่สังเกตได้จากแบบแผนการตอบที่คาดหวัง

3) โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA)

ในโมเดลดีไอเอ็นเอ เวกเตอร์ทักษะของผู้สอบ (examinee’s skill vector) และ Q – matrix สร้างเป็นเวกเตอร์การตอบแฝง (latent response vector) $\eta_i = \{\eta_{ij}\}$ เมื่อ

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^K \alpha_{ik}^{q_{jk}} \quad (1)$$

การตอบแฝงในสมการที่ 1 มีค่าเป็น 1 ถ้าผู้สอบคนที่ i มีทุกทักษะที่ได้รับสำหรับข้อ j และมีค่าเป็น 0 ถ้าขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับ ในโมเดลดีไอเอ็นเอ พารามิเตอร์ความสะเพร่า และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูกของข้อที่ j แทนด้วย $s_j = P(X_{ij} = 0 | \eta_{ij} = 1)$ และ $g_j = P(X_{ij} = 1 | \eta_{ij} = 0)$ ตามลำดับ ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผู้สอบคนที่ 1 กับเวกเตอร์ทักษะ α_i ตอบข้อ j อย่างถูกต้อง แทนด้วย

$$P_j(\alpha_i) = P(X_{ij} = 1 | \alpha_i) = g_j^{1-\eta_{ij}} (1 - s_j)^{\eta_{ij}} \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 นี้ การตอบข้อสอบอย่างถูกต้อง ได้รับในผู้สอบคนที่มีความรู้ทุกทักษะที่จำเป็นที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนของแบบแผนการตอบ และผู้สอบคนที่ขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับก็เป็นการเดาอย่างถูกต้อง ข้อสำคัญถ้าไม่มีการเดาและไม่มีความคลาดเคลื่อนของแบบแผนการตอบ การประมาณค่าโมเดลของการตอบข้อสอบที่ถูกในข้อสอบมีค่า 0 หรือ 1 นั่นคือ การตอบถูกกำหนดอย่างเดียวนั่น โดยปฏิสัมพันธ์ของ α และ เวกเตอร์ Q สำหรับรายข้อ

โมเดลดีไอเอ็นเอ มีเงื่อนไขบังคับว่า $1 - s_j > g_j$ เมื่อ s_j คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า ค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นที่เป็นความสะเพร่า $1 - s_j$ เป็นความน่าจะเป็นของการตอบถูกในข้อที่ j ถ้าทุก Q – matrix ระบุว่ามีความรอบรู้ในคุณลักษณะ g_j เป็นพารามิเตอร์ของการเดาข้อสอบถูก เป็นค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของความไม่รอบรู้อย่างน้อยการตอบหนึ่งทักษะที่จำเป็นที่ตอบถูกโดยการเดา ดังนั้น ผู้สอบที่รอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ได้รับ $\eta_{ij} = 1$ จะมีความน่าจะเป็นในการตอบถูกสูงกว่าคนที่ไม่รอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ได้รับ $\eta_{ij} = 0$

โมเดลดีไอเอ็นเอ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Joint Maximum Likelihood (JML) วิธี Marginal Maximum Likelihood (MML) และวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) โดยใช้ Expectation Maximization (EM) algorithm และ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม R ซึ่งเป็น freeware

ขอรับได้ที่ alexander.robitzsch@iqb.hu-berlin.de และโปรแกรม Ox ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ j.delatorre@rutgers.edu (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ นั้น Huebner, Wang และ Lee (2009) ได้ประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ กับการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ (CAT) ในการสอบ GMAT Focus ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัยแบบออนไลน์ที่ให้ผู้สอบเตรียมตัวสำหรับการสอบ GMAT คุณลักษณะที่ใช้ในการสร้างแบบสอบ GMAT Focus จำแนกออกเป็น 6 คุณลักษณะ คือ 1) การแก้ปัญหา 2) ความเพียงพอของข้อมูล 3) เลขคณิต 4) พีชคณิต 5) การใช้จริง และ 6) การใช้ทางทฤษฎี เมื่อศึกษากับข้อมูลเชิงประจักษ์กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3,776 คน และมีข้อคำถามจำนวน 97 ข้อ ที่วินิจฉัยใน 4 ทักษะ Q - matrix สร้างขึ้นโดยแต่ละข้อได้รับเพียง 1 ทักษะ ประเมินค่าพารามิเตอร์ด้วย Expectation Maximization (EM) algorithm ด้วยโปรแกรม R พบว่า โมเดลไอเอ็นเอ มีความเหมาะสมกับข้อมูล นอกจากนี้ de la Torre และ Douglas (2004) ได้ประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ เพื่อนำเสนอผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาของการทดสอบเรื่องการลบเศษส่วน จำนวน 20 ข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 2,144 คน คุณลักษณะที่ใช้ในการสร้างแบบสอบจำแนกออกเป็น 8 คุณลักษณะ คือ 1) การเปลี่ยนจำนวนเต็มเป็นเศษส่วน 2) การแยกจำนวนเต็มจากเศษส่วน 3) การทำให้อยู่ในรูปอย่างง่ายก่อนการลบ 4) การหาตัวส่วนร่วม 5) การย้ายจากจำนวนเต็ม 6) การย้ายเพื่อลบเศษตัวที่สองจากตัวแรก 7) การลบตัวเศษ และ 8) การทำให้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ และนำมาสร้างเป็น Q - matrix ประเมินค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) พบว่า โมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) มีค่าน้อย แต่ไม่เป็น 0 ถ้ามีค่าเป็น 0 แสดงถึงสถานะในอุดมคติภายใต้ทุกคุณลักษณะที่ถูกจำแนก Q - matrix สร้างขึ้นได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้ามีค่ามาก Q - matrix ที่สร้างขึ้นไม่มีความถูกต้อง และแสดงความสามารถของผู้สอบในแต่ละคุณลักษณะเฉพาะ ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tatsuoka ในปี 2002 และมีความสัมพันธ์กันระหว่างความถนัดทั่วไปกับคุณลักษณะแต่ละคุณลักษณะเฉพาะ และ Junker และ Sijtsma (2001) ได้ประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ กับข้อมูลเชิงประจักษ์ของการประเมินการเปลี่ยนแปลงเหตุผล (assessing transitive reasoning) ของนักเรียนเกรด 2, 3 และ 4 จำนวน 417 คน คุณลักษณะที่ใช้ในการสร้างแบบสอบจำแนกออกเป็น 6 คุณลักษณะ ประเมินค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม BUGS พบว่า 1) การประมาณค่าความน่าจะเป็นของพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) จะประมาณค่าได้เพียงการตอบของผู้สอบ X_{ij} บนงานสำหรับคนที่ถูกตั้งสมมติฐานว่าจะมีทุกคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาทั้งหมด ($\eta_{ij} = 1$) 2) การประมาณพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) จะประมาณค่าได้เพียงการตอบของผู้สอบ X_{ij} บนงานสำหรับ 1 หรือมากกว่า

ของคุณลักษณะที่ถูกตั้งสมมติฐานว่าขาดหายไป ($\eta_{ij} = 0$) และ 3) การประมาณค่าของ α_{ik} ซึ่งให้เห็นการมีคุณลักษณะ k โดยผู้สอบคนที่ i จะประมาณค่าได้เพียงความสามารถบนงานสำหรับคนที่ i ที่ถูกตั้งสมมติฐานเรียบร้อยแล้วว่าจะมีทุกคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาทั้งหมด

4) โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA)

โมเดลเอ็นไอดีเอ (de la Torre และ Douglas, 2004 และ Junker และ Sijtsma, 2001) ถูกแนะนำโดย Maris ในปี 1999 โมเดลเอ็นไอดีเอ คล้ายกับโมเดลดีไอเอ็นเอ ซึ่งเกี่ยวกับตัวแปรการตอบแฝงที่กำหนดในการเชื่อมต่อ (conjunctive) แต่ noisy input จะอ้างถึงธรรมชาติของ stochastic ภายใต้การตอบแฝงที่ถูกกำหนดโดย α โมเดลเอ็นไอดีเอ ต่างจากโมเดลดีไอเอ็นเอ ตรงที่โมเดลดีไอเอ็นเอ พารามิเตอร์อยู่ในระดับข้อ แต่โมเดลเอ็นไอดีเอ พารามิเตอร์อยู่ในระดับคุณลักษณะ

เมื่อ η_{ijk} ซึ่งถึงคนที่ i ที่จะตอบถูกโดยการประยุกต์คุณลักษณะ k ที่ทำข้อสอบ j ให้สมบูรณ์ จึงนิยามถึงพารามิเตอร์ความสะอาดและพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูกอีกครั้ง อย่างไรก็ตาม โมเดลเอ็นไอดีเอ ให้นิยามในระดับของตัวแปรการตอบแฝง เขียนได้ดังนี้

$$s_k = P(\eta_{ijk} = 0 | \alpha_{ik} = 1, q_{jk} = 1) \text{ และ } g_k = P(\eta_{ijk} = 1 | \alpha_{ik} = 0, q_{jk} = 1)$$

ในส่วนของ $P(\eta_{ijk} = 1 | \alpha_{ik} = 0, q_{jk} = 0)$ กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 โดยไม่คำนึงถึงค่าของ α_{ik} ตามที่ Y_{ij} จะถูกต้องถ้าการตอบแฝงทั้งหมดประสบความสำเร็จ ซึ่งหาได้จาก $Y_{ij} = \prod_{k=1}^K \eta_{ijk}$ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การตอบแฝงอยู่ในสถานะที่เป็นอิสระบน α_i ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบเขียนได้ดังนี้

$$P(Y_{ij} = 1 | \alpha_i, s, g) = \prod_{k=1}^K P(\eta_{ijk} = 1 | \alpha_{ik}, s_k, g_k) = \prod_{k=1}^K [(1 - s_k)^{\alpha_{ik}} g_k^{1 - \alpha_{ik}}]^{q_{jk}}$$

โมเดลเอ็นไอดีเอ ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลเอ็นไอดีเอ นั้น de la Torre และ Douglas (2004) ได้ประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ และโมเดลเอ็นไอดีเอ เพื่อนำเสนอผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาของการทดสอบเรื่องการลบเศษส่วน จำนวน 20 ข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน

2,144 คน คุณลักษณะที่ใช้ในการสร้างแบบสอบถามออกเป็น 8 คุณลักษณะ พบว่า โมเดลดีไอเอเอ็นเอ มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลเอ็นไอดีเอ

5) โมเดลฟิวชั่น (Fusion Model: FM)

โมเดลฟิวชั่น มีจุดประสงค์ 2 ประการ คือ 1) ประเมินความสามารถผู้สอบบนกระบวนการทางพุทธิปัญญา และ 2) ประเมินความสามารถในการวินิจฉัยของแบบสอบและข้อสอบ โมเดลมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบและทักษะที่ได้รับเป็นแบบเชื่อมต่อ (ระดับความเพียงพอของความรู้ในทุกทักษะได้รับการตอบข้อสอบถูก) โมเดลนี้เป็นการปรับพารามิเตอร์ (re-parameterized) ของโมเดล unified

โมเดลฟิวชั่น (Roussos, DiBello, Stout, Hartz, Henson และ Templin, 2007, Jang, 2009, Lee และ Sawaki, 2009 และ Aryadoust, 2011) เป็นความน่าจะเป็นของการสังเกตการตอบข้อสอบของผู้สอบในรูปของพารามิเตอร์ความสามารถและพารามิเตอร์ข้อสอบ คล้ายกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยใช้ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบเชื่อมโยงกับชุดของทักษะที่กำหนดเพื่อตรวจสอบความรู้ของผู้สอบในแต่ละทักษะ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและทักษะทางพุทธิปัญญาถูกแทนด้วย 1 และ 0 ใน Q - matrix ซึ่งการสร้าง Q - matrix จำเป็นต้องพิจารณาถึงอัตราส่วนของข้อสอบและทักษะของจำนวนทักษะต่อข้อสอบและความสอดคล้องของความซับซ้อนทางพุทธิปัญญาของทักษะกับระดับความยากของข้อสอบ ดังนั้น ความน่าจะเป็นในการตอบถูกขึ้นอยู่กับระดับความรู้สำหรับทักษะที่ต้องการทดสอบ ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบตาม โมเดลฟิวชั่น ดังนี้

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha_j, \theta_j) = \pi_i^* \prod_{k=1}^K r_{ik}^{*(1-\alpha_{jk})x_{q_{ik}}} P_{c_i}(\theta_j)$$

โมเดลฟิวชั่น ประกอบด้วยพารามิเตอร์ความสามารถสองค่า คือ α_j และ θ_j เมื่อ α_j หมายถึง เวกเตอร์ของพารามิเตอร์ความรู้ของทักษะ และ θ_j หมายถึง พารามิเตอร์ความสามารถที่เหลือของทักษะที่สำคัญที่ไม่ระบุอยู่ใน Q - matrix นอกจากนี้ โมเดลฟิวชั่น ประกอบด้วยพารามิเตอร์ข้อสอบสามค่า คือ π_i^* , r_{ik}^* และ c_i

π_i^* หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความรอบรู้ในทุกทักษะที่ได้รับใน Q - matrix สำหรับข้อสอบข้อที่ i จะตอบได้ถูกต้องประยุกต์ทุกทักษะในการแก้ปัญหาสำหรับการทำข้อสอบ มีความเกี่ยวข้องกับความยากของข้อสอบที่ให้จาก Q - matrix และมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

r_{ik}^* หมายถึง ตัวชี้วัดความสามารถในการวินิจฉัยของข้อที่ i สำหรับทักษะที่ k ถ้า r_{ik}^* มีค่าน้อยแสดงว่าข้อสอบได้รับความรอบรู้ของทักษะที่ k หาก r_{ik}^* มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ข้อสอบข้อที่ i สามารถจำแนกความรู้ของทักษะจากความไม่รอบรู้ของทักษะ ถ้าพารามิเตอร์ r สำหรับทักษะ

เข้าใกล้ศูนย์ จะชี้ให้เห็นว่าแบบสอบถูกออกแบบสำหรับการวินิจฉัยความรอบรู้บนทักษะนั้น ดังนั้น พารามิเตอร์ r มีความสำคัญในการประเมินความสามารถในการวินิจฉัยของแบบทดสอบ

c_i หมายถึง ตัวชี้วัดระดับของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบบนทักษะอื่น นอกเหนือจากที่ออกแบบโดย Q - matrix ถ้าค่า c_i มีค่าน้อยข้อสอบจะขึ้นอยู่กับการ θ_j และ c_i สามารถให้สารสนเทศในการวินิจฉัยเกี่ยวกับความสมบูรณ์หรือความสำเร็จของ Q - matrix

โมเดลฟิวชัน ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วย โปรแกรม Arpeggio ซึ่งเป็น commercial ดูข้อมูลเพิ่มเติมที่ www.assess.com (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลฟิวชันนั้น Jang (2009) ได้ศึกษาการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาของความสามารถในความเข้าใจการอ่านภาษาที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความตรงของการนำการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไปใช้กับแบบสอบความสามารถในความเข้าใจการอ่านภาษาที่ 2 ที่ไม่ใช่แบบสอบวินิจฉัย และเพื่อให้สารสนเทศเกี่ยวกับความท้าทายและเงื่อนไขของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ในการศึกษาครั้งนี้ มุ่งเน้นที่ความเชื่อถือได้ของโมเดลฟิวชัน ลักษณะของผลทักษะการอ่าน และความสามารถในการวินิจฉัยของข้อสอบ วิธีดำเนินการแบ่งเป็น 3 ระยะ เริ่มต้นโดย 1) กำหนดทักษะความเข้าใจในการอ่าน 9 ทักษะโดยการคิดออกเสียงและทำการวิเคราะห์ข้อสอบและแบบสอบ 2) ตรวจสอบลักษณะของโปรไฟล์ทักษะที่ประมาณค่าโดยโมเดลฟิวชัน ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลจากแบบสอบ LanguEdge 3) ประเมินสารสนเทศเชิงวินิจฉัยจากห้องเรียนโดยนักเรียนจะทำการทดสอบเชิงวินิจฉัยก่อนและหลังเรียน นอกจากนี้ยังใช้การสัมภาษณ์ สังเกตชั้นเรียน และสำรวจด้วย เพื่อใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับ ตัวอย่างที่ใช้จำนวน 2,703 คน ที่สอบ LanguEdge ในปี 2002 และนักเรียนจำนวน 28 คน และครูจำนวน 3 คน ที่อยู่ในหลักสูตรเตรียมสอบ TOEFL เพื่อประเมินรายงานเชิงวินิจฉัยในระยะที่ 3 เครื่องมือที่ใช้คือ 1) แบบสอบ LanguEdge โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิกับโมเดลฟิวชัน ในระยะที่ 2 และใช้ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทั้งก่อน - หลังเรียน ในระยะที่ 3 2) แบบสอบถามประเมินตนเองของผู้สอบ LanguEdge ซึ่งจะถามนักเรียนเกี่ยวกับระดับความมั่นใจในการอ่าน การเขียน และการฟัง 3) แบบสอบถามนักเรียนในการรายงานเชิงประเมินผลการศึกษาเสนอแนะว่าวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาสามารถให้สารสนเทศจากการวินิจฉัยเกี่ยวกับระดับของสมรรถนะการอ่านได้ละเอียดมากกว่าการให้คะแนนแบบดั้งเดิม และมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนความเชื่อถือได้ของกระบวนการโปรไฟล์ทักษะ โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูล แต่เมื่อโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาถูกแก้ไขปรับปรุงเพื่อพัฒนาแบบสอบสำหรับวัตถุประสงค์ที่ไม่มุ่งวินิจฉัย มันอาจจะสูญเสียความสามารถ

ในการวินิจฉัยบางอย่างไประหว่างข้อสอบกับระดับความยากที่สุดโต่ง ข้อสอบเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องให้การประเมินสมรรถนะทักษะของผู้เรียน

2.4.1.2 โมเดลทดแทนได้ (compensatory model)

โมเดลทดแทนได้ (compensatory model) ได้แก่ 2.1) โมเดลเอ็นไอดีโอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO) 2.2) โมเดลจีดีเอ็ม (General Diagnostic Model: GDM) และ 2.3) โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Log – Linear Cognitive Diagnosis Model: LCDM)

1) โมเดลดีไอเอ็นไอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO)

โมเดลดีไอเอ็นไอ (Templin และ Hemson, 2006) เป็นการปรับพารามิเตอร์ (parameterized) ของโมเดลดีไอเอ็นเอ ซึ่งโมเดลดีไอเอ็นเอ นี้ได้รับผลสำเร็จภายใต้คำนิยามแต่ละข้อและแต่ละบุคคล ตัวแปรแฝง η_{ij} เป็นคุณลักษณะของแต่ละบุคคลโดย Q – matrix ที่ใส่เข้าไป เมื่อผู้สอบมีทุกทักษะที่ได้รับ ($\eta_{ij} = 1$) ความน่าจะเป็นของการตอบถูกเท่ากับ $1 - s_j$ และถ้าขาดอย่างน้อย 1 ทักษะ ($\eta_{ij} = 0$) ความน่าจะเป็นของการตอบถูกมีค่าเท่ากับ g_j

คำนิยามของโมเดลดีไอเอ็นไอ นั้นจะคล้ายกัน แต่ความน่าจะเป็นของคุณลักษณะเดิมที่ถูกกำหนดโดย η_{ij} จะอยู่บนฐานของโมเดลที่ไม่เชื่อมต่อกัน (disjunctive model) ซึ่งในโมเดลดีไอเอ็นไอ นี้ η_{ij} ถูกแทนด้วย ω_{ij} เมื่อ

$$\omega_{ij} = \prod_{k=1}^K (1 - \alpha_{ik})^{q_{jk}}$$

ω_{ij} จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้สอบคนใดมีอย่างน้อย 1 ทักษะที่จำเป็นใน Q – matrix แล้ว $\omega_{ij} = 1$ แต่ถ้าผู้สอบคนใดไม่มีทักษะใดเลยใน Q – matrix แล้ว $\omega_{ij} = 0$ ดังนั้นความน่าจะเป็นของการตอบถูก แสดงได้ดังนี้

$$P(X_{ij} = 1 | \omega_{ij}) = (1 - s_j)^{\omega_{ij}} g_j^{1 - \omega_{ij}}$$

โดยที่ $1 - s_j > g_j$ เหมือนในโมเดลดีไอเอ็นเอ เมื่อ s_j และ g_j คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่าและการเดาข้อสอบถูกตามลำดับ

โมเดลดีไอเอ็นไอ ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม R ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ alexander.robitzsch@iqb.hu-berlin.de (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ DINO นั้น Templin และ Henson (2006) ได้ประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นไอ ซึ่งเป็นโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามาใช้ในการประเมินทางจิตวิทยา โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาแนวโน้มของการเสี่ยงโชคของนักเรียนระดับอุดมศึกษา จำนวน 593 คน ด้วยแบบวัด GRI จำนวน 41 ข้อ ซึ่งเป็นมาตรฐานค่า 6 ระดับ โดยจำแนกคุณลักษณะออกเป็น 10 คุณลักษณะ และสร้างเป็น Q - matrix จากนั้นวิเคราะห์ด้วยโมเดลไอเอ็นไอ โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) พบว่า โมเดลไอเอ็นไอ มีความเหมาะสมกับข้อมูล และข้อมูลที่ได้อธิบายการวินิจฉัยสำหรับแต่ละคุณลักษณะ ชุดของคุณลักษณะแต่ละบุคคลเป็นที่น่าพอใจ

2) โมเดลจีดีเอ็ม (General Diagnostic Model: GDM)

โมเดลจีดีเอ็ม เป็นการรวมลักษณะพิเศษของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) โมเดลแอลซีดีเอ็ม และการวิเคราะห์ชั้นแฝง (Latent Class Analysis) ความน่าจะเป็นของการตอบสำหรับ partial credit GDM (von Davier, 2009) เขียนได้ดังนี้

$$P(X_{ij} = 1 | \beta_i, a, q_i, \gamma_i) = \frac{\exp[\beta_{xi} + \sum_{k=1}^d x_{yik} h(q_{ik}, a_k)]}{1 + \sum_{y=1}^{m_i} \exp[\beta_{yi} + \sum_{k=1}^d y_{yik} h(q_{ik}, a_k)]}$$

เมื่อ K คือ คุณลักษณะหรือทักษะ a คือ โปรไฟล์ทักษะหรือชุดของทักษะที่ได้รับ $a=(a_1, \dots, a_k)$ q_{ik} คือ การออกแบบ Q -matrix $h(q_{ik}, a_k)$ คือ แผนที่ยกทักษะ เป็นทักษะที่ได้รับ สำหรับข้อสอบ β_{xi} คือ ความยาก และ γ_{ik} คือ ความชันของทักษะโดยข้อสอบแต่ละข้อ

โมเดลจีดีเอ็ม เป็นโมเดลที่ความสามารถในคุณลักษณะที่ต่ำกว่าสามารถทดแทนได้ด้วยความสามารถในระดับที่สูงกว่า (compensatory) สามารถใช้กับการให้คะแนนแบบหลายค่า

โมเดลจีดีเอ็ม ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย Marginal Maximum Likelihood (MML) ด้วยโปรแกรม MDLTM ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ mvondavier@ets.org (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลจีดีเอ็ม นั้น von Davier (2008) ได้ประยุกต์ใช้ GDM ซึ่งเป็นโมเดลวินิจฉัยที่ทดแทนได้ (compensatory diagnostic model) สำหรับข้อมูลที่เป็นการตรวจให้คะแนนสองค่า (dichotomous) หรือให้คะแนนบางส่วน (partial credit) ในการสอบ TOEFL[®] Internet-based testing

3) โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Log – Linear Cognitive Diagnosis Model: LCDM)

โมเดลแอลซีดีเอ็ม กับตัวแปรแฝงเป็นโมเดลที่ยืดหยุ่นที่อนุญาตให้มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแบ่งชั้น (categorical variable) โดยใช้โมเดลชั้นแฝง (latent class model) สำหรับเหตุผลนี้มันจึงง่ายที่จะประยุกต์ให้เป็นโมเดลทั่วไปสำหรับโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เพราะโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาส่วนใหญ่ประมาณค่าพารามิเตอร์จากความน่าจะเป็นของการตอบถูก (แต่ละข้อ ถ้าตอบถูก $X_{ij} = 1$ หรือตอบผิด $X_{ij} = 0$) โมเดลแอลซีดีเอ็ม ทำกลับอย่างเหมาะสมในเทอมของ log – odds ของการตอบถูกสำหรับแต่ละข้อ (เป็นฟังก์ชันของตัวแปรแฝง)

โมเดลแอลซีดีเอ็ม เป็นกระบวนการทั่วไปในโมเดลแอลซีดีเอ็ม กับตัวแปรแฝง เมื่อตัวแปรแฝงเป็นลักษณะต่อเนื่องทั้งคู่และแยกจากกันในการเพิ่มจุดศูนย์รวมบนลำดับของการตอบข้อสอบ ในปัจจุบันโมเดลจีดีเอ็ม เป็นโมเดลที่ประยุกต์ใช้กับโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่ความสามารถในคุณลักษณะที่ต่ำกว่าสามารถทดแทนได้ด้วยความสามารถในระดับที่สูงกว่า (compensatory) อย่างไรก็ตาม ในกรณีพิเศษขอโมเดลจีดีเอ็ม ให้คำนิยามทั่วไปที่ง่ายในการรวมโมเดลแอลซีดีเอ็ม กับตัวแปรแฝงที่ตรวจให้คะแนนแบบสองค่า (dichotomous latent variables) และสำหรับเหตุผลนี้ จึงใช้โมเดลจีดีเอ็ม ในการให้คำนิยาม โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Henson, Templin และ Willse, 2009) ซึ่งความน่าจะเป็นของการตอบให้คำนิยามดังนี้

$$P(X_{ij} = 1|\alpha_i) = \frac{\exp(\lambda_j^T h(\alpha_i, q_j) - \eta_j)}{1 + \exp(\lambda_j^T h(\alpha_i, q_j) - \eta_j)}$$

เมื่อ λ_j แสดงถึงเวกเตอร์ $1 \times (2^K - 1)$ ของน้ำหนักข้อสอบข้อที่ j และ $h(\alpha_i, q_j)$ แสดงถึงชุดของผลรวมเชิงเส้น (linear combination) ของ α_i และ Q – matrix ที่เข้าไปสำหรับข้อที่ j , q_j η_j แสดงถึงความน่าจะเป็นของการตอบถูกสำหรับกลุ่มอ้างอิง อันที่แสดงถึงแต่ละคนที่ไม่รอบรู้ในทักษะใด สำหรับ LCDM แล้ว $h(\alpha_i, q_j)$ แสดงถึงชุดของน้ำหนักทั้งหมดที่อยู่ในโมเดลแอลซีดีเอ็ม ทั้งหมดกับคุณลักษณะที่ตรวจให้คะแนนสองค่า K การใช้ $\lambda_j^T h(\alpha_i, q_j)$ เขียนได้ดังนี้

$$\lambda_j^T h(\alpha_i, q_j) = \sum_{u=1}^K \lambda_{ju} (\alpha_u q_{ju}) + \sum_{u=1}^K \sum_{v>u} \lambda_{juv} (\alpha_u \alpha_v q_{ju} q_{jv}) = \dots$$

ดังนั้น สภาวะความสัมพันธ์ระหว่างความรู้หรือความไม่รอบรู้ของคุณลักษณะ u สำหรับข้อ j ถูกสัมพันธ์ใน λ_{ju} เมื่อ $e^{\lambda_{ju}}$ อธิบายปัจจัยโดยอันที่เป็น เศษส่วน (odds) ของการตอบถูกที่เปลี่ยนเมื่อเปรียบเทียบความไม่รอบรู้ไปความรู้ โดยให้คุณลักษณะทั้งหมดเป็นความไม่รอบรู้ (กลุ่มอ้างอิงแสดงให้เห็นแต่ละคนไม่มีความรอบรู้ใดๆ) การขยายสภาวะความสัมพันธ์ของคุณลักษณะ u และข้อสอบขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่ 2 คือ v สำหรับข้อ j ซึ่งถูกนิยามโดย λ_{juv} ดังนั้น ให้

คุณลักษณะ v เป็นความรอบรู้เศษส่วน (odds) ของการตอบถูกเพิ่มขึ้นโดยปัจจัยของ $e^{\lambda_{ju} + \lambda_{jv}}$ เมื่อเปรียบเทียบความไม่รอบรู้ไปความรอบรู้ อันที่แตกต่างจาก $e^{\lambda_{ju}}$ ที่ให้คุณลักษณะ v ไม่มีความรอบรู้ ดังนั้น โมเดลขยายไปทุกสถานะความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ ยกตัวอย่างเช่น $\lambda_{ij}^{\alpha_1 \alpha_2}$ ซึ่งให้เห็นน้ำหนักสำหรับระดับคนที่ i ซึ่งแยกจากตัวแปรแฝง α_1 และระดับข้อ j สำหรับการแยกจากตัวแปรแฝง α_2 อย่างไรก็ตาม ตัวแปรแฝงสำหรับโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญามีเพียง 2 ระดับ λ_{j12} จึงใช้ในการชี้ถึงน้ำหนักเมื่อเพิ่มเข้าไป เมื่อ $\alpha_1 = 1$ และ $\alpha_2 = 1$ ซึ่งตัวอย่างอื่นทั้งหมดน้ำหนักอาจจะเป็น 0

จำนวนเงื่อนไขบังคับที่รวมอยู่ในโมเดลแอลซีดีเอ็ม คือ 1) ชุดของเงื่อนไขบังคับที่ถูกกำหนดโดยเฉพาะของ Q - matrix แล้วให้คำนิยามของคุณลักษณะว่าถูกระบุในข้อสอบที่ได้รับในแต่ละคุณลักษณะ หากไม่มี Q - matrix คุณลักษณะสามารถเปลี่ยนคำนิยามได้ 2) ชุดเงื่อนไขบังคับต้องนิยามถึง การเพิ่มขึ้นทางเดียว (monotonicity) ซึ่งหมายถึง คุณสมบัติสำหรับผู้สอบที่มีความรอบรู้ในทักษะที่ความน่าจะเป็นของการตอบถูกต้องทำหรือสูงกว่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกจากการเรียนรู้ทักษะที่มีอยู่ก่อนที่เพิ่มเข้าไป กล่าวคือ เมื่อโครงสร้างตามสมมติฐานที่ต้องการวัดเพิ่มขึ้น ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกต้องก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มขึ้นทางเดียว (monotonicity) ให้คำนิยามดังนี้

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha_i^w) \geq P(X_{ij} = 1 | \alpha_i) \text{ สำหรับ } w \text{ ทั้งหมด}$$

เมื่อ

$$\alpha_{ik}^w = \begin{cases} \alpha_{ik} & \text{เมื่อ } w \neq k \text{ ในทางตรงกันข้าม} \\ 1 & \end{cases}$$

เงื่อนไขบังคับอันหลังขึ้นอยู่กับคุณลักษณะต้องเป็นจริง และ Q - matrix ที่ใส่เข้าไปเป็นแบบ 0 และ 1 จากการได้รับเงื่อนไขบังคับ กลุ่มอ้างอิงถูกระบุแต่ละคนไม่มีความรอบรู้ในทักษะใดๆ ของการได้รับคุณลักษณะสำหรับข้อสอบ ดังนั้น การระบุความน่าจะเป็นของการตอบถูกสำหรับแต่ละคนไม่รอบรู้ในทักษะใดๆ ที่ได้รับ คือ $\text{logit}(-\eta)$

เพื่อความชัดเจนจะให้คำนิยามสำหรับข้อสอบที่ได้รับใน 2 ระดับ คือ α_1 และ α_2 ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการตอบถูกใน LCDM นิยามได้ดังนี้

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha_i) = \frac{e^{\lambda_{j1}\alpha_1 + \lambda_{j2}\alpha_2 + \lambda_{j12}\alpha_1\alpha_2 - \eta_j}}{1 + e^{\lambda_{j1}\alpha_1 + \lambda_{j2}\alpha_2 + \lambda_{j12}\alpha_1\alpha_2 - \eta_j}}$$

โมเดลแอลซีดีเอ็มสามารถอธิบายโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้อย่างทั่วไป ไม่ว่าจะ เป็นโมเดลเชื่อมต่อ (conjunctive model) เช่น โมเดลดีไอเอ็นเอ ซึ่งเป็นโมเดลทดแทนไม่ได้ (non – compensatory models) และโมเดลไม่เชื่อมต่อ (disjunctive model) เช่น โมเดลดีไอเอ็นโอ โมเดลจีดีเอ็ม ซึ่งเป็นโมเดลทดแทนได้ (compensatory models)

โมเดลแอลซีดีเอ็ม ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu (Rupp และ Templin, 2008)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้โมเดลแอลซีดีเอ็ม นั้น Henson, Templin และ Willse (2009) ได้ประยุกต์ใช้ LCDM ข้อมูลการวัดเรื่องการลบเศษส่วน จากผู้สอบ 2,144 คน ซึ่งเก็บข้อมูลโดย Tatsuoka ในปี 1990 โดยเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Templin, Henson และ Douglas ในปี 2006 ซึ่งใช้ข้อสอบ 13 ข้อ จำแนกคุณลักษณะที่ใช้ออกเป็น 4 คุณลักษณะ โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ โดยที่ LCDM ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus พบว่า ในงานวิจัยเดิม โมเดลดีไอเอ็นเอ เหมาะสมกับ ข้อมูล แต่ LCDM ไม่เหมาะสมสำหรับทุกข้อ บางข้อมีข้อจำกัดที่ Q – matrix และจำนวน พารามิเตอร์รวมในแต่ละข้อ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสูง (standard error) จึงให้ ข้อเสนอแนะว่าควรมีการพัฒนาการประมาณค่าพารามิเตอร์เริ่มต้น และความแม่นยำในการประมาณ ค่า

2.4.2 การเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้ง 8 โมเดลที่ได้ศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วย

- 1) โมเดลรูลสเปซ (Rule Space Model: RSM) 2) วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method: AHM) 3) โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model: DINA) 4) โมเดลเอ็นไอดีเอ (noisy input, deterministic “and” gate Model: NIDA) 5) โมเดลฟิวชั่น (โมเดลฟิวชั่น: FM) 6) โมเดลดีไอเอ็นโอ (deterministic input, noisy “or” gate model: DINO) 7) โมเดลจีดีเอ็ม (General Diagnostic Model: GDM) และ 8) โมเดลแอลซีดีเอ็ม (Log – Linear Cognitive Diagnosis Model: LCDM) ที่นำเสนอมาข้างต้นนั้น แต่ละโมเดลมีจุดเด่นและข้อจำกัด แตกต่างกันไป การเลือกที่จะประยุกต์ใช้โมเดลใดนั้น ขึ้นอยู่กับบริบทของเรื่องที่จะศึกษา โดยขอ นำเสนอรายละเอียดแต่ละโมเดลในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) ประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 2) การนำโมเดลไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และ 3) วิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์และ software ที่ใช้ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1) ประเภทของโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นมาเฉพาะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 คือโมเดลทดแทนไม่ได้ (non – compensatory model) เป็นโมเดลที่ความสามารถในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่สูงกว่าไม่สามารถทดแทนหรือประมาณค่าความสามารถในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่ต่ำกว่าได้ ซึ่งเป็นลักษณะของโมเดลเชื่อมต่อ (conjunctive model) เป็นโมเดลที่ผู้สอบต้องมีทุกทักษะที่ได้รับในการทำข้อสอบแต่ละข้อ การตอบแฝงจึงจะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าผู้สอบขาดแม้แต่ทักษะเดียวแล้ว การตอบแฝงจะมีค่าเท่ากับ 0 ได้แก่ โมเดลรูสสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลดีไอเอ็นเอ โมเดลเอ็นไอดีเอ และ โมเดลฟิวชั่น ส่วนประเภทที่ 2 คือโมเดลทดแทนได้ (compensatory model) เป็นโมเดลที่ความสามารถในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่สูงกว่าสามารถทดแทนหรือประมาณค่าความสามารถในคุณลักษณะที่ได้รับในระดับที่ต่ำกว่าได้ ซึ่งเป็นลักษณะของโมเดลที่ไม่เชื่อมต่อ (disjunctive model) เป็นโมเดลที่ผู้สอบต้องมีอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับในการทำข้อสอบแต่ละข้อ การตอบแฝงมีค่าเท่ากับ 1 และถ้าผู้สอบไม่มีทุกทักษะ การตอบแฝงจะมีค่าเท่ากับ 0 ได้แก่ โมเดลดีไอเอ็นโอ โมเดลจีดีเอ็ม และโมเดลแอลซีดีเอ็ม

2) การนำโมเดลไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์

โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นำเสนอในที่นี้นั้น โมเดลที่ประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้รับการยืนยันจากผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูล (Model Fit) คือ โมเดลรูสสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลจีดีเอ็ม โมเดลดีไอเอ็นเอ โมเดลดีไอเอ็นโอ และ โมเดลฟิวชั่น ส่วนโมเดลที่ยังไม่เหมาะสมกับข้อมูล คือ โมเดลแอลซีดีเอ็ม ซึ่งอยู่ในระหว่างการศึกษาค้นคว้าในเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่จะทำให้โมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูล และโมเดลเอ็นไอดีเอ แต่โมเดลเอ็นไอดีเอ นั้น Dibello, Stour และ Roussos (1995 อ้างถึงใน de la Torre และ Douglas, 2004) ได้พัฒนาโมเดลยูนิไฟด์ (unified) ซึ่งเป็นการขยายโมเดลเอ็นไอดีเอ จากนั้นได้ปรับพารามิเตอร์ (re – parameterized) ของโมเดลยูนิไฟด์ เป็นโมเดลฟิวชั่น

ถึงแม้ว่าโมเดลรูสสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลจีดีเอ็ม โมเดลดีไอเอ็นเอ โมเดลดีไอเอ็นโอ และโมเดลฟิวชั่น เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมกับข้อมูล แต่บางโมเดลก็มีข้อจำกัดดังนี้

โมเดลรูทสเปซ มีข้อจำกัดอยู่ที่อาจให้ผลวินิจฉัยไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการวินิจฉัยดำเนินการหลังจากสร้างแบบทดสอบเรียบร้อยแล้ว การจำแนกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้อจึงอาจไม่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือความรู้แต่ละเรื่องของผู้สอบต้องมี และการลำดับชั้นคุณลักษณะไม่ใช่สิ่งจำเป็น เนื่องจากคุณลักษณะเป็นอิสระต่อกัน แต่คุณลักษณะทางพุทธิปัญญาต้องสร้างให้เป็นลำดับชั้น

วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ มีจุดเด่นอยู่ที่การให้คำจำกัดความของค่าว่าคุณลักษณะ (attribute) ชัดเจนขึ้น กำหนดให้มีการจำแนกคุณลักษณะก่อนการพัฒนาแบบสอบ และกำหนดให้คุณลักษณะมีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้น ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบแต่ละข้อเป็นไปตามลำดับชั้นทางพุทธิปัญญาอย่างชัดเจน ทำให้การวินิจฉัยจากแบบแผนการตอบข้อสอบให้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์และมีความชัดเจนขึ้น แต่โมเดลก็ยังมีข้อจำกัดในประเด็นของการจำแนกแบบแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้อาจไม่ชัดเจน หากแผนการตอบข้อสอบที่สังเกตได้นั้นไม่ตรงกับแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวังใดเลย

โมเดลจีดีเอ็ม และโมเดลพีวชัน ต้องใช้ software เฉพาะในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และโมเดลดีไอเอ็นโอ มีความเหมาะสมกับข้อมูลในทางจิตวิทยาเท่านั้น

3) วิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์และ software ที่ใช้

โมเดลรูทสเปซ ประมาณค่าความน่าจะเป็นของแบบแผนของสถานะความรู้แต่ละแบบ โดยใช้หลัก Boolean algebra ด้วยโปรแกรม BUGLIB ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ tatsuoka@prodigy.net

วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ ประมาณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบในแต่ละข้อจากแบบแผนการตอบข้อสอบที่คาดหวัง โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องกับบุคคล (person - fit indices) จากโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องโดยใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT model) และจำแนกแบบแผนการตอบที่สังเกตได้ด้วยโปรแกรม AHM ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ mark.gierl@ualberta.edu

โมเดลดีไอเอ็นเอ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Joint Maximum Likelihood วิธี Marginal Maximum Likelihood และวิธี Markov Chain Monte Carlo โดยใช้ Expectation Maximization (EM) algorithm และ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม R ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ alexander.robitzsch@iqb.hu-berlin.de และโปรแกรม Ox ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ j.delatorre@rutgers.edu

โมเดลเอ็นไอดีเอ ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu

โมเดลฟิวชั่น ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Arpeggio ซึ่งเป็น commercial คู่มือข้อมูลเพิ่มเติมที่ www.assess.com

โมเดลดีไอเอ็นไอ ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม R ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ alexander.robitzsch@iqb.hu-berlin.de

โมเดลจีดีเอ็ม ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย Marginal Maximum Likelihood (MML) ด้วยโปรแกรม MDLTM ซึ่งเป็น research license ติดต่อได้ที่ mvondavier@ets.org

โมเดลแอลซีดีเอ็ม ประมาณค่าด้วยวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่งเป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu

เมื่อเปรียบเทียบโมเดลวินิจัยทั้ง 8 โมเดล โดยเริ่มจากประเด็นแรก ประเภทของโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญา ประเด็นที่สอง การนำโมเดลไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และประเด็นสุดท้าย วิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์และ software ที่ใช้ พบว่า

ประเด็นแรก เมื่อพิจารณาถึงประเภทของโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญา โมเดลประเภทที่ 1 โมเดลทดแทนไม่ได้ (non-compensatory model) เหมาะกับการประเมินเชิงวินิจัยทางการศึกษา ในลักษณะของการวัดความรู้ความสามารถ (de la Torre, 2008 อ้างถึงใน Huebner, Wang, และ Lee, 2009) ในขณะที่โมเดลประเภทที่ 2 โมเดลทดแทนได้ (compensatory model) เหมาะกับประเมินทางจิตวิทยา ในลักษณะของการวินิจัยความผิดปกติทางจิต (Templin และ Henson, 2006) ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่ใช้ในการตัดสินใจยอมรับในแต่ละคุณลักษณะ ประเภทของโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่เหมาะสมกับการนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ คือ โมเดลประเภทที่ 1 โมเดลทดแทนไม่ได้ (non-compensatory model) ซึ่งได้แก่ โมเดลรูลสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลดีไอเอ็นไอ โมเดลเอ็นไอดีเอ และโมเดลฟิวชั่น

ประเด็นที่สอง เมื่อพิจารณาถึงการนำโมเดลไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่ได้จากการพิจารณาในประเด็นแรก โมเดลที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลได้แก่ โมเดลรูลสเปซ วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ โมเดลดีไอเอ็นไอ และ โมเดลฟิวชั่น

สำหรับประเด็นสุดท้าย เมื่อพิจารณาถึง วิธีในการประมาณค่าพารามิเตอร์และ software ที่ใช้ เพื่อความสะดวก ประหยัด และง่ายในการนำ software มาใช้งาน จึงควรเลือกโมเดลที่สามารถประมาณค่าได้จาก software ที่มีอยู่ทั่วไป ดังนั้น โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่เลือกมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ โมเดลดีไอเอเอ็นเอ (deterministic input, noisy “and” gate model)

นอกจากนี้ โมเดลดีไอเอเอ็นเอ เป็นโมเดลที่ประหยัด (parsimonious) เพราะสามารถแปลผลได้จาก 2 พารามิเตอร์ในแต่ละข้อ คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) เมื่อแปลผลได้จากเพียง 2 พารามิเตอร์ จึงทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ทำได้ง่าย สามารถทำได้สำเร็จภายในไม่กี่วินาทีหรือไม่กี่นาที แต่โมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูล (Good Model Fit) (de la Torre, 2009) ที่สามารถประมาณค่าได้อย่างถูกต้อง โดยที่คุณลักษณะที่ได้มานั้น ต้องผ่านการไตร่ตรองและตรวจสอบมาอย่างดีแล้ว

รายละเอียดของการการเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้ง 8 โมเดลที่นำเสนอ แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลการเปรียบเทียบโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โมเดล	ประเภทของโมเดล วินิจฉัยทาง พุทธิปัญญา		วิธีประมาณ ค่าพารามิเตอร์	Soft ware ที่ ใช้	แหล่งติดต่อ software	การนำ โมเดลไป ประยุกต์ใช้	จุดเด่น/ข้อจำกัด ของโมเดล
	Non- compen satory	Compen satory					
RSM	✓		ประมาณค่าความ น่าจะเป็นของ แบบแผนของ สถานะความรอบ รู้แต่ละแบบ	BUGLIB	tatsuoka@ prodigy.net (research license)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	ก า ร วิ นิ ฉ ย ดำเนินการหลังจาก สร้างแบบทดสอบ เรียบร้อยแล้ว อาจ ไม่ครอบคลุมทุก คุณลักษณะ
AHM	✓		ประมาณค่าความ น่าจะเป็นในการ ตอบข้อสอบในแต่ ละข้อและจำแนก แบบแผนการ ตอบที่สังเกตได้	AHM	mark.gierl@ ualberta. edu (research license)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	ก า ห น ด ใ ห้ คุณลักษณะมี ความสัมพันธ์เป็น ลำดับชั้นทางพุทธิ ปัญญาอย่างชัดเจน แต่การจำแนกแบบ แผนการตอบ ข้อสอบที่สังเกตได้ อาจไม่ชัดเจน

โมเดล	ประเภทของโมเดล วินิจฉัยทาง พุทธิปัญญา		วิธีประมาณ ค่าพารามิเตอร์	Soft ware ที่ ใช้	แหล่งติดต่อ software	การนำ โมเดลไป ประยุกต์ใช้	จุดเด่น/ข้อจำกัด ของโมเดล
	Non- compen satory	Compen satory					
DINA	✓		JML MML MCMC	Mplus	jtemplin@ uga.edu (freeware)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	เป็น โมเดล ที่ ประหยัด (parsimonious) แล ผลได้จาก 2 พารามิเตอร์ในแต่ละ ข้อ ประมาณ ค่าพารามิเตอร์ด้วย software ที่มีอยู่ ทั่วไป
				R	alexander. robitzsch@ iqb.hu- berlin.de (freeware)		
				Ox	j.delatorre @rutgers.ed u (freeware)		
NIDA	✓		MCMC	Mplus	jtemplin@ uga.edu (freeware)	โมเดลยังไม่มี ควา ม เหมาะสมกับ ข้อมูล	ถูกขยายเป็นโมเดล unified จากนั้นได้ re - parameterized เป็นโมเดล FM
FM	✓		MCMC	Ar peggio	www.assess .com (commercial)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	ต้อง ใช้ software เฉพาะ
DINO		✓	MCMC	Mplus	jtemplin@ uga.edu (freeware)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	มีความเหมาะสมกับ ข้อมูล ใน ทาง จิตวิทยา
				R	alexander. robitzsch@ iqb.hu- berlin.de (freeware)		

โมเดล	ประเภทของโมเดล วินิจฉัยทาง พุทธิปัญญา		วิธีประมาณ ค่าพารามิเตอร์	Soft ware ที่ใช้	แหล่งติดต่อ software	การนำ โมเดลไป ประยุกต์ใช้	จุดเด่น/ข้อจำกัด ของโมเดล
	Non- compen satory	Compen satory					
GDM		✓	MML	MDLTM	mvondavie r@ets.org (research license)	โมเดลมีความ เหมาะสมกับ ข้อมูล	ต้อง ใช้ software เฉพาะ
LCDM		✓	MCMC	Mplus	jtemplin@ uga.edu (freeware)	โมเดลยังไม่มี ค ว า ม เหมาะสมกับ ข้อมูล	อ ยู่ ใน ระ ห ว่ า ง การศึกษาค้นคว้าใน เชิงทฤษฎี

2.5 การรายงานผลการวินิจฉัย

การรายงานผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะ เป็นลักษณะเฉพาะที่ได้จากการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ผลการวินิจฉัยจะนำเสนอเป็นรายบุคคล ซึ่งประกอบด้วยความน่าจะเป็นของความรอบรู้ของผู้สอบในแต่ละคุณลักษณะตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยอธิบายรายละเอียดของผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะด้วย เพื่อเป็นการนำผลการวินิจฉัยไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (Rupp, Templin และ Henson, 2010)

ตัวอย่างใบการรายงานผลการวินิจฉัยอย่างง่าย

ในการวินิจฉัย 6 คุณลักษณะ และกำหนดเกณฑ์จุดตัดความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ ดังนี้

ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ มากกว่า 0.5 หมายถึง มีความรอบรู้ (Mastery) แทนด้วยสัญลักษณ์ 😊

ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 หมายถึง ไม่มีความรอบรู้ (Non - mastery) แทนด้วยสัญลักษณ์ 😞

ผลการวินิจฉัยของ.....ชั้น..... โรงเรียน.....

คุณลักษณะที่	1	2	3	4	5	6
ความน่าจะเป็นของความรอบรู้	0.10	0.75	0.55	0.90	0.25	0.45
ผลการวินิจฉัย	😞	😊	😊	😊	😞	😞

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

Leighton, Gokiert, Cor และ Heffernan (2010) ทำการสำรวจความเชื่อเกี่ยวกับสารสนเทศที่ได้จากการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาของครูมัธยมศึกษาของการทดสอบในห้องเรียนและการทดสอบขนาดใหญ่สำหรับ 1) การให้สารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน 2) การส่งผลต่อการเรียนรู้ที่สำคัญของนักเรียน และ 3) การดิงการเรียนรู้หรือกลยุทธ์ที่ใช้ในการสอบสำหรับการสอบที่ประสบความสำเร็จ โดยการสำรวจจากครูที่สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 600 คน จาก 25 โรงเรียน ในประเทศแคนาดา โดยใช้ข้อคำถามปลายปิดที่ถามการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในสามหมวดคือ 1) กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน 2) การเรียนรู้ที่สำคัญ และ 3) การเรียนรู้กับกลยุทธ์ในการสอบที่ประสบความสำเร็จ ผลการศึกษาการเปรียบเทียบพบว่า ครูเชื่อว่าการสอบในห้องเรียนให้สารสนเทศเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามากกว่าการทดสอบขนาดใหญ่ในเรื่องเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน การเรียนรู้ที่สำคัญของนักเรียน และการใช้กลยุทธ์ในการเรียนรู้ การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาไม่ได้เป็นการตัดสินคุณค่าเกี่ยวกับพุทธิปัญญาของนักเรียน แต่เป็นโมเดลที่อิงข้อมูลเชิงประจักษ์ของการเรียนรู้ของนักเรียนตามระดับความรู้ที่แตกต่างกันเพื่อสนองต่อลักษณะการประเมิน ลักษณะของความสามารถในการประเมินของครูจึงจำเป็นเพื่อการสื่อสารความต้องการในการพัฒนาการประเมินแบบใหม่

Jang (2008) ศึกษากรอบสำหรับการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เนื่องจากนักวิจัยและครูใช้การวินิจฉัยปรับปรุงการประเมินเพื่อประเมินและกำกับผู้เรียน โดยเฉพาะทักษะด้านภาษา ปัจจุบันความรู้ด้านเทคนิคในการประเมินนี้เหมาะสมที่สุดในการจำแนกระหว่างผู้เรียน โดยการศึกษาครั้งนี้เสนอวิธีการประเมินคือ วิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ซึ่งเป็นวิธีสำหรับออกแบบและแปลความหมายของการประเมินเชิงวินิจฉัย นักวิจัยจำเป็นต้องพัฒนาการทดสอบวินิจฉัยเพื่อวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนของผู้เรียนในทักษะที่ทดสอบ ซึ่งแบบสอบวินิจฉัยจำเป็นต้องมีการออกแบบที่เป็นระบบและมีหลายขั้นตอน กรอบในการออกแบบการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีขั้นตอนดังนี้ 1) การกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้และการเรียนการสอนที่เป็นเกณฑ์สำหรับเนื้อหาที่วินิจฉัย 2) การออกแบบงานที่เฉพาะซึ่งให้ข้อมูลเชิงวินิจฉัยในการประเมินความสามารถของผู้เรียนตามเป้าหมาย 3) การพัฒนาระบบการให้คะแนนที่ให้สารสนเทศเชิงวินิจฉัยที่ละเอียด และ 4) การรายงานผลการวินิจฉัยที่เหมาะสมเพื่อได้ประโยชน์สูงสุด

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญามีจุดมุ่งหมายคือ การประเมินที่ใช้เพื่อการเรียนรู้และประเมินกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเป็นการประเมินผลลัพธ์จากการเรียนรู้ โดยการให้สารสนเทศที่จำเป็นกับครูเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนและการเรียนรู้ในชั้นเรียน ครูสามารถใช้สารสนเทศเชิงวินิจฉัยความก้าวหน้าเพื่อออกแบบวิธีการสอน การประเมิน ทรพยากรการเรียนการสอน และซ่อมเสริมจุดอ่อนของนักเรียน วิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยสนับสนุนให้นักเรียนใช้การประเมินเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้

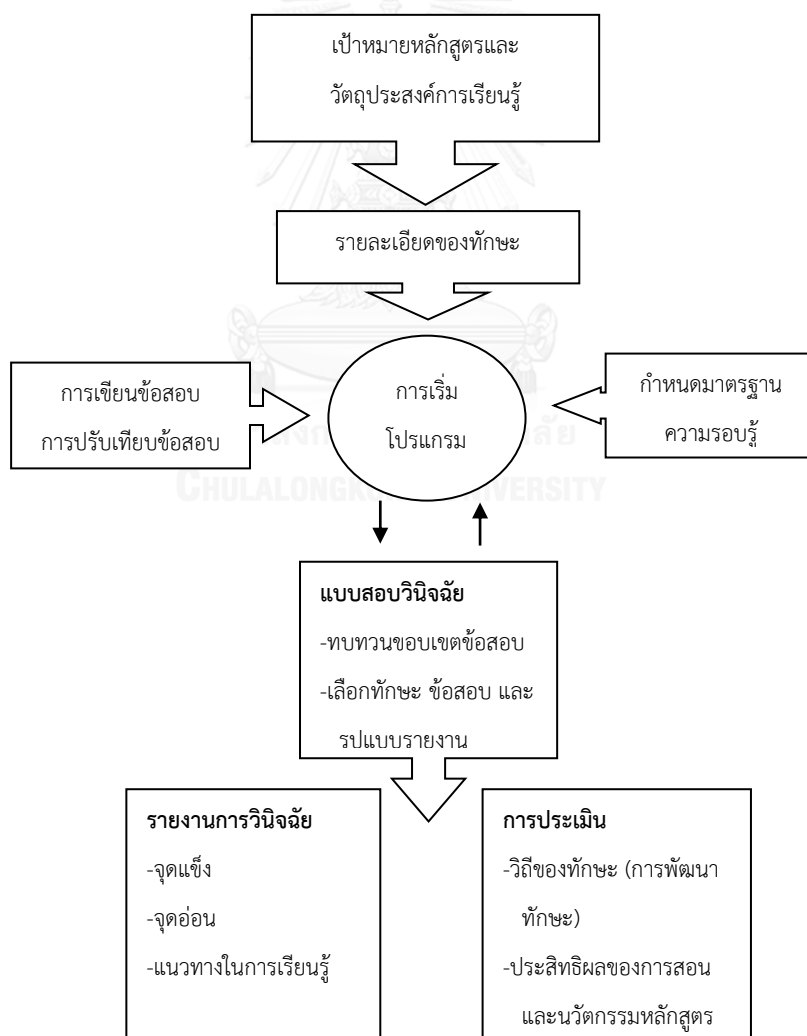
ลักษณะเฉพาะของทักษะทางพุทธิปัญญา

การประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาต้องการแบบสอบที่อยู่บนฐานของทฤษฎีที่สำคัญของคุณลักษณะซึ่งอธิบายกระบวนการทางพุทธิปัญญาผ่านการปฏิบัติภาระงานของผู้เรียน ซึ่งต้องการรายละเอียดที่กำหนดอย่างชัดเจน เช่น อธิบายข้อสอบหรือลักษณะของงาน ซึ่งมีเป้าหมายในการดึงคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาออกมา ซึ่งการศึกษาเรื่องนี้ พัฒนาการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยในการให้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างทันเวลานักเรียนจะได้รับรายงานวินิจฉัยรายบุคคล ครูและนักเรียนสามารถประชุมกันเพื่ออภิปรายจากผลที่ได้ ผู้บริหารโรงเรียนและผู้พัฒนาหลักสูตรจะได้รับรายงานสรุปถึงทักษะที่เป็นจุดแข็งและจุดอ่อนของนักเรียน ซึ่งสามารถใช้สารสนเทศเพื่อประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมหลักสูตร

ประโยชน์ของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยคอมพิวเตอร์

ประโยชน์สูงสุดของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา สำหรับใช้ในการเรียนการสอนและการเรียนรู้ ผลวินิจฉัยจากการประเมินควรเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับเนื้อหาหลักสูตรอย่าง

เพียงพอ หากการประเมินเชิงวิจิจฉัยถูกพัฒนาตามกรอบหลักการออกแบบ การประเมินเชิงวิจิจฉัยโดยทั่วไปในการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถบอกถึงรายละเอียดของหลักสูตรได้ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริบทในการเรียนรู้ ดังนั้น การนำเทคโนโลยีมาใช้จึงมีความจำเป็นเพื่อความตระหนักในศักยภาพของการประเมินเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญา การใช้การประเมินเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยคอมพิวเตอร์ มีความสำคัญมากในการให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันต่อเวลา ในการพัฒนากรอบการประเมินเชิงวิจิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งเน้นการร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนร่วมทางการศึกษาจำนวนมากในด้านการทดสอบและการปฏิบัติทางการศึกษา ผู้มีส่วนร่วมอาจรวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมิน ครู นักเรียน ผู้บริหารโรงเรียน และผู้ออกนโยบายการศึกษา ซึ่งการร่วมมือจำเป็นต้องดำเนินการตลอดระยะของการพัฒนาการประเมิน การดำเนินการ และการประเมินผล กิจกรรมที่ร่วมมือกันในการประเมินเชิงวิจิจฉัยทางปัญญา การประเมินเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยคอมพิวเตอร์ สรุปได้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การประเมินเชิงวิจิจฉัยทางพุทธิปัญญาด้วยคอมพิวเตอร์

การพัฒนากระบวนประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเริ่มโดยการกำหนดเป้าหมายหลักสูตร และระบุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ทฤษฎีการเรียนรู้จะถูกนำมาใช้และประเมินผลในความคาดหวังของ หลักสูตรและวิธีการเรียนการสอน ความสอดคล้องของเป้าหมายของหลักสูตรและวัตถุประสงค์การเรียนรู้จะมีความชัดเจนในการระบุโดยครู ครูจะทำให้ทักษะทางภาษาที่เป็นเป้าหมายในการศึกษา ชัดเจนขึ้น และกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อช่วยในการพัฒนาทักษะที่กำหนดไว้ และความหวัง ระดับการรับรู้ของทักษะตลอดปีการศึกษา แม้ว่าครูจะถูกคาดหวังให้แสดงบทบาทหลัก (primary) ผู้เชี่ยวชาญทางการประเมินและผู้พัฒนาหลักสูตรจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับกิจกรรมเพื่อความเข้าใจใน เป้าหมายหลักสูตรและวัตถุประสงค์การเรียนรู้

จากการศึกษาด้วยโมเดลนี้ ทำให้ทราบถึงประโยชน์ในการใช้ผลเชิงประเมิน คือ ครูสามารถใช้ผลเพื่อสะท้อนวิธีการจัดการเรียนการสอนและวางแผนการซ่อมเสริมเพื่อช่วยนักเรียนเป็น รายบุคคล ครูต้องสนับสนุนนักเรียนที่ตระหนักถึงกลวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนและกำกับติดตามผล ของกลวิธีที่นักเรียนใช้ นักเรียนสามารถมีส่วนร่วมในกิจกรรมการพัฒนาทักษะที่หลากหลาย เช่น การแสดงบทบาท การพัฒนานักเรียนให้มีความชำนาญมากขึ้น หรือ กิจกรรมการคิดออกเสียงทั้งแบบ รายบุคคลหรือแบบกลุ่มเล็ก ความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น สังคมวัฒนธรรม ภูมิหลังทางภาษา และประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีมาก่อนจำเป็นต้องถูกพิจารณาเพื่อประสิทธิผลของกิจกรรมการสร้าง ทักษะ การประเมินเชิงวินิจฉัยความก้าวหน้าจำเป็นต้องเกิดขึ้นอย่างเป็นปกติในการเรียนการสอน ซึ่ง ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจะถูกประเมินในระยะยาว ครูสามารถใช้ผลการทดสอบที่ รวบรวมได้สื่อสารหรือถ่ายทอดให้กับพ่อแม่ ผู้บริหารโรงเรียน และผู้พัฒนาหลักสูตรเพื่อส่งเสริม คุณภาพผลการเรียนรู้และระบุถึงทรัพยากรที่จำเป็นได้

ตอนที่ 3 โมเดลดีไอเอ็นเอ

โมเดลดีไอเอ็นเอ เกิดขึ้นจากผลงานของ Macready และ Dayton ในปี 1977 แต่ผู้ที่ตั้งชื่อ โมเดลนี้ว่า DINA คือ Junker และ Sijtsma ปี 2001 ซึ่งเป็นชื่อย่อที่ผสมขึ้นจากอักษรต้นของชื่อเต็ม Deterministic Input, Noisy “And” gate มีคุณสมบัติเหมือนกันกับโมเดลการตอบสนองแบบพหุ มิติแบบไม่สามารถทดแทนได้

โมเดลดีไอเอ็นเอ (Junker และ Sijtsma, 2001, Templin และ Henson, 2006 และ de la Torre, 2009) เมื่อ x_{ij} คือการตอบข้อสอบของผู้สอบคนที่ i ในข้อที่ j เมื่อ $i = 1, \dots, I$ และ $j = 1, \dots, J$ และ เมื่อ $\alpha_j = \{\alpha_{jk}\}$ คือ เวกเตอร์ของทักษะที่แบ่งเป็นสองค่า (binary) ของผู้สอบ $k = 1, \dots, K$ ขณะที่ 1 ที่แทนใน k แสดงถึงความรอบรู้ของทักษะ k และ 0 คือ ความไม่รอบรู้ เมื่อการแปล ผลทั่วไปเป็นไปอย่างที่ตั้งใจไว้ คุณลักษณะ (attribute) ถูกรวมไว้ในทักษะ ความรู้ หรือกระบวนการ

ทางพุทธิปัญญา การประยุกต์ใช้โมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้รับการสร้าง Q – matrix ที่เป็นเมทริกซ์ $J \times K$ ของค่าที่เป็น 0 และ 1 เมทริกซ์นี้แถวแทนด้วย j และคอลัมน์แทนด้วย k แล้ว q_{jk} ชี้ให้เห็นถึงทักษะ k ที่ได้รับในการตอบอย่างถูกต้องในข้อ j Q – matrix สามารถแสดงให้เห็นเมทริกซ์ของการออกแบบทางพุทธิปัญญาที่จำแนกความเฉพาะเจาะจงทางพุทธิปัญญาแต่ละข้ออย่างชัดเจน

ในโมเดลไอเอ็นเอ เวกเตอร์ทักษะของผู้สอบ (examinee's skill vector) และ Q – matrix สร้างเป็นเวกเตอร์การตอบแฝง (latent response vector) $\eta_i = \{\eta_{ij}\}$ เมื่อ

$$\eta_{ij} = \prod_{k=1}^K \alpha_{ik}^{q_{jk}} \quad (1)$$

การตอบแฝงในสมการที่ 1 มีค่าเป็น 1 ถ้าผู้สอบคนที่ i มีทุกทักษะที่ได้รับสำหรับข้อ j และมีค่าเป็น 0 ถ้าขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับ ในส่วนของ “and” gate ของโมเดล อ้างถึงกระบวนการเชื่อมต่อ (conjunction process) ในการกำหนด η_{ij} ในการตอบถูกในข้อที่ได้รับที่มีอยู่ทั้งหมด กำหนดทักษะสำหรับข้อสอบ ดังนั้น โมเดลไอเอ็นเอ แสดงถึงคุณสมบัติเดียวกันกับ standard non – compensatory multidimensional IRMs กล่าวคือ โมเดลไอเอ็นเอ เป็นโมเดลเชื่อมต่อ ซึ่งหมายความว่า ขาดเพียง 1 คุณลักษณะก็ไม่สามารถทดแทนได้โดยคุณลักษณะอื่นที่สำคัญกว่า ถ้ากระบวนการกำหนดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เช่น ไม่มีความคลาดเคลื่อน เวกเตอร์การตอบแฝงจะระบุได้อย่างชัดเจนหรือเป็นเวกเตอร์การตอบที่สังเกตได้ ส่วน noise เป็นพารามิเตอร์ความคลาดเคลื่อนของความสะเพร่า (slip) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (guessing) นั่นคือ ผู้สอบคนที่มีความคลาดเคลื่อนจากความสะเพร่า หรือการทำข้อสอบพลาด และผู้สอบที่ขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับสามารถเดาและยังคงคำตอบที่ถูกต้องกับชนิดของความน่าจะเป็นที่ไม่เป็นศูนย์ (nonzero probabilities)

ในโมเดลไอเอ็นเอ พารามิเตอร์ความสะเพร่าและพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูกของข้อที่ j แทนด้วย $s_j = P(X_{ij} = 0 | \eta_{ij} = 1)$ และ $g_j = P(X_{ij} = 1 | \eta_{ij} = 0)$ ตามลำดับ ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผู้สอบคนที่ i กับเวกเตอร์ทักษะ α_i ตอบข้อ j อย่างถูกต้อง แทนด้วย

$$P_j(\alpha_i) = P(X_{ij} = 1 | \alpha_i) = g_j^{1-\eta_{ij}} (1 - s_j)^{\eta_{ij}} \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 นี้ การตอบข้อสอบอย่างถูกต้อง ได้รับในผู้สอบคนที่มีความคลาดเคลื่อนที่ไม่มี ความคลาดเคลื่อนของแบบแผนการตอบ และผู้สอบคนที่ขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับก็เป็นการเดาอย่างถูกต้อง ข้อสำคัญถ้าไม่มีการเดาและไม่มีความคลาดเคลื่อนของแบบแผนการตอบ การประมาณค่าโมเดลของการตอบข้อสอบที่ถูกในข้อสอบมีค่า 0 หรือ 1 นั่นคือ การตอบถูกกำหนดอย่างเดียว

เท่านั้น โดยปฏิสัมพันธ์ของ α และ เวกเตอร์ Q สำหรับรายชื่อ อย่างไรก็ตาม de la Torre และ Douglas (2004) กล่าวว่า การเดาในบริบทนี้มีบทบาทในการแปรผลทั่วไป มันไม่ได้จำกัดการได้รับการตอบที่ถูกผ่านการตอบอย่างสุ่ม แต่เป็นการใช้วิธีอื่นนอกเหนือจากที่มีใน Q - matrix เช่น ถ้าข้อสอบสามารถแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะอื่น ผู้สอบมีทักษะนี้แต่ไม่ได้กำหนดใน Q - matrix อาจดูเหมือนว่าเดา แต่ความจริงระบบการคิดแตกต่างจากกระบวนการที่กำหนด

โมเดลไอเอ็นเอ มีเงื่อนไขบังคับว่า $1 - s_j > g_j$ เมื่อ s_j คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า ค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นที่เป็นความสะเพร่า $1 - s_j$ เป็นความน่าจะเป็นของการตอบถูกในข้อที่ j ถ้าทุก Q - matrix ระบุว่ามีความรอบรู้ในคุณลักษณะ g_j เป็นพารามิเตอร์ของการเดาข้อสอบถูก เป็นค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของความไม่รอบรู้อย่างน้อยการตอบหนึ่งทักษะที่จำเป็นที่ตอบถูกโดยการเดา ดังนั้น ผู้สอบที่รอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ได้รับ $\eta_{ij} = 1$ จะมีความน่าจะเป็นในการตอบถูกสูงกว่าคนที่ไม่รอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ได้รับ $\eta_{ij} = 0$

การพิจารณาคคุณภาพของแบบสอบของโมเดลเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญานั้น สำหรับโมเดลไอเอ็นเอ คุณภาพของแบบสอบรายชื่อ สามารถพิจารณาได้จากค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และ พารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ซึ่งแบบสอบที่ดี แต่ละข้อค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และ พารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ต้องมีค่าไม่เกิน 0.2 (Rupp, Templin และ Henson, 2010 และ de la Torre, 2004)

นอกจากนี้ สิ่งที่ยังชี้คุณภาพของแบบสอบของโมเดลเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาอีกหนึ่งค่าคือ ดัชนีอำนาจจำแนกรายชื่อ (Item Discrimination Indices) ซึ่งหมายถึง ความสามารถของแบบสอบที่จะบอกความแตกต่างของผู้สอบระหว่างคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) (Rupp, Templin และ Henson, 2010) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างของความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) ดังสมการต่อไปนี้

$$d_j = P_{\alpha h} - P_{\alpha l}$$

เมื่อ	d_j	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายชื่อ (Item Discrimination Indices)
	$P_{\alpha h}$	คือ	ความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ)
	$P_{\alpha l}$	คือ	ความน่าจะเป็นของคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ)

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Indices) ในโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญา แบ่งออกเป็น 1) ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และ 2) ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) และสำหรับโมเดลดีไอเอ็นเอ ทั้งสองค่านี้สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index)

$$d_j = (1 - s_j) - g_j$$

เมื่อ	d_j	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ ข้อที่ j
	s_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์ความสับสน ข้อที่ j
	g_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก ข้อที่ j

ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index)

$$d_{j\alpha} = (1 - s_j) - g_j$$

เมื่อ	$d_{j\alpha}$	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ ข้อที่ j
	s_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์ความสับสน ข้อที่ j
	g_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก ข้อที่ j

จะเห็นได้ว่า ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และ ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) จะมีค่าเท่ากัน และแบบสอบที่มีคุณภาพ ในแต่ละข้อจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.6 ดังแสดงตัวอย่างการคำนวณในตารางที่ 2 และ 3 (Rupp, Templin และ Henson, 2010)

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) ของข้อสอบคณิตศาสตร์

ข้อคำถาม	Q - Matrix				s_j	g_j	d_j
	การบวก	การลบ	การคูณ	การหาร			
2+3-1=?	1	1	0	0	.08	.30	$(1-.08)-.30 = .62$
4/2 = ?	0	0	0	1	.05	.12	$(1-.05)-.12 = .83$
(5x3)-4 = ?	0	1	1	0	.15	.02	$(1-.15)-.02 = .83$
8+12 = ?	1	0	0	0	.05	.02	$(1-.05)-.02 = .93$

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างค่าดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และ ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) ของข้อสอบคณิตศาสตร์

ข้อคำถาม	$d_j\alpha$				d_j
	การบวก	การลบ	การคูณ	การหาร	
2+3-1=?	.62	.62	0	0	.62
4/2 = ?	0	0	0	.83	.83
(5x3)-4 = ?	0	.83	.83	0	.83
8+12 = ?	.93	0	0	0	.93

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลไอเอ็มเอ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (Item Parameter Estimation) ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ซึ่งประมาณค่าด้วยวิธี Joint Maximum Likelihood (JML) วิธี Marginal Maximum Likelihood (MML) และวิธี Markov Chain Monte Carlo (MCMC) โดยใช้ Expectation Maximization (EM) algorithm และ Markov Chain Monte Carlo (MCMC) algorithm และ 2) การประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ (Respondent Parameter Estimation) ได้แก่ ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) การประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 ส่วน ประมาณค่าด้วยวิธี Maximum Likelihood Estimation (MLE) วิธี Maximum a Posteriori (MAP) และวิธี Expected a Posteriori (EAP) ด้วยโปรแกรม Mplus ซึ่ง

เป็น freeware โดยขอรับ commercial version ได้ที่ jtemplin@uga.edu นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม R ด้วย CDM package ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ alexander.robitzsch@iqb.hu-berlin.de และโปรแกรม Ox ซึ่งเป็น freeware ขอรับได้ที่ j.delatorre@rutgers.edu (Rupp และ Templin, 2008)

ตอนที่ 4 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา

ในตอนนี้เป็น การนำเสนอรายละเอียดของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้น ซึ่งคะแนนที่ได้จากแบบสอบนี้ต้องสะท้อนถึงการวินิจัยที่ถูกต้องและแม่นยำ ดังนั้น จึงต้องมี การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ ทั้งที่เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ และการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขและยืนยันคุณภาพของแบบสอบก่อนที่จะนำไปทดสอบกับนักเรียน ช่วยให้การวินิจัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบมี 2 ลักษณะ คือ 1) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงกลุ่ม ซึ่งแบบสอบอิงกลุ่มจะเป็นการเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนแต่ละคนกับนักเรียนคนอื่น ๆ ในกลุ่มที่เรียนด้วยกัน แบบสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้จำแนกนักเรียนเป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน จึงเหมาะสำหรับการคัดเลือกหรือการแข่งขัน และ 2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงเกณฑ์ ซึ่งแบบสอบอิงเกณฑ์จะเป็นการเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนแต่ละคนกับเกณฑ์ที่กำหนด เป็นการประเมินความรอบรู้ในเนื้อหาหรือคุณลักษณะที่กำหนด ไม่คำนึงถึงความยาก แบบสอบที่สร้างขึ้นเพื่อวัดระดับความรู้หรือทักษะของนักเรียน จึงเหมาะสำหรับการเรียนการสอน และการวินิจัยความรอบรู้ของนักเรียน (เอมอร์ จังศิริพรปกรณ์, 2550 และ สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

สำหรับแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นแบบสอบอิงเกณฑ์ เนื่องจากเป็นแบบสอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อวินิจัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่นักเรียนใช้ในการเรียนเลขคณิต เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ดังนั้น จึงใช้หลักของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็น 1) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ประกอบด้วย ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และ 2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง และความตรง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ เป็นการนำเสนอผลการปรับปรุงและพัฒนาแบบสอบเป็นรายข้อตามสิ่งที่บ่งชี้ที่กำหนด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ สิ่งที่จะบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นเป็นรายข้อ ประกอบด้วย ค่าอำนาจจำแนก ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) พารามิเตอร์ความสะอาด (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j)

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index)

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Indices) หมายถึง ความสามารถของแบบสอบที่จะบอกความแตกต่างของผู้สอบระหว่างคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) (Rupp, Templin และ Henson, 2010) ซึ่งคำนวณได้จากผลต่างของความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) ดังสมการต่อไปนี้

$$d_j = P_{\alpha h} - P_{\alpha l}$$

เมื่อ	d_j	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Indices)
	$P_{\alpha h}$	คือ	ความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ)
	$P_{\alpha l}$	คือ	ความน่าจะเป็นของคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ)

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Indices) ในโมเดลวินิจัยทางพุทธิปัญญา แบ่งออกเป็น 1) ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และ 2) ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) และสำหรับโมเดลไอเอเอ็นเอ ทั้งสองค่านี้สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index)

$$d_j = (1 - s_j) - g_j$$

เมื่อ	d_j	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ ข้อที่ j
	s_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์ความสะอาด ข้อที่ j
	g_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก ข้อที่ j

ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index)

$$d_{j\alpha} = (1 - s_j) - g_j$$

เมื่อ	$d_{j\alpha}$	คือ	ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ ข้อที่ j
	s_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า ข้อที่ j
	g_j	คือ	ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก ข้อที่ j

จะเห็นได้ว่า ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Global – Item Discrimination Index) และ ดัชนีอำนาจจำแนกรายคุณลักษณะรายข้อ (Attribute – Specific Item Discrimination Index) จะมีค่าเท่ากัน และแบบสอบที่มีคุณภาพ ในแต่ละข้อจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.6

พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j)

s_j เป็นพารามิเตอร์ของความสะเพร่า เป็นค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของคนที่มีความรอบรู้ทุกคุณลักษณะที่ตอบผิดพลาด สามารถประมาณค่าได้จาก

$$s_j = P(X_{ij} = 0 | \eta_{ij} = 1)$$

พารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j)

g_j เป็นพารามิเตอร์ของการเดาข้อสอบถูก เป็นค่าที่จะประมาณค่าความน่าจะเป็นของคนที่มีความไม่รอบรู้อย่างน้อยหนึ่งคุณลักษณะที่ตอบถูกโดยการเดา สามารถประมาณค่าได้จาก

$$g_j = P(X_{ij} = 1 | \eta_{ij} = 0)$$

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ เป็นการนำเสนอผลการปรับปรุงและพัฒนาแบบสอบทั้งฉบับตามสิ่งที่บ่งชี้ที่กำหนด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ สิ่งที่จะบ่งชี้คุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง (วิธีของลิวิงตันและวิธีของโลเวท) และความตรง (ความตรงเชิงเนื้อหาและความตรงตามสภาพ)

ความเที่ยง

ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาหรือความแม่นยำของผลการวัดจากเครื่องมือชนิดเดียวกันที่ทำการวัดซ้ำ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 และ เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2550) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นการหาค่าความเที่ยงในลักษณะที่เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของคะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่แปรปรวนไปจากคะแนนจุดตัด โดยใช้แบบสอบฉบับเดียว ทดสอบนักเรียนกลุ่มเดียวและครั้งเดียว ใช้หลักของการคำนวณค่าความเที่ยงของแบบสอบอิงเกณฑ์ด้วยวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ซึ่งทั้ง 2 วิธี มีจุดต่างกันตรงที่ วิธีของลิวิงตันใช้ค่าความเที่ยงจากวิธีของ Kuder – Richardson ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าความเที่ยงของแบบสอบอิงกลุ่มมารวมคำนวณ แต่วิธีของโลเวทจะพิจารณาเฉพาะความแปรปรวนของคะแนนแต่ละคนจากคะแนนจุดตัดเท่านั้น (สมนึก ภัททิยธนี, 2549 และ พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2544) แต่ละวิธีมีสูตรการคำนวณดังนี้

วิธีของลิวิงตัน คำนวณได้จากสูตร

$$r_{cc} = \frac{r_{tt}S^2 + (\bar{X} - C)^2}{S^2 + (\bar{X} - C)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	คือ	ความเที่ยงของแบบสอบ
	r_{tt}	คือ	ความเที่ยงของแบบสอบซึ่งคำนวณด้วยวิธีของ Kuder – Richardson
	S^2	คือ	ความแปรปรวนของคะแนนสอบ
	\bar{X}	คือ	คะแนนเฉลี่ย
	C	คือ	คะแนนจุดตัด

วิธีของโลเวท คำนวณได้จากสูตร

$$r_{cc} = 1 - \frac{K \sum X_i - \sum X_i^2}{(K - 1) \sum (X_i - C)^2}$$

เมื่อ	r_{cc}	คือ	ความเที่ยงของแบบสอบ
	K	คือ	จำนวนข้อสอบทั้งหมด
	X_i	คือ	คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน
	C	คือ	คะแนนจุดตัด

ความตรง

ความตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องของเครื่องมือ ในการวัดสิ่งที่ต้องการวัด สำหรับ การศึกษาในครั้งนี้ จะเป็นการหาค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความตรงตาม สภาพ (Concurrent Validity) แต่ละประเภทมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

ความตรงเชิงเนื้อหา

ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่วัดได้ตรง และครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัด และเนื้อหาที่วัดเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดและครอบคลุม องค์ประกอบของคุณลักษณะที่ต้องการ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556 และ เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2550)

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจะอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญเป็นเกณฑ์ ว่าคำถามที่ สร้างขึ้นเป็นไปตามเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัดหรือไม่ การให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินความ สอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) จะมีแบบฟอร์มให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาเป็นรายข้อ โดยมีการระบุน้ำหนักคะแนนดังนี้

ถ้าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด ให้คะแนน +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด ให้คะแนน 0

ถ้าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด ให้คะแนน -1

จากนั้นหาผลรวมของคะแนนในแต่ละข้อคำถามของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด และนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อดูค่าความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) ซึ่งแบบสอบแต่ละข้อที่มีความตรงเชิงเนื้อหาจะมีค่า IOC ไม่ต่ำกว่า 0.6 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556 และ เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2550) ซึ่งแสดงสูตรการคำนวณดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC คือ ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ความตรงตามสภาพ

ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) เป็นประเภทย่อยของความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion – Related Validity) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือที่วัดได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอกและวัดได้ตรงตามสมรรถนะของสิ่งที่ต้องการวัดนั้นในสภาพปัจจุบัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556 และ เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2550)

การตรวจสอบความตรงตามสภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (Kappa หรือ Cohen's Kappa : K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง แต่ละวิธีมีสูตรการคำนวณดังนี้ (Landis และ Koch, 1977)

ค่าสัดส่วนความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าสัดส่วนของความสอดคล้อง} = \frac{\text{จำนวนนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยของ 2 วิธีตรงกัน}}{\text{จำนวนนักเรียนทั้งหมด}}$$

ค่าสถิติแคปปา (Kappa หรือ Cohen's Kappa : K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง คำนวณได้จากสูตร

$$K = \frac{nD - \sum t_i U_i}{n^2 - \sum t_i U_i}$$

เมื่อ	n	=	จำนวนความถี่ทั้งหมดในตาราง
	D	=	ผลรวมความถี่ในแนวทแยงมุมของตาราง
	t _i	=	ผลรวมความถี่ในแถวที่ i
	U _i	=	ผลรวมความถี่ในคอลัมน์ที่ i

ค่าสถิติแคปปา (K) ที่ได้เป็นค่าที่ใช้วัดความสอดคล้อง แปลผลได้ดังนี้

K อยู่ระหว่าง 0.81 – 1.00	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก
K อยู่ระหว่าง 0.61 – 0.80	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี
K อยู่ระหว่าง 0.41 – 0.60	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง
K อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.40	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับน้อย
K น้อยกว่า 0.2	แสดงว่าไม่มีความสอดคล้องกัน

เทคนิคการคิดออกเสียง

เทคนิคการคิดออกเสียง (Think – aloud technique) เป็นวิธีการหรือกระบวนการที่จัดทำขึ้นเพื่อให้บุคคลรายงานความคิดของตนออกมาเป็นคำพูด มักใช้กับการปฏิบัติงานเชิงวิชาการที่มีเป้าหมายเฉพาะ (Performance Task) เช่น งานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การตอบคำถามจากการทำการทดลอง การอ่านบทประพันธ์หรือบทเรียน เป็นต้น เทคนิคการคิดออกเสียงพัฒนามาจากวิธีการทบทวนความคิดของตน (Introspection Method) ซึ่งเป็นวิธีการที่นักจิตวิทยาใช้ในการศึกษาสิ่งที่อยู่ภายในจิตมนุษย์ เช่น กระบวนการทางพุทธิปัญญา ความรู้สึก ความสนใจ รูปแบบการเรียนรู้ เป็นต้น โดยพยายามค้นหาเหตุการณ์ที่แสดงถึงสิ่งที่อยู่ภายในจิตเหล่านั้นแล้วนำมาอธิบาย ติความ และสรุป วิธีการทบทวนความคิดของตนดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของความเชี่ยวชาญเฉพาะของผู้ศึกษาทำให้ไม่ได้รับการยอมรับเชื่อถือในประเด็นความเที่ยงและความตรง เทคนิคการคิดออกเสียงจึงพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ข้อจำกัดดังกล่าว โดยหลีกเลี่ยงการตีความข้อมูลจากบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ด้วยการทำความเข้าใจสิ่งที่บุคคลพูดเพื่อรายงานกระบวนการคิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นคำพูดง่าย ๆ ที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะเท่านั้น (อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551)

เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับงานการแก้ปัญหา (Problem - Solving Task) ซึ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์ต่าง ๆ ด้วยวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน จำแนกได้ 2 ลักษณะ (อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551) ดังนี้

ลักษณะที่ 1 นำไปใช้เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน การนำไปใช้ในลักษณะนี้โดยทั่วไปจะมีการแสดงตัวอย่างการคิดออกเสียงจากครู และให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติตาม วิธีการนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเห็นตัวอย่างกระบวนการคิดที่ถูกต้อง ซึ่งเมื่อผู้เรียนนำไปฝึกปฏิบัติในชั้นเรียน ผู้เรียนก็จะได้ฝึกเชื่อมโยงความคิดของตนกับรายงานออกมาเป็นคำพูด รวมทั้งได้เห็นตัวอย่างการคิดทั้งที่ถูกและที่ผิดจากเพื่อน ๆ การฝึกปฏิบัติและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาและการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนให้มีความถูกต้องและเป็นระบบมากขึ้น

ลักษณะที่ 2 นำไปใช้เพื่อการประเมิน ทั้งประโยชน์ในการจัดการเรียนรู้และในการพัฒนาเครื่องมือการประเมินหรือเครื่องมือวิจัย ในกรณีของการนำไปใช้เพื่อการประเมินในการจัดการเรียนรู้ครูจะออกแบบงานและให้ผู้เรียนบรรยายกระบวนการคิดของตนออกมาเป็นคำพูดในทุกขั้นตอนของกระบวนการทำงานเพื่อให้งานนั้นสำเร็จ คำพูดดังกล่าวอาจเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน การคาดเดาวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบ หรือความรู้สึกนึกคิดต่าง ๆ ครูมีบทบาทเป็นผู้ฟัง ผู้เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้กระตุ้นเตือนเมื่อผู้เรียนเงียบ หรือให้กำลังใจเมื่อผู้เรียนท้อแท้เบื่อหน่าย แต่ต้องระวังไม่รบกวน สร้างความกดดันหรือถามคำถามที่ชี้แนะคำตอบหรือแนวทางการปฏิบัติให้กับผู้เรียน การเก็บรวบรวมข้อมูลอาจ

ใช้การบันทึกบนกระดาษ (Paper – Pencil) หรือการบันทึกภาพและเสียงโดยใช้เทปบันทึกภาพและเสียงหรือคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินได้มากที่สุด ครอบคลุมที่สุด การใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเพื่อการประเมินในการจัดการเรียนรู้นอกจากจะให้ผลการประเมินที่เป็นระดับความสำเร็จในการปฏิบัติงานของผู้เรียนแล้ว ยังทำให้ครูทราบถึงมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนหรือแบบการคิดที่ผิดของผู้เรียน รวมทั้งความคิดเห็นและความรู้สึกอื่น ๆ ด้วย แต่ก็มีข้อจำกัดในประเด็นเวลาที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งต้องใช้เวลาอย่างมาก รวมทั้งไม่สามารถดำเนินการกับผู้เรียนกลุ่มใหญ่ได้ ส่วนกรณีของการนำไปใช้เพื่อการประเมินในการพัฒนาเครื่องมือการประเมินหรือการวิจัยนั้นจะใช้ในขั้นตอนการหาคุณภาพเครื่องมือ ในด้านความตรง โดยการนำเครื่องมือการประเมินหรือเครื่องมือวิจัยไปให้กลุ่มทดลองซึ่งมีลักษณะเหมือนกลุ่มตัวอย่างตอบคำถามหรือปฏิบัติงานตามรูปแบบโครงสร้างของเครื่องมือการประเมินหรือเครื่องมือการวิจัยนั้น ๆ ผู้พัฒนาเครื่องมือจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติดังกล่าว เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีความตรงต่อไป

การใช้เทคนิคการคิดออกเสียงดำเนินการได้ใน 2 รูปแบบ (อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551) ดังนี้

รูปแบบที่ 1 การคิดออกเสียงเพื่อทบทวนสิ่งที่ผ่านไป (Retrospective Think – aloud) ดำเนินการโดยกำหนดให้บุคคลรายงานกระบวนการคิดที่ใช้ในการปฏิบัติงานด้วยคำพูด หลังจากปฏิบัติงานแล้ว วิธีการนี้มีจุดเด่นตรงที่สามารถจำกัดเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานได้ ไม่มีการรบกวนระหว่างการปฏิบัติงานซึ่งช่วยลดข้อจำกัดในเรื่องอารมณ์ของผู้ปฏิบัติงานที่มีต่อผลของการปฏิบัติงาน เช่น ความวิตกกังวล ความกดดัน ความเบื่อหน่าย ความรำคาญใจ แต่รูปแบบนี้ก็ยังมีข้อจำกัดตรงที่ผู้ปฏิบัติงานอาจมีความจำเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ใช้ในการปฏิบัติงานคลาดเคลื่อน สัมภาษณ์กระบวนการคิดในบางขั้นตอน หรือไม่ได้ใช้กระบวนการคิดนั้นระหว่างการปฏิบัติงานแต่เป็นกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นจากการทบทวนการปฏิบัติงานเมื่อการปฏิบัติงานเสร็จสิ้นแล้ว

รูปแบบที่ 2 การคิดออกเสียงในระหว่างการปฏิบัติงาน (Concurrent Think – aloud) ดำเนินการโดยกำหนดให้บุคคลรายงานกระบวนการคิดด้วยคำพูดในทุกขั้นตอนระหว่างการปฏิบัติงาน วิธีการนี้มีจุดเด่นตรงที่ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการคิดที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่แท้จริง ไม่มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการลืมหรือกระบวนการที่สอดแทรกขึ้นหลังจากการปฏิบัติงาน แต่มีข้อจำกัดตรงที่การดำเนินการอาจมีผลทางอารมณ์ต่อผู้ปฏิบัติงาน เช่น คำถามต่าง ๆ อาจสร้างความวิตกกังวล ความกดดัน ความเบื่อหน่าย ความรำคาญใจให้กับผู้ปฏิบัติงาน หรืออาจชี้แนะคำตอบหรือแนวทางการปฏิบัติงานให้กับผู้ปฏิบัติงานได้ รวมทั้งไม่สามารถกำหนดเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่แน่นอนได้

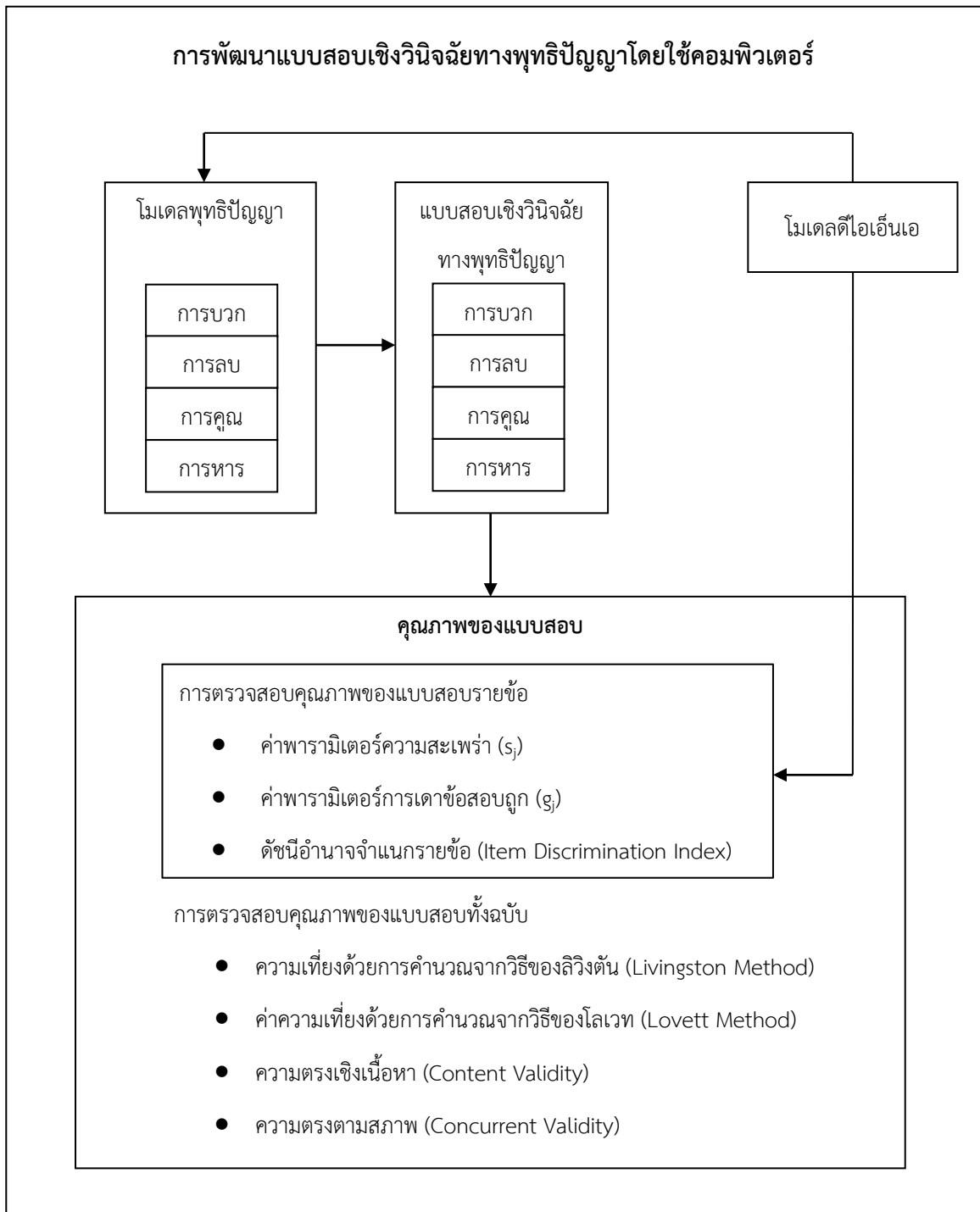
สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงในลักษณะของการประเมินเพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะ ด้วยรูปแบบการคิดออกเสียงในระหว่างการปฏิบัติงาน โดยให้นักเรียนพูดบรรยายกระบวนการคิดในการทำแบบสอบในแต่ละข้อ และให้ผู้ประเมินสรุปผลการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะ จากนั้นหาค่าความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน สร้างขึ้นตามโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เป็นแบบสอบแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน วินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาแต่ละเรื่องในระดับที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 8 ฉบับ คือ 1) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 2) เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 3) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 4) เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 5) เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 6) เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 7) เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 และ 8) เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

การสร้างและพัฒนาแบบสอบเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา ซึ่งเป็นทักษะเฉพาะที่จะใช้ในการเรียนเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ด้วยการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ร่วมกันกับการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นเป็นการพัฒนาแบบสอบให้เป็นไปตามคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ และพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาของนักเรียน ด้วยโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา ซึ่งโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ โมเดลดีไอเอ็นเอ (deterministic input, noisy "and" gate model) เนื่องจากเป็นโมเดลที่แปลผลได้เพียง 2 พารามิเตอร์ในแต่ละข้อ คือ พารามิเตอร์ความสะอาด (s) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g) ซึ่งเป็นโมเดลที่ง่าย แต่มีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สำหรับแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นแบบสอบอิงเกณฑ์ เนื่องจากเป็นแบบสอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบการดำเนินการของเลขคณิตพื้นฐาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ดังนั้น จึงใช้หลักของการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอิงเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็น 1) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์ความสะอาด (s_j) ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และ 2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบถามวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดล ดีไอเอเอ็นเอ และระยะที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยโมเดลดีไอเอเอ็นเอ แต่ละระยะจะให้รายละเอียดของประชากรและตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบถามวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

การสร้างแบบสอบถามวิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานในครั้งนี้ เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการ ต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนนับ วิจัยในแต่ละคุณลักษณะของโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

เครื่องมือที่ใช้

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 1 มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา ซึ่งใช้เป็นโครงสร้างในการออกแบบแบบสอบถามต่อไป จำนวน 1 ฉบับ คือ แบบตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

การสร้างแบบตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ดำเนินการโดยนำโมเดลพุทธิปัญญาที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารในเบื้องต้นมาเรียบเรียงตามลำดับในแต่ละเรื่อง เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะในประเด็น

- 1) ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ การลบจำนวนนับ การคูณจำนวนนับ และการหารจำนวนนับ
- 2) การจัดทำแผนภาพความสัมพันธ์ของคุณลักษณะในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญา และ
- 3) ความเห็นเพิ่มเติมต่อโมเดลพุทธิปัญญาในแต่ละโมเดล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการสร้างและพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญานี้ แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เป็นการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ การลบจำนวนนับ การคูณจำนวนนับ และการหารจำนวนนับ เพื่อกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบ ซึ่งมีการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ และนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์โมเดลพุทธิปัญญาในเบื้องต้น

2. นำโมเดลพุทธิปัญญาที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารในข้อที่ 1 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาความถูกต้องในประเด็น 1) ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ การลบจำนวนนับ การคูณจำนวนนับ และการหารจำนวนนับ 2) การจัดทำแผนภาพความสัมพันธ์ของคุณลักษณะในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญา และ 3) ความเห็นเพิ่มเติมต่อโมเดลพุทธิปัญญาในแต่ละโมเดล โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

2) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

3) เป็นผู้ที่มีคุณวุฒิตะดับปริญญาเอกในสาขาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ศึกษา

3. จัดทำแผนภาพโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เป็นการจัดทำแบบสอบที่เป็นไปตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) ซึ่งเป็นการแสดงชุดข้อสอบตามเงื่อนไขของโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้นจากขั้นตอนที่ 1

2. สร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) ซึ่งเป็นแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน

3. จัดพิมพ์แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการพิจารณาโมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน และนำมาปรับแก้โมเดลพุทธิปัญญาในแต่ละโมเดลให้สมบูรณ์

ระยะที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เป็นการสะท้อนถึงการวินิจฉัยที่ถูกต้องและแม่นยำ ทั้งที่เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ และการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขและยืนยันคุณภาพของแบบสอบก่อนที่จะนำไปใช้จริงกับนักเรียน ช่วยให้การวินิจฉัยมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการดังนี้

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในระยยะที่ 2 สำหรับทดลองใช้แบบสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สำหรับตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อและความเที่ยงของแบบสอบ และกลุ่มที่ 2 สำหรับตรวจสอบความตรงตามสภาพ มีรายละเอียดดังนี้

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาทุกสังกัด ได้แก่ สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน การศึกษาเอกชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 เนื่องจากแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่พัฒนาขึ้นมี 8 ฉบับ ที่มีระดับความยากง่ายของเนื้อหาต่างกัน ดังนั้น จึงกระจายให้นักเรียนทำแบบสอบที่ตรงตามตัวชี้วัดที่นักเรียนเรียนในแต่ละชั้น เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่ายและความเหนื่อยล้าจากการทำแบบสอบหลายฉบับ และคุณลักษณะของแบบสอบเรื่องการบวกและการลบ จำนวนนับระดับที่ 1 ซึ่งเป็นเรื่องแรกที่นักเรียนจะต้องเรียน มีเนื้อหาครอบคลุมถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 แต่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในต้นปีการศึกษา จึงต้องเก็บข้อมูลเริ่มที่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

สำหรับตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 กระบวนการทดสอบใช้เวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 นอกจากกระบวนการทดสอบที่ใช้เวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงแล้ว ยังมีกระบวนการประเมินด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงต่อนักเรียน 1 คน เป็นการใช้เวลาานานและต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงต้องเลือกโรงเรียนที่ยินดีให้ความร่วมมือและสละเวลาการจัดการเรียนการสอนเพื่อใช้ในการทดสอบและประเมินนักเรียน จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ทำให้ได้ตัวอย่าง 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ของโรงเรียนในจังหวัดสระบุรี จำนวน 5 โรงเรียน ได้แก่ 1) โรงเรียนอนุบาลศาลาแดง 2) โรงเรียนอนุบาลวัดพระพุทธบาท 3) โรงเรียนอนุบาลเสาไห้ 4) โรงเรียนหน้าพระลาน (พิบูลสงเคราะห์) และ 5) โรงเรียนอนุบาลบ้านหมอ จำนวน 1,692 คน และกลุ่มที่ 2 คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ของโรงเรียนในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 1 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย จำนวน 120 คน

สำหรับตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ได้เลือกนักเรียนในระดับชั้น ป. 3 - 6 ของแต่ละโรงเรียนเป็นตัวอย่างที่ทดลองใช้แบบสอบทุกคน แต่หลังจากตรวจสอบกระดาษคำตอบของนักเรียนได้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตอบข้อสอบครบทุกข้อ และไม่มีแนวโน้มของการคัดลอกข้อสอบของเพื่อน ดังนี้

1) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 1 หลังจากคัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตั้งใจทำ ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการบวกระดับที่ 1 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 222 คน นักเรียนหญิง 215 คน รวมทั้งสิ้น 437 คน ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการลบระดับที่ 1 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 222 คน นักเรียนหญิง 214 คน รวมทั้งสิ้น 436 คน

2) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 1 หลังจากคัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตั้งใจทำ ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการคูณระดับที่ 1 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 207 คน นักเรียนหญิง 213 คน รวมทั้งสิ้น 420 คน ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการหารระดับที่ 1 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 198 คน นักเรียนหญิง 219 คน รวมทั้งสิ้น 417 คน

3) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 2 หลังจากคัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตั้งใจทำ ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการบวกระดับที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 217 คน นักเรียนหญิง 198 คน รวมทั้งสิ้น 415 คน ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการลบระดับที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 203 คน นักเรียนหญิง 215 คน รวมทั้งสิ้น 418 คน

4) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 2 หลังจากคัดเลือกเฉพาะนักเรียนที่ตั้งใจทำ ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการคูณระดับที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 211 คน นักเรียนหญิง 205 คน รวมทั้งสิ้น 416 คน ตัวอย่างสำหรับทดลองใช้แบบสอบเรื่องการหารระดับที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนชาย 212 คน นักเรียนหญิง 205 คน รวมทั้งสิ้น 417 คน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ส่วนตัวอย่างกลุ่มที่ 2 เลือกนักเรียนในระดับชั้น ป. 3 – 6 ของโรงเรียนเป็นตัวอย่างที่ทดลองใช้แบบสอบทุกคน ดังนี้

1) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 1 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 18 คน นักเรียนหญิง 16 คน รวมทั้งสิ้น 34 คน

2) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 1 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 19 คน นักเรียนหญิง 14 คน รวมทั้งสิ้น 33 คน

3) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 2 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 14 คน นักเรียนหญิง 14 คน รวมทั้งสิ้น 28 คน

4) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 2 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 14 คน รวมทั้งสิ้น 25 คน

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบโดยแยกตามโรงเรียน

ตัวอย่าง	นักเรียน ชั้น ป. 3						นักเรียน ชั้น ป. 4					
	การบวก ระดับที่ 1			การลบ ระดับที่ 1			การคูณ ระดับที่ 1			การหาร ระดับที่ 1		
เรื่องย่อย	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
จำนวนนักเรียน (คน)												
ตัวอย่างกลุ่มที่ 1												
โรงเรียนอนุบาลศาลาแดง	70	57	127	81	60	141	59	59	118	60	69	129
โรงเรียนหน้าพระลาน (พิบูลย์สงคราม)	48	48	96	39	47	86	53	45	98	59	53	112
โรงเรียนอนุบาลเสนาให้	45	41	86	45	40	85	36	35	71	34	35	69
โรงเรียนอนุบาลพระพุทธบาท	23	35	58	22	34	56	31	38	69	22	30	52
โรงเรียนอนุบาลบ้านหม้อ	36	34	70	35	33	68	28	36	64	23	32	55
รวม	222	215	437	222	214	436	207	213	420	198	219	417
ตัวอย่างกลุ่มที่ 2												
โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย	18	16	34	18	16	34	19	14	33	19	14	33
รวม	18	16	34	18	16	34	19	14	33	19	14	33
รวมทั้งสิ้น	240	231	471	240	230	470	226	227	453	217	233	450

ตารางที่ 3.2 การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบโดย แยกตามโรงเรียน

ตัวอย่าง	นักเรียน ชั้น ป. 5						นักเรียน ชั้น ป. 6					
	การบวก ระดับที่ 2			การลบ ระดับที่ 2			การคูณ ระดับที่ 2			การหาร ระดับที่ 2		
เรื่องย่อย	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
ตัวอย่างกลุ่มที่ 1												
โรงเรียนอนุบาลศาลาแดง	65	47	112	57	50	107	60	56	116	59	59	118
โรงเรียนหน้าพระลาน (พิบูลย์สงคราม)	50	60	110	51	56	107	43	40	83	45	37	82
โรงเรียนอนุบาลเสาไห้	40	32	72	38	34	72	47	48	95	49	46	95
โรงเรียนอนุบาลพระพุทธบาท	27	30	57	29	36	65	27	32	59	27	35	62
โรงเรียนอนุบาลบ้านหมอ	35	29	64	38	29	67	34	29	63	32	28	60
รวม	217	198	415	213	205	418	211	205	416	212	205	417
ตัวอย่างกลุ่มที่ 2												
โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย	14	14	28	14	14	28	11	14	25	11	14	25
รวม	14	14	28	14	14	28	11	14	25	11	14	25
รวมทั้งสิ้น	231	212	443	227	219	446	222	219	441	223	219	442

เครื่องมือที่ใช้

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 2 มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ จำนวน 2 ฉบับ คือ 1) แบบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และ 2) แบบบันทึกผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1) แบบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ดำเนินการโดยนำข้อสอบที่ได้จากการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาในแต่ละฉบับ มาสร้างตารางผลการพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) รายข้อ

2) แบบบันทึกผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ดำเนินการโดยสร้างตารางสรุปผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะของแต่ละเรื่อง ซึ่งตัดสินผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะออกเป็น 2 ระดับ คือ ผ่าน หรือ ไม่ผ่าน ตามการพิจารณาจากการแก้ปัญหาโจทย์ของนักเรียนด้วยแนวทางการประเมินเชิงวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานมีรายละเอียดดังนี้

1. นำแบบสอบที่ได้จากการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานในระยะที่ 1 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ (รายชื่อดังแสดงในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ (นำเสนอผลในบทที่ 4) ดังนี้

1) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ

2) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดทำหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2. ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และจัดพิมพ์แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะ

3. นำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ทั้ง 8 ฉบับไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 ทั้งตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2

4. นำผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบของตัวอย่างที่ 1 มาตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อโดยประยุกต์ใช้โมเดลตีไอเอ็นเอ และความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับ

5. นำผลที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบของตัวอย่างที่ 2 มาวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ

6. วิเคราะห์ผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง กับตัวอย่างกลุ่มที่ 2 โดยให้นักเรียนแต่ละชั้นทำแบบสอบในแต่ละฉบับในข้อ 3 โดยการเขียนตอบ และพูดถึงกระบวนการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์นั้น ๆ จากนั้นผู้วิจัยวินิจฉัยคุณลักษณะที่ใช้ในการเรียนรู้และบันทึกลงในแบบบันทึกผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยมีแนวทางการดำเนินการ ดังนี้

6.1 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์และอธิบายวิธีการพูดถึงกระบวนการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์นั้น ๆ ให้กับนักเรียนซึ่งเป็นตัวอย่างฟังจนเกิดความเข้าใจ โดยเริ่มจากเมื่อเห็นโจทย์แล้ว เช่น $57 + 78 = \square$ ให้นักเรียนอ่านโจทย์ดัง ๆ คือ ห้าสิบเจ็ด บวก เจ็ดสิบแปด เท่ากับ ช่องสี่เหลี่ยม จากนั้นให้นักเรียนพูดถึงกระบวนการคิด เช่น เจ็ดบวกแปด ได้ สิบห้า ใส่ห้า ทดหนึ่ง ห้าบวกเจ็ด ได้ สิบสอง รวมกับตัวทดหนึ่ง ได้ สิบสาม ข้อนี้ตอบ หนึ่งร้อยสามสิบห้า และให้นักเรียนเติมคำตอบลงในกระดาษคำตอบให้ถูกต้อง

6.2 ให้นักเรียนฝึกวิธีการพูดถึงกระบวนการคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์ซึ่งเป็นตัวอย่าง

6.3 เริ่มดำเนินการวินิจฉัยและบันทึกผลการวินิจฉัยลงในแบบบันทึกผลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงโดยแบ่งเป็น

6.3.1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ทำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1

6.3.2 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1

6.3.3 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2

6.3.4 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

6.4 ในระหว่างการดำเนินการ ผู้วิจัยจะไม่กระทำการใด ๆ ที่มีผลทางลบต่อการคิดและการพูดของนักเรียน และหากมีกรณีต่าง ๆ เกิดขึ้น ผู้วิจัยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

6.4.1 กรณีที่นักเรียนอ่านคำถามเสร็จแล้วแต่ไม่พูด ผู้วิจัยจะกระตุ้นโดยการใช้คำถาม เช่น “นักเรียนอ่านโจทย์แล้วคิดอย่างไรบ้าง พูดให้ครูฟังหน่อยสิ ไม่ต้องกลัวว่าจะถูกหรือผิด”

6.4.2 กรณีที่นักเรียนพูดไปแล้วเงียบติดต่อกันเป็นเวลานาน (ประมาณ 5 – 10 วินาที) ผู้วิจัยจะใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนพูดสิ่งที่คิดอย่างต่อเนื่อง เช่น “ยังไงต่อ พูดต่อนะ ครูกำลังฟังอยู่”

6.4.3 กรณีที่นักเรียนพูดนอกประเด็นมากเกินไป จนไม่สามารถพิจารณากระบวนการคิดของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจะใช้คำพูดเพื่อให้นักเรียนหยุดพูดเพื่อทบทวนกระบวนการคิดอีกครั้ง เช่น “แล้วคำถามนี้จะหาคำตอบได้ยังไงนะ หรือ โจทย์ตรงนี้นักเรียนคิดยังไงนะ”

6.4.4 กรณีที่นักเรียนพูดเร็วเกินไป จนผู้วิจัยฟังไม่ทันหรือไม่สามารถจับประเด็นได้ ผู้วิจัยจะขอให้นักเรียนพูดช้าลง เช่น “ครูฟังไม่ค่อยทัน นักเรียนช่วยพูดให้ช้าลงหน่อย ตรงนี้ได้มาอย่างไรนะ”

6.4.5 กรณีที่นักเรียนบอกว่าคิดไม่ออกหรือทำไม่ได้ ผู้วิจัยจะพูดให้กำลังใจนักเรียน เช่น “ลองคิดอีกทีนะ นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว ค่อย ๆ คิด ไม่ต้องรีบ”

6.4.6 กรณีที่นักเรียนพูดข้ามขั้นตอนที่ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถวินิจฉัยได้ ผู้วิจัยจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนย้อนกลับไปพูดกระบวนการนั้นอีกครั้ง เช่น “ก่อนได้ผลลัพธ์นี้ ต้องทำอย่างไรนะ”

6.4.7 กรณีที่นักเรียนมีกระบวนการคิดที่ถูกต้องทุกขั้นตอน แต่ได้คำตอบผิดจากการการคิดคำนวณ ผู้วิจัยจะใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิดใหม่อีกครั้ง เช่น “ไม่ต้องรีบ ลองตรวจคำตอบอีกทีนะ”

6.5 การบันทึกผลการวินิจฉัย มีแนวทางปฏิบัติ ดังนี้

6.5.1 กรณีที่นักเรียนสามารถพูดถึงกระบวนการคิดแล้วตอบคำถามในแต่ละคุณลักษณะได้ถูกต้อง ทำให้ผู้วิจัยวินิจฉัยได้ว่านักเรียนมีคุณลักษณะนั้น ๆ ผู้วิจัยจะบันทึกผลเป็น “ผ่าน” ในแต่ละคุณลักษณะนั้น

6.5.2 กรณีที่นักเรียนไม่สามารถพูดถึงกระบวนการคิดได้ จนกระทั่งไม่สามารถตอบคำถามในแต่ละคุณลักษณะได้หรือตอบไม่ถูกต้องซึ่งไม่เกี่ยวกับกับผิดพลาดเนื่องจากการคำนวณ หรือนักเรียนบอกว่าทำไม่ได้ ซึ่งผู้วิจัยให้ลองคิดอีกครั้งแต่นักเรียนก็ยังยืนยันว่าทำไม่ได้ ทำให้ผู้วิจัยวินิจฉัยได้ว่านักเรียนไม่มีคุณลักษณะนั้น ๆ ผู้วิจัยจะบันทึกผลเป็น “ไม่ผ่าน” ในแต่ละคุณลักษณะนั้น

7. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบในส่วนของความตรงตามสภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ โดยประยุกต์ใช้โมเดลตีโอเอ็นเอ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R ผ่านฟังก์ชัน din ใน CDM package (Robitzsch, Kiefer, George และ Uenlue, 2014)

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) เนื่องจากการตัดสินผลการวินิจฉัยด้วยค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) ซึ่งวิเคราะห์ได้จากแบบแผนการตอบของนักเรียน ใช้เกณฑ์ผ่านร้อยละ 50 ของความน่าจะเป็น ดังนั้น การวิเคราะห์ค่าความเที่ยง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้จุดตัดของคะแนนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มเช่นกัน ดังนี้

2.1.1) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกรจำนวนนับ ระดับที่ 1 และ 2 ใช้คะแนนจุดตัด คือ 7.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

2.1.2) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 และ 2 ใช้คะแนนจุดตัด คือ 7.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

2.1.3) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 และ 2 ใช้คะแนนจุดตัด คือ 6 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน

2.1.4) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 และ 2 ใช้คะแนนจุดตัด คือ 6 คะแนน จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน

2.2 วิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญ ตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC)

2.3 วิเคราะห์ความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

สำหรับผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม R ผ่านฟังก์ชัน din ใน CDM package (Robitzsch, Kiefer, George และ Uenlue, 2014) ทำให้ทราบค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) ตามฟังก์ชันการคำนวณของโมเดลตีไอเอ็นเอ ด้วยค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบรายข้อ และแบบแผนการตอบข้อสอบของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ 0.5 เป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ถ้าความน่าจะเป็นของความรอบรู้มากกว่า 0.5 หมายถึง นักเรียนมีความรอบรู้ (Mastery) ถือว่าผ่านในคุณลักษณะนั้น แต่ถ้าหากความ

น่าจะเป็นของความรอบรู้ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 หมายถึง นักเรียนไม่มีความรอบรู้ (Non – mastery) ถือว่าไม่ผ่านในคุณลักษณะนั้น

สำหรับค่าสถิติแคปปา (K) แปลผลได้ดังนี้

K อยู่ระหว่าง 0.81 – 1.00	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก
K อยู่ระหว่าง 0.61 – 0.80	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี
K อยู่ระหว่าง 0.41 – 0.60	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง
K อยู่ระหว่าง 0.21 – 0.40	แสดงว่ามีความสอดคล้องกันในระดับน้อย
K น้อยกว่า 0.2	แสดงว่าไม่มีความสอดคล้องกัน

ระยะที่ 3 การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ

การดำเนินงานในระยะที่ 3 เป็นการนำแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในระยะที่ 2 มาพัฒนาเป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 3 เพื่อทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานและสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมการทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

ประชากร คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาและนักเรียนชั้นประถมศึกษาทุกสังกัด ได้แก่ สำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน การศึกษาเอกชน และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

สำหรับตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เนื่องจากการเก็บรวบรวมข้อมูลต้องเลือกโรงเรียนที่มีความพร้อมเรื่องห้องคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจึงต้องเลือกโรงเรียนที่ยินดีให้ความร่วมมือและยินดีให้ส่งโปรแกรมสำหรับการทดสอบเพื่อทดสอบและประเมินนักเรียน จาก การเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ทำให้ได้ตัวอย่าง 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา จำนวน 3 คน และกลุ่มที่ 2 คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 จำนวน 91 ทั้ง 2 กลุ่มเป็นครูและนักเรียนของโรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สำหรับตัวอย่างกลุ่มที่ 2 เลือกนักเรียนในระดับชั้น ป. 3 - 6 ของโรงเรียนเป็นตัวอย่างที่ทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน ดังนี้

1) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สำหรับทดลองใช้ชุดแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 1 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 10 คน นักเรียนหญิง 11 คน รวมทั้งสิ้น 21 คน

2) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 สำหรับทดลองใช้ชุดแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 1 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 14 คน นักเรียนหญิง 11 คน รวมทั้งสิ้น 25 คน

3) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำหรับทดลองใช้ชุดแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบระดับที่ 2 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 11 คน นักเรียนหญิง 12 คน รวมทั้งสิ้น 23 คน

4) นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำหรับทดลองใช้ชุดแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหารระดับที่ 2 ทั้ง 2 เรื่องย่อยมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 10 คน นักเรียนหญิง 12 คน รวมทั้งสิ้น 22 คน

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การเลือกตัวอย่างนักเรียนสำหรับทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการค้าเงินการเลขคณิตพื้นฐาน

ตัวอย่างกลุ่มที่ 1	ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา											
	ชาย			หญิง			รวม					
โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย	-			3			<u>3</u>					
ตัวอย่างกลุ่มที่ 2	นักเรียน ชั้น ป. 3						นักเรียน ชั้น ป. 4					
	เรื่องย่อย การบวก ระดับที่ 1			การลบ ระดับที่ 1			การคูณ ระดับที่ 1			การหาร ระดับที่ 1		
จำนวนนักเรียน (คน)	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย	10	11	21	10	11	21	14	11	25	14	11	25
รวม	10	11	<u>21</u>	10	11	<u>21</u>	14	11	<u>25</u>	14	11	<u>25</u>
ตัวอย่างกลุ่มที่ 2	นักเรียน ชั้น ป. 5						นักเรียน ชั้น ป. 6					
	เรื่องย่อย การบวก ระดับที่ 2			การลบ ระดับที่ 2			การคูณ ระดับที่ 2			การหาร ระดับที่ 2		
จำนวนนักเรียน (คน)	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย	11	12	23	11	12	23	10	12	22	10	12	22
รวม	11	12	<u>23</u>	11	12	<u>23</u>	10	12	<u>22</u>	10	12	<u>22</u>

เครื่องมือที่ใช้

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 3 มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินโปรแกรมการทดสอบและสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้งาน จำนวน 3 ฉบับ คือ 1) แบบประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน 2) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานสำหรับครู และ 3) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานสำหรับนักเรียน

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

1) แบบประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ดำเนินการโดยสร้างประเด็นการประเมินในเรื่องของ 1) การทำงานของโปรแกรม 2) การออกแบบโปรแกรม 3) ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม และ 4) คู่มือการใช้งานโปรแกรม ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การติดตั้งโปรแกรม การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และการใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน แบบประเมินนี้เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (likert scale) โดยแบ่งผลการประเมินในแต่ละประเด็นออกเป็น 5 ระดับ คือ

- 5 หมายถึง ประเด็นการประเมินนั้นอยู่ในระดับดีเยี่ยม
- 4 หมายถึง ประเด็นการประเมินนั้นอยู่ในระดับดีมาก
- 3 หมายถึง ประเด็นการประเมินนั้นอยู่ในระดับดี
- 2 หมายถึง ประเด็นการประเมินนั้นอยู่ในระดับพอใช้
- 1 หมายถึง ประเด็นการประเมินนั้นอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานสำหรับครูและสำหรับนักเรียน ดำเนินการโดยสร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบ การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ และความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องทางภาษาและความเหมาะสมโดยอาจารย์ที่ปรึกษา แบบสอบถามนี้เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (likert scale) คือ

- 5 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยกับข้อความในระดับน้อยที่สุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การพัฒนาแบบสอบถามเชิงวิจจัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในระยะที่ 2 มาพัฒนาเป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดลักษณะเฉพาะของโปรแกรม ให้เป็นโปรแกรมการทดสอบที่สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้
2. กำหนดการเขียนโปรแกรมสำหรับโปรแกรมการทดสอบ
3. สร้างโปรแกรมการทดสอบ โดยเขียนแผนผังโปรแกรมการทำงานของคอมพิวเตอร์และเขียนโปรแกรมการทดสอบตามผังโปรแกรมที่กำหนดไว้ ทดลองการทำงานของโปรแกรมการทดสอบเบื้องต้น และปรับปรุงโปรแกรมการทดสอบเบื้องต้น
4. สร้างคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน
5. นำโปรแกรมการทดสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานที่พัฒนาขึ้นและคู่มือการใช้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้
 - 1) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา อย่างน้อย 5 ปี และมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ
 - 2) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษาและมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา หรือ
 - 3) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการวัดและประเมินผลทางการศึกษาและมีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาโทในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา
6. ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
7. ทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานกับครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาและนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6
8. สอบถามความคิดเห็นของตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบ ในด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบ การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ และความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ
9. ปรับปรุงโปรแกรมการทดสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานให้สมบูรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และวิเคราะห์ความคิดเห็นของครูและนักเรียนต่อการใช้โปรแกรมการด้วยค่าสถิติพื้นฐาน (ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ในส่วนของการแปลความหมายคะแนนการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย ดังนี้

เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51-5.00	ประดีในการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
3.51-4.50	ประดีในการประเมินอยู่ในระดับดี
2.51-3.50	ประดีในการประเมินอยู่ในระดับดีปานกลาง
1.51-2.50	ประดีในการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
1.00-1.50	ประดีในการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

ในส่วนของการแปลความหมายคะแนนความคิดเห็นของครูและนักเรียน ใช้เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย ดังนี้

เกณฑ์จากค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51-5.00	เห็นด้วยกับข้อรายการในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	เห็นด้วยกับข้อรายการในระดับมาก
2.51-3.50	เห็นด้วยกับข้อรายการในระดับปานกลาง
1.51-2.50	เห็นด้วยกับข้อรายการในระดับน้อย
1.00-1.50	เห็นด้วยกับข้อรายการในระดับน้อยที่สุด

2. วิเคราะห์เนื้อหาจากข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากข้อคิดเห็นเพิ่มเติมในคำถามปลายเปิด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยาย ผู้วิจัยแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลตีไอเอ็นเอ และตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

การพัฒนาแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานในครั้งนี้ ขอเสนอเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ 1.1) ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และ 1.2) ผลการสร้างแบบสอบถามเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ขอเสนอออกเป็น 2 ส่วน ตามขั้นตอนการดำเนินการ คือ 1.1.1) ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานจากการสังเคราะห์เอกสาร และ 1.1.2) ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานจากผู้เชี่ยวชาญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1) ผลการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานจากการสังเคราะห์เอกสาร

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ และนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์คุณลักษณะและกำหนดความสัมพันธ์ของแต่ละคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานในเบื้องต้น สามารถสังเคราะห์ได้ 4 โมเดล คือ 1) โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ 2) โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ 3) โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ และ 4) โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ แต่ละโมเดลมีรายละเอียดดังนี้

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้
อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการบวกจำนวนหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการบวกจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและไม่มีตัวทด

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและมีตัวทด

คุณลักษณะที่ 6 ทักษะการบวกจำนวนสามหลัก

คุณลักษณะที่ 7 ทักษะการบวกจำนวนสี่หลัก

คุณลักษณะที่ 8 ทักษะการบวกจำนวนห้าหลัก

คุณลักษณะที่ 9 ทักษะการบวกจำนวนหกหลัก

คุณลักษณะที่ 10 ทักษะการบวกจำนวนที่มากกว่าหกหลัก

ซึ่งโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับทั้ง 10 คุณลักษณะ มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ คุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อนคุณลักษณะที่ 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 4 มาก่อนคุณลักษณะที่ 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 9 มาก่อนคุณลักษณะที่ 10 และ คุณลักษณะที่ 10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการบวกจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20	
4	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและไม่มีตัวทด	
5	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและมีตัวทด	
6	ทักษะการบวกจำนวนสามหลัก	
7	ทักษะการบวกจำนวนสี่หลัก	
8	ทักษะการบวกจำนวนห้าหลัก	
9	ทักษะการบวกจำนวนหกหลัก	
10	ทักษะการบวกจำนวนที่มากกว่าหกหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำหนัก ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจในความหมายของการลบน้ำหนักและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่าง

ถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการลบน้ำหนักหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการลบน้ำหนักสองหลักแต่ไม่เกิน 20

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการลบน้ำหนักสองหลัก และไม่มีการกระจาย

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการลบน้ำหนักสองหลัก และมีการกระจาย

คุณลักษณะที่ 6 ทักษะการลบน้ำหนักสามหลัก

คุณลักษณะที่ 7 ทักษะการลบน้ำหนักสี่หลัก

คุณลักษณะที่ 8 ทักษะการลบน้ำหนักห้าหลัก

คุณลักษณะที่ 9 ทักษะการลบน้ำหนักหกหลัก

คุณลักษณะที่ 10 ทักษะการลบน้ำหนักที่มากกว่าหกหลัก

ซึ่งโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำหนักทั้ง 10 คุณลักษณะ มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ คุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อนคุณลักษณะที่ 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 4 มาก่อนคุณลักษณะที่ 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 9 มาก่อนคุณลักษณะที่ 10 และ คุณลักษณะที่ 10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 โมเดลพหุธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ

โมเดลพหุธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพหุธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการลบและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง	
2	ทักษะการลบจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการลบจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20	
4	ทักษะการลบจำนวนสองหลัก และไม่มีการกระจาย	
5	ทักษะการลบจำนวนสองหลัก และมีการกระจาย	
6	ทักษะการลบจำนวนสามหลัก	
7	ทักษะการลบจำนวนสี่หลัก	
8	ทักษะการลบจำนวนห้าหลัก	
9	ทักษะการลบจำนวนหกหลัก	
10	ทักษะการลบจำนวนที่มากกว่าหกหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ
คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้

อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก

คุณลักษณะที่ 6 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก

คุณลักษณะที่ 7 ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก

คุณลักษณะที่ 8 ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนมากกว่าสองหลัก

คุณลักษณะที่ 9 ทักษะการคูณจำนวนสามหลักกับจำนวนสามหลัก

คุณลักษณะที่ 10 ทักษะการคูณจำนวนมากกว่าสามหลักกับจำนวนมากกว่าสาม

หลัก

ซึ่งโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับทั้ง 10 คุณลักษณะ มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ คุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อนคุณลักษณะที่ 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 4 มาก่อนคุณลักษณะที่ 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 9 มาก่อนคุณลักษณะที่ 10 และ คุณลักษณะที่ 10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 โมเดลพหุธิปัญหาเรื่องการคูณจำนวนนับ

โมเดลพหุธิปัญหา		แผนภาพ โมเดลพหุธิปัญหา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้ เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง	
2	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก	
4	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก	
5	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	
6	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่ หลัก	
7	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	
8	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนมากกว่า สองหลัก	
9	ทักษะการคูณจำนวนสามหลักกับจำนวนสามหลัก	
10	ทักษะการคูณจำนวนมากกว่าสามหลักกับจำนวน มากกว่าสามหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ คือ

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้
อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหาร
ลงตัว

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารไม่
ลงตัว

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการหารตัวตั้งมีสามหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการหารตัวตั้งมีสี่หลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 6 ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสี่หลักกับตัวหารมีสองหลัก

คุณลักษณะที่ 7 ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมี
สองหลัก

คุณลักษณะที่ 8 ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมี
สามหลัก

คุณลักษณะที่ 9 ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสี่
หลัก

คุณลักษณะที่ 10 ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าหกหลักกับตัวหารมีมากกว่าสี่หลัก

ซึ่งโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับทั้ง 10 คุณลักษณะ มีโครงสร้างเป็น
ลำดับขั้นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ คุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10
คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อนคุณลักษณะที่
4 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 4 มาก่อนคุณลักษณะที่ 5 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 5 มา
ก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10
คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10
คุณลักษณะที่ 9 มาก่อนคุณลักษณะที่ 10 และ คุณลักษณะที่ 10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด
รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง	
2	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารลงตัว	
3	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารไม่ลงตัว	
4	ทักษะการหารตัวตั้งมีสามหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	
5	ทักษะการหารตัวตั้งมีสี่หลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	
6	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสี่หลักกับตัวหารมีสองหลัก	
7	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสองหลัก	
8	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสามหลัก	
9	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสี่หลัก	
10	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าหกหลักกับตัวหารมีมากกว่าสี่หลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

1.1.2) ผลการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานจากผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากที่นำโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงโดยสรุป ดังนี้

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ

ผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะให้ขยาย ลด และปรับค่าในบางคุณลักษณะ แต่โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับยังคงมี 10 คุณลักษณะ และจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ซึ่งรายละเอียดของข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญ

โมเดลพุทธิปัญญาจากการสังเคราะห์เอกสาร	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ
1. ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	คงเดิม คือ “1. ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง”
2. ทักษะการบวกจำนวนหนึ่งหลัก	ปรับค่าเป็น “2. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9”
3. ทักษะการบวกจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20	ปรับค่าเป็น “3. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีกรทด”
4. ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและไม่มีตัวทด	ปรับค่าเป็น “4. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีกรทด”
5. ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและมีตัวทด	ปรับค่าเป็น “5. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีกรทด”
6. ทักษะการบวกจำนวนสามหลัก	ขยายคุณลักษณะที่ 6 เดิมเป็นคุณลักษณะที่ 6 – 8 โดยแยกเป็น “6. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีกรทด” “7. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีกรทด 1 หลัก” และ “7. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีกรทด 2 หลัก”
7. ทักษะการบวกจำนวนสี่หลัก	ตัดคุณลักษณะที่ 7 เดิมออก เพราะนักเรียนที่สามารถบวกจำนวนที่ไม่เกิน 1,000 ได้แล้ว จะสามารถบวกจำนวนที่มีสี่หลัก หรือจำนวนที่ไม่เกิน 10,000 ได้

โมเดลพุทธิปัญญา จากการสังเคราะห์เอกสาร	ข้อเสนอแนะในการปรับ โมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ
8. ทักษะการบวกจำนวนห้าหลัก	ปรับคำเป็น “9. ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000” ซึ่งรวมทั้งที่ไม่มีการทดและมีการทด”
9. ทักษะการบวกจำนวนหกหลัก	รวมคุณลักษณะที่ 9 – 10 เดิม เป็น “10. ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน”
10. ทักษะการบวกจำนวนที่มากกว่าหกหลัก	

จากข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปรายละเอียดในแต่ละคุณลักษณะและแผนภาพโมเดลได้ดังตารางที่ 4.6



ตารางที่ 4.6 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	
2	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9	
3	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีกรทด	
4	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีกรทด	
5	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีกรทด	
6	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีกรทด	
7	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีกรทด 1 หลัก	
8	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีกรทด 2 หลัก	
9	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000	
10	ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำมัน

ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ลด เพิ่ม และปรับค่าในบางคุณลักษณะ แต่โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำมันยังคงมี 10 คุณลักษณะ และจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ซึ่งรายละเอียดของข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำมันจากผู้เชี่ยวชาญ

โมเดลพุทธิปัญญาจากการสังเคราะห์เอกสาร	ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ
1. ความเข้าใจในความหมายของการลบน้ำมันและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง	คงเดิม คือ “1. ความเข้าใจในความหมายของการลบน้ำมันและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง”
2. ทักษะการลบน้ำมันหนึ่งหลัก	ปรับค่าเป็น “2. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 9”
3. ทักษะการลบน้ำมันสองหลักแต่ไม่เกิน 20	ปรับและเพิ่มค่าเป็น “3. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีการกระจาย”
4. ทักษะการลบน้ำมันสองหลัก และไม่มีการกระจาย	ปรับค่าเป็น “4. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีการกระจาย”
5. ทักษะการลบน้ำมันสองหลัก และมีการกระจาย	ปรับค่าเป็น “5. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีการกระจาย”
6. ทักษะการลบน้ำมันสามหลัก	ขยายคุณลักษณะที่ 6 เดิมเป็นคุณลักษณะที่ 6 – 8 โดยแยกเป็น “6. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีการกระจาย” “7. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 1 หลัก” และ “8. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมี การกระจาย 2 หลัก”
7. ทักษะการลบน้ำมันสี่หลัก	ตัดคุณลักษณะที่ 7 เดิมออก เพราะนักเรียนที่สามารถลบน้ำมันที่ไม่เกิน 1,000 ได้แล้ว จะสามารถลบน้ำมันที่มีสี่หลักหรือจำนวนที่ไม่เกิน 10,000 ได้
8. ทักษะการลบน้ำมันห้าหลัก	ปรับค่าเป็น “9. ทักษะการลบน้ำมันสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100,000”
9. ทักษะการลบน้ำมันหกหลัก	รวมคุณลักษณะที่ 9 – 10 เดิม เป็น “10. ทักษะการลบน้ำมันหลายหลักสองจำนวน”
10. ทักษะการลบน้ำมันที่มากกว่าหกหลัก	

จากข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำหนักจากผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปรายละเอียดในแต่ละคุณลักษณะและแผนภาพโมเดลได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบน้ำหนัก

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการลบน้ำหนักและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 9	
3	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีการกระจาย	
4	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีการกระจาย	
5	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีการกระจาย	
6	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีการกระจาย	
7	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 1 หลัก	
8	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 2 หลัก	
9	ทักษะการลบน้ำหนักสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100,000	
10	ทักษะการลบน้ำหนักหลายหลักสองจำนวน	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ

ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ลดและปรับคำในคุณลักษณะที่ 8 – 10 ทำให้โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับจากเดิมมี 10 คุณลักษณะ ลดลงเป็น 8 คุณลักษณะ และยังคงจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ซึ่งรายละเอียดของข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญ

โมเดลพุทธิปัญญา จากการสังเคราะห์เอกสาร	ข้อเสนอแนะในการปรับ โมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ
1. ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง	คงเดิม คือ “1. ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง”
2. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก	คงเดิม คือ “2. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก”
3. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก	คงเดิม คือ “3. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก”
4. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก	คงเดิม คือ “4. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก”
5. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	คงเดิม คือ “5. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก”
6. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก	คงเดิม คือ “6. ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก”
7. ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	คงเดิม คือ “7. ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก”
8. ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนมากกว่าสองหลัก	รวมคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 และปรับคำเป็น “8. ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก”
9. ทักษะการคูณจำนวนสามหลักกับจำนวนสามหลัก	
10. ทักษะการคูณจำนวนมากกว่าสามหลักกับจำนวนมากกว่าสามหลัก	

จากข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปรายละเอียดในแต่ละคุณลักษณะและแผนภาพโมเดลได้ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง	
2	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก	
4	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก	
5	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	
6	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก	
7	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	
8	ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ

ผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ขยาย ลด และปรับค่าในบางคุณลักษณะ ทำให้โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับจากเดิมมี 10 คุณลักษณะ ลดลงเป็น 7 คุณลักษณะ และยังคงจัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ซึ่งรายละเอียดของข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญ

โมเดลพุทธิปัญญา จากการสังเคราะห์เอกสาร	ข้อเสนอแนะในการปรับ โมเดลพุทธิปัญญาจากผู้เชี่ยวชาญ
1. ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง	คงเดิม คือ “1. ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง”
2. ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารลงตัว	ขยายคุณลักษณะที่ 2 ปรับและเพิ่มค่าเป็น “2. ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว)” และ “3. ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว)”
3. ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารไม่ลงตัว	ปรับและเพิ่มค่าเป็น “4. ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ)”
4. ทักษะการหารตัวตั้งมีสามหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	ปรับและเพิ่มค่าเป็น “5. ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก”
5. ทักษะการหารตัวตั้งมีสี่หลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	ปรับและเพิ่มค่าเป็น “6. ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก”
6. ทักษะการหารตัวตั้งมีไม่เกินสี่หลักกับตัวหารมีสองหลัก	รวมคุณลักษณะที่ 6 และ 7 ปรับและเพิ่มค่าเป็น “7. ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก”
7. ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสองหลัก	
8. ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสามหลัก	ปรับและเพิ่มค่าเป็น “8. ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก”
9. ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสี่หลัก	ตัดคุณลักษณะที่ 9 และ 10 ออก เพราะนักเรียนที่สามารถหารที่ตัวหารมีสามหลักได้ ถือว่านักเรียนมีทักษะการหารไม่ว่าตัวตั้งจะมีกี่หลักก็ตาม และในการแก้ปัญหาโจทย์จะมีตัวเลขมากเกินไป
10. ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าหกหลักกับตัวหารมีมากกว่าสี่หลัก	

จากข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับจากผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปรายละเอียดในแต่ละคุณลักษณะและแผนภาพโมเดลได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] </pre>
2	ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว)	
3	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว)	
4	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ)	
5	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก	
6	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก	
7	ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก	
8	ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

1.2 ผลการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ผลการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ขอ นำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ตามขั้นตอนการดำเนินการ คือ 1.2.1) ผลการกำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) และ 1.2.2) ผลการสร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1) ผลการกำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix)

การกำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) เป็นการแสดงชุดข้อสอบตามเงื่อนไขของโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 โดยจะแบ่งคุณลักษณะที่จะวินิจฉัยในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญาออกเป็น 2 ระดับ เนื่องจากง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริง โดยที่นักเรียนต้องได้รับการวินิจฉัยและผ่านในแต่ละคุณลักษณะในระดับที่ 1 ก่อน จึงจะนำมาวินิจฉัยในระดับที่ 2 ต่อไป

ดังนั้น การสร้างข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ และทั้ง 2 ระดับมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังนั้น ระดับที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 – 5 ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 4 และ 5 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 และ 5 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อนคุณลักษณะที่ 4 และ 5 และคุณลักษณะที่ 5 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด และระดับที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 6 – 10 ซึ่งคุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10 และคุณลักษณะที่ 10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด

สำหรับข้อคำถามของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ชุด ดังนี้

ข้อคำถามชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1

ข้อคำถามชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 และ 2

ข้อคำถามชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3

ข้อคำถามชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4

ข้อคำถามชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 และ 5

และข้อคำถามของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกรับจำนวนนับ
ระดับที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ชุด ดังนี้

ข้อคำถามชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6

ข้อคำถามชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 และ 7

ข้อคำถามชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 และ 8

ข้อคำถามชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 8 และ 9

ข้อคำถามชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10

การสร้างข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกรับจำนวนนับ แบ่งออกเป็น 2
ระดับ และทั้ง 2 ระดับมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังนั้น ระดับที่ 1 ประกอบด้วย
คุณลักษณะที่ 1 – 5 และมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะ
ที่ 2 3 4 และ 5 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 4 และ 5 คุณลักษณะที่ 3 มาก่อน
คุณลักษณะที่ 4 และ 5 และคุณลักษณะที่ 5 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด และระดับที่ 2 ประกอบด้วย
คุณลักษณะที่ 6 – 10 ซึ่งคุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 7 มา
ก่อนคุณลักษณะที่ 8 9 และ 10 คุณลักษณะที่ 8 มาก่อนคุณลักษณะที่ 9 และ 10 และคุณลักษณะที่
10 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด

สำหรับข้อคำถามของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกรับจำนวนนับ
ระดับที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ชุด ดังนี้

ข้อคำถามชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1

ข้อคำถามชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 และ 2

ข้อคำถามชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3

ข้อคำถามชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4

ข้อคำถามชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 4 และ 5

และข้อคำถามของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกรับจำนวนนับ ระดับ
ที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 ชุด ดังนี้

ข้อคำถามชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6

ข้อคำถามชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 และ 7

ข้อคำถามชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 และ 8

ข้อคำถามชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 8 และ 9

ข้อคำถามชุดที่ 5 ประกอบด้วยข้อคำถามเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 6 7 8 9 และ 10

การสร้างข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ และทั้ง 2 ระดับมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังนั้น ระดับที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 – 4 ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 และ 4 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และ 4 และคุณลักษณะที่ 4 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด และระดับที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 5 – 8 ซึ่งคุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 และ 8 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 และ 8 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 คุณลักษณะที่ 8 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด

สำหรับข้อความของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 ประกอบด้วยข้อความ 4 ชุด ดังนี้

ข้อความชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1

ข้อความชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 และ 2

ข้อความชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3

ข้อความชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4

และข้อความของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 ประกอบด้วยข้อความ 4 ชุด ดังนี้

ข้อความชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5

ข้อความชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 และ 6

ข้อความชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 6 และ 7

ข้อความชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 6 7 และ 8

การสร้างข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ และทั้ง 2 ระดับมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังนั้น ระดับที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 – 4 ซึ่งคุณลักษณะที่ 1 มาก่อนคุณลักษณะที่ 2 3 และ 4 คุณลักษณะที่ 2 มาก่อนคุณลักษณะที่ 3 และ 4 และคุณลักษณะที่ 4 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด และระดับที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 5 – 8 ซึ่งคุณลักษณะที่ 5 มาก่อนคุณลักษณะที่ 6 7 และ 8 คุณลักษณะที่ 6 มาก่อนคุณลักษณะที่ 7 และ 8 คุณลักษณะที่ 7 มาก่อนคุณลักษณะที่ 8 คุณลักษณะที่ 8 ไม่มาก่อนคุณลักษณะใด

สำหรับข้อความของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ
ระดับที่ 1 ประกอบด้วยข้อความ 4 ชุด ดังนี้

ข้อความชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1

ข้อความชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 และ 2

ข้อความชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 และ 3

ข้อความชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 1 2 3 และ 4

และข้อความของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ
ระดับที่ 2 ประกอบด้วยข้อความ 4 ชุด ดังนี้

ข้อความชุดที่ 1 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5

ข้อความชุดที่ 2 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 และ 6

ข้อความชุดที่ 3 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 6 และ 7

ข้อความชุดที่ 4 ประกอบด้วยข้อความเพื่อวัดคุณลักษณะที่ 5 6 7 และ 8

รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา	ข้อ คำถาม ชุดที่	แผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix)					
คุณลักษณะ ที่	รายละเอียด								
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1									
1	ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	A1	1	A1					
2	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9	A2	2	A1	A2				
3	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีการทด	A3	3	A1	A2	A3			
4	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีการทด	A4	4	A1	A2	A3	A4		
5	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีการทด	A5	5	A1	A2	A3	A4	A5	
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2									
6	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีการทด	A6	1	A6					
7	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 1 หลัก	A7	2	A6	A7				
8	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 2 หลัก	A8	3	A6	A7	A8			
9	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000	A9	4	A6	A7	A8	A9		
10	ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน	A10	5	A6	A7	A8	A9	A10	

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา	ข้อ คำถาม ชุดที่	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)			
คุณลักษณะ ที่	รายละเอียด						
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1							
1	ความเข้าใจในความหมายของการ ลบและใช้เครื่องหมาย - ได้อย่าง ถูกต้อง	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A1</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A2</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A3</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A4</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A5</div> </div>	1	A1			
2	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 9		2	A1	A2		
3	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีกร กระจาย		3	A1	A2	A3	
4	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีกร กระจาย		4	A1	A2	A3	A4
5	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีกร กระจาย		5	A1	A2	A3	A4
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2							
6	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีกร กระจาย	<div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A6</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A7</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A8</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A9</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">A10</div> </div>	1	A6			
7	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีกร กระจาย 1 หลัก		2	A6	A7		
8	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีกร กระจาย 2 หลัก		3	A6	A7	A8	
9	ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ ตัวตั้งไม่เกิน 100,000		4	A6	A7	A8	A9
10	ทักษะการลบจำนวนหลายหลัก สองจำนวน		5	A6	A7	A8	A9

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา	ข้อ คำถาม ชุดที่	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)			
คุณลักษณะ ที่	รายละเอียด						
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1							
1	ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย x ได้อย่างถูกต้อง	A1	1	A1			
2	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก	A2	2	A1	A2		
3	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก	A3	3	A1	A2	A3	
4	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก	A4	4	A1	A2	A3	A4
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2							
5	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	A5	1	A5			
6	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก	A6	2	A5	A6		
7	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	A7	3	A5	A6	A7	
8	ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก	A8	4	A5	A6	A7	A8

โมเดลทฤษฎีปัญหา		แผนภาพ โมเดลทฤษฎีปัญหา	ข้อ คำถาม ชุดที่	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)			
คุณลักษณะ ที่	รายละเอียด						
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญหาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1							
1	ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง	A1	1	A1			
2	ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว)	A2	2	A1	A2		
3	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว)	A3	3	A1	A2	A3	
4	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ)	A4	4	A1	A2	A3	A4
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญหาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2							
5	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก	A5	1	A5			
6	ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก	A6	2	A5	A6		
7	ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก	A7	3	A5	A6	A7	
8	ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก	A8	4	A5	A6	A7	A8

1.2.2) ผลการสร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix)

การสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานใน
ระยะที่ 1 ทำให้ได้แบบสอบที่วินิจฉัยในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญาในระดับที่แตกต่างกัน เป็นข้อสอบ
แบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบ
ผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน ประกอบด้วยแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง
การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน จำนวน 8 ฉบับ แบ่งเป็นแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง
การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 1 จำนวน 4 ฉบับ และแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง
การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 2 จำนวน 4 ฉบับ มีรายละเอียดดังนี้

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 1
ประกอบด้วย 4 ฉบับ คือ

- 1) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่ง
ใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 5 จำนวน 15 ข้อ
- 2) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่งใช้
วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 6 – 10 จำนวน 15 ข้อ
- 3) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่งใช้
วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 4 จำนวน 12 ข้อ
- 4) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 ซึ่ง
ใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 1 – 4 จำนวน 12 ข้อ

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานระดับที่ 2
ประกอบด้วย 4 ฉบับ คือ

- 5) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่ง
ใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 6 – 10 จำนวน 15 ข้อ
- 6) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่งใช้
วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 6 – 10 จำนวน 15 ข้อ
- 7) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่งใช้
วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 5 – 8 จำนวน 12 ข้อ
- 8) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 ซึ่ง
ใช้วินิจฉัยคุณลักษณะที่ 5 – 8 จำนวน 12 ข้อ

รายละเอียดลักษณะของแบบสอบดังแสดงในแผนภาพที่ 4.1 โครงสร้างของแบบสอบ และตัวอย่างแบบสอบดังแสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ตารางที่ 4.14 โครงสร้างของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

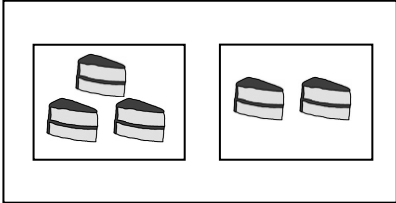
แผนภาพ โมเดล พุทธิปัญญา	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)					ข้อสอบ	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ							
ระดับที่ 1							
A1 ↓	A1					ข้อที่ 1 - 3	3
A2 ↓	A1	A2				ข้อที่ 4 - 6	3
A3 ↓	A1	A2	A3			ข้อที่ 7 - 9	3
A4 ↓	A1	A2	A3	A4		ข้อที่ 10 - 12	3
A5	A1	A2	A3	A4	A5	ข้อที่ 13 - 15	3
รวม							15
ระดับที่ 2							
A6 ↓	A6					ข้อที่ 1 - 3	3
A7 ↓	A6	A7				ข้อที่ 4 - 6	3
A8 ↓	A6	A7	A8			ข้อที่ 7 - 9	3
A9 ↓	A6	A7	A8	A9		ข้อที่ 10 - 12	3
A10	A6	A7	A8	A9	A10	ข้อที่ 13 - 15	3
รวม							15










แผนภาพ โมเดล พุทธิปัญญา	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)				ข้อสอบ	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)	
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ							
ระดับที่ 1							
A1 ↓	A1				ข้อที่ 1 - 3	3	
A2 ↓	A1	A2			ข้อที่ 4 - 6	3	
A3 ↓	A1	A2	A3		ข้อที่ 7 - 9	3	
A4 ↓	A1	A2	A3	A4	ข้อที่ 10 - 12	3	
A5	A1	A2	A3	A4	A5	ข้อที่ 13 - 15	3
รวม						15	
ระดับที่ 2							
A6 ↓	A6				ข้อที่ 1 - 3	3	
A7 ↓	A6	A7			ข้อที่ 4 - 6	3	
A8 ↓	A6	A7	A8		ข้อที่ 7 - 9	3	
A9 ↓	A6	A7	A8	A9	ข้อที่ 10 - 12	3	
A10	A6	A7	A8	A9	A10	ข้อที่ 13 - 15	3
รวม						15	

แผนภาพ โมเดล พุทธิปัญญา	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)				ข้อสอบ	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ						
ระดับที่ 1						
A1 ↓	A1				ข้อที่ 1 - 3	3
A2 ↓	A1	A2			ข้อที่ 4 - 6	3
A3 ↓	A1	A2	A3		ข้อที่ 7 - 9	3
A4	A1	A2	A3	A4	ข้อที่ 10 - 12	3
รวม						12
ระดับที่ 2						
A5 ↓	A5				ข้อที่ 1 - 3	3
A6 ↓	A5	A6			ข้อที่ 4 - 6	3
A7 ↓	A5	A6	A7		ข้อที่ 7 - 9	3
A8	A5	A6	A7	A8	ข้อที่ 10 - 12	3
รวม						12

แผนภาพ โมเดล พุทธิปัญญา	แผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix)				ข้อสอบ	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ						
ระดับที่ 1						
A1 ↓	A1				ข้อที่ 1 - 3	3
A2 ↓	A1	A2			ข้อที่ 4 - 6	3
A3 ↓	A1	A2	A3		ข้อที่ 7 - 9	3
A4	A1	A2	A3	A4	ข้อที่ 10 - 12	3
รวม						12
ระดับที่ 2						
A5 ↓	A5				ข้อที่ 1 - 3	3
A6 ↓	A5	A6			ข้อที่ 4 - 6	3
A7 ↓	A5	A6	A7		ข้อที่ 7 - 9	3
A8	A5	A6	A7	A8	ข้อที่ 10 - 12	3
รวม						12

ตารางที่ 4.15 ตัวอย่างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน <input type="checkbox"/> <input type="circle"/> <input type="hexagon"/> <input type="heart"/> ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 1</p>  <p>ฉันทมีขนมอยู่ 3 ชิ้น แม่ให้มาอีก 2 ชิ้น ฉันทมีขนมทั้งหมด 5 ชิ้น</p> $3 \quad \square \quad 2 = 5$ <p>ให้นักเรียนเติมเครื่องหมายลงในช่อง <input type="checkbox"/> เพื่อให้คำตอบเป็นจริง</p>	<p>ข้อที่ 4</p> $5 + 4 = \square$
<p>ข้อที่ 7</p> $\begin{array}{r} 2 \\ + \\ 6 \\ \hline \square \end{array} + 11 = \bigcirc$	
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน <input type="checkbox"/> <input type="circle"/> <input type="hexagon"/> <input type="heart"/> <input type="trapezoid"/> ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 5</p> $\begin{array}{r} 135 \\ + \\ 241 \\ \hline \square \end{array} + 618 = \bigcirc$	<p>ข้อที่ 8</p> $\begin{array}{r} 146 \\ + \\ 232 \\ \hline \square \end{array} + 216 = \begin{array}{r} \bigcirc \\ + \\ \hline \bigcirc \end{array}$

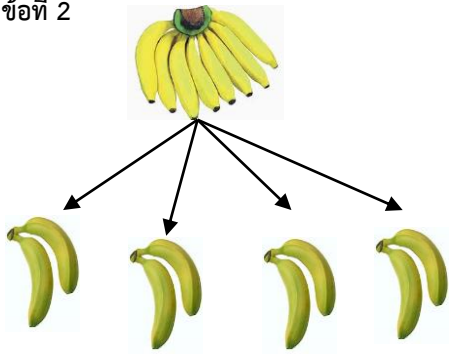
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน     ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 10</p> $\begin{array}{r} 18 \\ - \\ 9 - 2 = \square \\ \hline 65 - \bigcirc = \text{hexagon} \end{array}$	<p>ข้อที่ 15</p> $\begin{array}{r} 19 \\ - \\ 9 \quad \square \\ \hline 90 = \end{array}$ $\begin{array}{r} 73 - \bigcirc = \text{hexagon} \\ \hline \text{heart} \end{array}$
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 15 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน      ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 2</p> $873 - 541 = \square$	<p>ข้อที่ 6</p> $\begin{array}{r} 827 \\ - \\ 495 - 141 = \square \\ \hline \bigcirc \end{array}$
<p>ข้อที่ 13</p> $\begin{array}{r} 960 \\ - \\ 485 - 174 = \square \\ \hline 95,813 \end{array}$ $\begin{array}{r} 833 - \bigcirc = \text{hexagon} \\ \hline \text{heart} \end{array}$ $387,241 - \text{heart} = \text{trapezoid}$	

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน <input type="checkbox"/> <input type="circle"/> <input type="hexagon"/> ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 9</p> $\begin{array}{r} 9 \\ \times \\ 6 \\ \hline \end{array}$ <p><input type="checkbox"/> x 8 = <input type="circle"/></p>	<p>ข้อที่ 11</p> $\begin{array}{r} 7 \\ \times \quad 5 \\ 6 \\ \hline \end{array}$ <p><input type="checkbox"/> x 8 = <input type="circle"/></p> <p><input type="hexagon"/></p>
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2	
คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน <input type="checkbox"/> <input type="circle"/> <input type="hexagon"/> <input type="heart"/> ตามลำดับ	
<p>ข้อที่ 1</p> $9 \times 1,246 = \text{$	<p>ข้อที่ 6</p> $\begin{array}{r} 4,976 \\ \times \\ 8 \\ \hline \end{array}$ <p><input type="checkbox"/> x 6 = <input type="circle"/></p>
<p>ข้อที่ 12</p> $\begin{array}{r} 39 \\ \times \\ 95 \\ \hline \end{array}$ <p><input type="checkbox"/> x 8 = <input type="circle"/></p> <p>221 x <input type="hexagon"/> = <input type="heart"/></p>	

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน ตามลำดับ

ข้อที่ 2



ฉันทิ้งกล้วยอยู่ 8 ผล แบ่งใส่ถุง ถุงละ 2 ผล ได้กล้วย 4 ถุง

$8 \square 2 = 4$

ให้นักเรียนเติมเครื่องหมายลงในช่อง เพื่อให้คำตอบเป็นจริง

ข้อที่ 6

$56 \div 8 = \square$

ข้อที่ 8

$40 \div 8 = \square$

95

$\square \div \square = 95$

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

คำชี้แจง ข้อสอบมีทั้งหมด 12 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบลงใน ตามลำดับ

ข้อที่ 4

$5,175 \div 9 = \square$

$\square \div 6$ ได้ เศษ

ข้อที่ 12

$1,379 \div 3 = \square$ เศษ

$5,355 \div 9 = \square$ เศษ

$28,770 \div \square = \square$ เศษ

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ ขอนำเสนอเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ 2.1) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบก่อนการทดลองใช้ และ 2.2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบหลังการทดลองใช้ แต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบก่อนการทดลองใช้

ก่อนการทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานกับตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 ได้มีการนำแบบสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบ ซึ่งเป็นผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) โดยมีระดับความสอดคล้อง ดังนี้

- +1 หมายถึง มีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะ
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะ
- 1 หมายถึง ไม่มีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 ฉบับ ในครั้งแรก พบว่า ส่วนใหญ่ ข้อสอบมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญไม่เห็นด้วยกับรูปแบบของการออกข้อสอบ เพราะไม่ถูกต้องตามหลักการของเครื่องหมายเท่ากับ และการสร้างข้อคำถามเพื่อวัดความหมายและการใช้เครื่องหมายบวก ลบ คูณ และหาร ยังไม่ชัดเจนเท่าที่ควร ผู้เชี่ยวชาญจึงมีข้อเสนอแนะให้ปรับแก้ให้ถูกต้อง

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงได้ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน พิจารณาอีกครั้ง ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 ฉบับ ในครั้งที่สอง พบว่า ข้อสอบมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 - 1.00 ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสามารถนำข้อสอบทั้งหมดไปใช้ โดยไม่ตัดข้อใดออก รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง
การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา							
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1				เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1			
ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
	1	2			1	2	
1	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ - ปรับโจทย์ข้อ 2 ให้ชัดเจนขึ้น	1	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
2	0.6	1.0		2	0.6	1.0	
3	0.6	1.0		3	0.6	0.8	
4	1.0	1.0	-	4	1.0	1.0	-
5	1.0	1.0	-	5	1.0	1.0	-
6	1.0	1.0	-	6	1.0	1.0	-
7	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	7	0.6	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 9 ไม่ให้มีการ กระจาย
8	0.4	1.0		8	0.6	1.0	
9	0.4	1.0		9	-0.2	1.0	
10	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	10	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
11	0.4	1.0		11	0.6	1.0	
12	0.4	1.0		12	0.6	1.0	
13	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	13	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
14	0.4	1.0		14	0.4	1.0	
15	0.4	1.0		15	0.4	1.0	

เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1				เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1			
ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
	1	2			1	2	
1	0.2	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ - ปรับโจทย์ข้อที่ 2 ให้ชัดเจน ขึ้น	1	0	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
2	0.2	1.0		2	0	1.0	
3	0.2	1.0		3	0	1.0	
4	1.0	1.0	-	4	1.0	1.0	-
5	1.0	1.0	-	5	1.0	1.0	-
6	1.0	1.0	-	6	1.0	1.0	-
7	0.8	0.8	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	7	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ - ปรับโจทย์ข้อ 7 ให้เป็นการ หารที่ตัวตั้งมีหนึ่งหลัก ตัวหารมี หนึ่งหลักและผลหารมีหนึ่งหลัก
8	0.8	0.8		8	0.6	1.0	
9	0.8	0.8		9	0.6	1.0	
10	0.4	0.8	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	10	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ - ปรับโจทย์ข้อ 10 ให้เป็นการ หารที่ตัวตั้งมีหนึ่งหลัก ตัวหารมี หนึ่งหลักและผลหารมีหนึ่งหลัก
11	0.4	0.8		11	0.6	1.0	
12	0.4	0.8		12	0.6	1.0	

เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2				เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2			
ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
	1	2			1	2	
1	1.0	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 2 และ 3 ให้มีการบวกเลขสามหลักกับสองหลักและการบวกเลขสองหลักกับสามหลัก	1	1.0	1.0	-
2	1.0	1.0		2	1.0	1.0	-
3	1.0	1.0		3	1.0	1.0	-
4	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	4	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
5	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 6 ให้มีการบวกที่มีการทดจากหลักสิบไปหลักร้อย	5	0.6	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 5 ให้มีการลบเลขสามหลักกับสองหลัก
6	0.4	1.0		6	0.6	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 6 ให้มีการกระจายจากหลักร้อยไปหลักสิบ
7	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	7	0.6	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
8	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 8 ให้มีการบวกเลขสองหลักกับสามหลัก	8	0.6	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 9 ให้มีการลบเลขสามหลักกับสองหลัก
9	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 9 ให้มีการทดจากหลักสิบไปหลักร้อย	9	0.6	1.0	
10	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	10	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
11	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 11 ให้มีการบวกเลขสามหลักกับสองหลัก	11	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 10 ให้มีการลบเลขสี่หลักกับสามหลัก
12	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 12 ให้มีการทดจากหลักสิบไปหลักร้อย	12	0.4	1.0	
13	0	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	13	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อคำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
14	0	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 14 ให้มีการบวกเลขสามหลักกับสองหลัก	14	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 14 ให้มีการกระจายจากหลักร้อยไปหลักสิบ
15	0	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 15 ให้มีการทดจากหลักสิบไปหลักร้อย	15	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 15 ให้มีการกระจายหลายหลัก

เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2				เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2			
ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อ	ค่า IOC (รอบที่)		ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ
	1	2			1	2	
1	1.0	1.0	-	1	1.0	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ
2	1.0	1.0	-	2	1.0	1.0	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
3	1.0	1.0	-	3	1.0	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 2 ให้เป็นการ หารที่มีเศษ - ปรับโจทย์ข้อ 3 ให้เป็นการ หารที่ผลหารมีสองหลัก
4	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ	4	0.4	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ
5	0.4	1.0	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	5	0.4	1.0	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
6	0.4	1.0		6	0.4	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 6 ให้เป็นการ หารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมี หนึ่งหลักและเป็นการหารที่มี เศษ
7	0	0.8	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ	7	0.2	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ
8	0	0.8	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	8	0.2	1.0	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
9	0	0.8		9	0.2	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 9 ให้เป็นการ หารที่ตัวหารมีสองหลักและเป็น การหารที่มีเศษ
10	0	0.8	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ	10	0.2	1.0	- ปรับรูปแบบการสร้างข้อ
11	0	0.8	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ	11	0.2	1.0	คำถามให้ถูกต้องตามหลักการ
12	0	0.8	- ปรับโจทย์ข้อ 10 ให้มีการ คูณเลขสองหลักกับห้าหลัก	12	0.2	1.0	- ปรับโจทย์ข้อ 12 ให้เป็นการ หารที่ตัวหารมีสองหลักและเป็น การหารที่มีเศษ และการหารที่ ตัวหารมีสามหลักและเป็นการ หารไม่มีเศษ

2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบหลังการทดลองใช้

หลังการทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานกับตัวอย่างแล้ว ได้มีการนำผลคะแนนที่ได้จากแบบสอบไปวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ ซึ่งนำเสนอออกเป็น 3 ส่วน คือ 2.2.1) ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบ 2.2.2) ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ และ 2.2.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ เป็นการนำเสนอข้อมูลค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานกับตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 สำหรับตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อและหาค่าความเที่ยง เพื่อให้ทราบลักษณะการแจกแจงของคะแนนและความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของนักเรียนแต่ละเรื่อง โดยใช้สถิติพื้นฐานบรรยายให้ทราบค่าคะแนนต่ำสุด (Minimum) ค่าคะแนนสูงสุด (Maximum) ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean: M) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะโดยเฉลี่ยและความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยในแต่ละรูปแบบ พบว่า

แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน และคะแนนสูงสุดเท่ากับคะแนนเต็ม คือ การบวกและการลบจำนวนนับ มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 15 คะแนน ส่วนการคูณและการหารจำนวนนับ มีคะแนนสูงสุดเท่ากับ 12 คะแนน ในส่วนของคะแนนเฉลี่ย แบบสอบทั้ง 2 ระดับเรื่องการบวกจำนวนนับ มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา คือ การลบ การคูณ และการหารตามลำดับ (M ระดับที่ 1 = 14.124 , 13.016 , 10.733 และ 9.180 ตามลำดับ ส่วน M ระดับที่ 2 = 12.007 , 9.258 , 6.938 และ 6.923 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของคะแนนของแบบสอบในเรื่องเดียวกัน จะเห็นได้ว่าแบบสอบในระดับที่ 1 จะมีคะแนนเฉลี่ย มากกว่าแบบสอบในระดับที่ 2 และข้อสอบที่มีคุณลักษณะที่สูงขึ้น จะมีคะแนนเฉลี่ยนลดลงตามลำดับ สอดคล้องกับค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะโดยเฉลี่ย ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าลดลงจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐาน ไปคุณลักษณะขั้นสูงขึ้น รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.17 และ 4.18

ตารางที่ 4.17 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้แบบสอบ

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา										
เรื่อง การบวก	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		เรื่อง การลบ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		
	ข้อ	M	SD	M		SD	ข้อ	M	SD	M
	1	0.995	0.068	0.974	0.161	1	0.966	0.182	0.931	0.254
	2	0.993	0.083	0.974	0.161	2	0.979	0.142	0.919	0.274
	3	0.995	0.068	0.949	0.219	3	0.966	0.182	0.919	0.274
	4	0.984	0.126	0.901	0.299	4	0.959	0.199	0.658	0.475
	5	0.991	0.095	0.923	0.267	5	0.979	0.142	0.701	0.458
	6	0.993	0.083	0.892	0.311	6	0.956	0.204	0.701	0.458
	7	0.973	0.164	0.831	0.375	7	0.901	0.299	0.615	0.487
	8	0.989	0.106	0.846	0.362	8	0.922	0.268	0.605	0.489
	9	0.975	0.157	0.815	0.389	9	0.908	0.289	0.615	0.487
	10	0.931	0.253	0.776	0.417	10	0.828	0.378	0.505	0.501
	11	0.936	0.245	0.718	0.450	11	0.846	0.361	0.474	0.500
	12	0.947	0.224	0.730	0.444	12	0.839	0.368	0.507	0.501
	13	0.819	0.385	0.564	0.497	13	0.624	0.485	0.390	0.488
	14	0.826	0.379	0.566	0.496	14	0.658	0.475	0.354	0.479
	15	0.776	0.418	0.549	0.498	15	0.684	0.466	0.366	0.482
คะแนน รวม		14.124	1.575	12.007	2.763	คะแนน รวม	13.016	2.627	9.258	4.148

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา									
เรื่อง การคูณ	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2		เรื่อง การหาร	ระดับที่ 1		ระดับที่ 2	
	ข้อ	M	SD	M		SD	ข้อ	M	SD
1	0.998	0.049	0.885	0.320	1	0.983	0.129	0.770	0.421
2	0.993	0.084	0.834	0.372	2	0.983	0.129	0.772	0.420
3	0.995	0.069	0.849	0.359	3	0.981	0.137	0.832	0.374
4	0.979	0.145	0.757	0.429	4	0.890	0.314	0.650	0.478
5	0.971	0.167	0.712	0.454	5	0.859	0.349	0.681	0.467
6	0.995	0.069	0.656	0.476	6	0.887	0.317	0.638	0.481
7	0.902	0.297	0.507	0.501	7	0.746	0.436	0.592	0.492
8	0.881	0.324	0.466	0.499	8	0.624	0.485	0.561	0.497
9	0.841	0.367	0.486	0.500	9	0.753	0.432	0.470	0.500
10	0.712	0.453	0.346	0.476	10	0.530	0.500	0.302	0.460
11	0.724	0.448	0.216	0.412	11	0.470	0.500	0.269	0.444
12	0.743	0.438	0.224	0.417	12	0.475	0.500	0.386	0.487
คะแนน รวม	10.733	1.651	6.938	3.322	คะแนน รวม	9.180	2.878	6.923	3.760

ตารางที่ 4.18 ความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะโดยเฉลี่ย

คุณลักษณะที่	ความน่าจะเป็นของความรอบรู้โดยเฉลี่ย			
	แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา			
	เรื่องการบวกจำนวนนับ		เรื่องการลบจำนวนนับ	
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
1	0.9954	0.9952	0.9862	0.9527
2	0.9954	0.9757	0.9830	0.8202
3	0.9966	0.9476	0.9558	0.7994
4	0.9833	0.9180	0.9543	0.7041
5	0.9340	0.6834	0.7955	0.6053

คุณลักษณะที่	แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา			
	เรื่องการคูณจำนวนนับ		เรื่องการหารจำนวนนับ	
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
1	0.9976	0.8381	0.9832	0.8359
2	0.9988	0.8324	0.9054	0.8799
3	0.9376	0.6475	0.8188	0.6730
4	0.8830	0.4849	0.6647	0.5414

สำหรับการนำเสนอผลการวินิจฉัยในครั้งนี้จะกำหนดเป็นชุดตัวเลขตามลำดับคุณลักษณะ เช่น 11100 หมายถึง ตัวเลขตัวที่ 1 หมายถึง ผลการวินิจฉัยในคุณลักษณะที่ 1 และตัวเลขตัวที่ 2 , 3 , 4 และ 5 หมายถึง ผลการวินิจฉัยในคุณลักษณะที่ 2 , 3 , 4 และ 5 ตามลำดับ สำหรับตัวเลขที่แสดงผลการวินิจฉัยนั้น กำหนดให้ตัวเลข 0 หมายถึง ผ่านในคุณลักษณะนั้น และ 1 หมายถึง ไม่ผ่านในคุณลักษณะนั้น เช่น 11100 หมายถึง คุณลักษณะที่ 1 , 2 และ 3 ผ่าน ในขณะที่คุณลักษณะที่ 4 และ 5 ไม่ผ่าน ซึ่งผลการวินิจฉัยของเรื่องการบวกและลบจำนวนนับมีผลการวินิจฉัยที่เป็นไปได้ เท่ากับ $2^{\text{จำนวนคุณลักษณะ}}$ เท่ากับ 2^5 เท่ากับ 32 รูปแบบ ในส่วนของผลการวินิจฉัยของเรื่องการคูณและหารจำนวนนับมีผลการวินิจฉัยที่เป็นไปได้ เท่ากับ $2^{\text{จำนวนคุณลักษณะ}}$ เท่ากับ 2^4 เท่ากับ 16 รูปแบบ

ผลการวินิจฉัยเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับระดับที่ 1 และการบวกจำนวนนับระดับที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่มีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยผ่านทุกคุณลักษณะมากกว่า 0.5 (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.92390 , 0.75862 , 0.85126 , 0.54836 และ 0.62594 ตามลำดับ) และบางส่วนมีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยไม่ผ่านในคุณลักษณะสุดท้าย (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.05593 , 0.16760 , 0.08518 , 0.21899 และ 0.25921 ตามลำดับ) สำหรับผลการวินิจฉัยเรื่องการลบ และหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 นักเรียนมีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยผ่านทุกคุณลักษณะมากที่สุด (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.38176 และ 0.32732 ตามลำดับ) รองลงมาคือ มีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยไม่ผ่านในคุณลักษณะสุดท้าย (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.17120 และ 0.24462 ตามลำดับ) ในขณะที่ผลการวินิจฉัยเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 นักเรียนมีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยไม่ผ่านในคุณลักษณะสุดท้ายมากที่สุด (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.25402) รองลงมา คือ มีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยผ่านทุกคุณลักษณะ (ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.28425) และผลการวินิจฉัยเรื่องการลบ คูณ และหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 นักเรียนมีความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยกระจายในแต่ละรูปแบบมากกว่าเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับระดับที่ 1 และการบวกจำนวนนับระดับที่ 2 ในแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังตาราง 4.19

ตารางที่ 4.19 ความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยในแต่ละรูปแบบ

รูปแบบผลการวินิจฉัย	ความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัย			
	แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา			
	เรื่องการบวกจำนวนนับ		เรื่องการลบจำนวนนับ	
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
00000	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
10000	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
01000	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00100	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00010	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00001	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
11000	0.00000	0.00977	0.00086	0.02472
10100	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
10010	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
10001	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
01100	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
01010	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
01001	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00110	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00101	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00011	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
11100	0.00665	0.02453	0.00881	0.07238
11010	0.00000	0.00977	0.00806	0.02472
11001	0.00000	0.00977	0.00806	0.02472
10110	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
10101	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
10011	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
01110	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
01101	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
01011	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
00111	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
11110	0.05593	0.25921	0.16760	0.17120

รูปแบบผลการวินิจฉัย	ความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัย			
	แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา			
	เรื่องการบวกจำนวนนับ		เรื่องการลบจำนวนนับ	
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
11011	0.00000	0.00977	0.00806	0.02472
10111	0.00029	0.00274	0.00127	0.01951
01111	0.00029	0.00030	0.00086	0.00296
11111	0.92390	0.62594	0.75862	0.38176
รูปแบบผลการวินิจฉัย	ความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัย			
	แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา			
	เรื่องการคูณจำนวนนับ		เรื่องการหารจำนวนนับ	
	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2	ระดับที่ 1	ระดับที่ 2
0000	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
1000	0.00000	0.02916	0.02155	0.00951
0100	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
0010	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
0001	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
1100	0.03059	0.12159	0.06483	0.11295
1010	0.00000	0.02916	0.02155	0.00951
1001	0.00000	0.02916	0.02155	0.00951
0110	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
0101	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
0011	0.00030	0.01274	0.00210	0.02052
1110	0.08518	0.28425	0.21899	0.24462
1101	0.03059	0.12159	0.06483	0.11295
1011	0.00000	0.02916	0.02155	0.00951
0111	0.00030	0.01274	0.02100	0.02052
1111	0.85126	0.25402	0.54836	0.32732

2.2.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index: IDI) ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบสอบทั้ง 8 ฉบับ พบว่าข้อสอบทุกข้อมีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) น้อยกว่า 0.2 ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่ดีและมีคุณภาพ (Rupp, Templin และ Henson, 2010 และ de la Torre, 2004) ส่วนค่าดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) มากกว่า 0.6 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด บ่งชี้ให้เห็นว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกผู้สอบระหว่างคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) ได้ (Rupp, Templin และ Henson, 2010)

เมื่อพิจารณาแบบสอบแต่ละฉบับ พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 จำนวน 15 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.188 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.161 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.684 – 1.000

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 จำนวน 15 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.163 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.188 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.717 – 0.993

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 จำนวน 12 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.153 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.185 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.694 – 1.000

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 จำนวน 12 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.179 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.197 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.640 – 1.000

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 จำนวน 15 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.178 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.022 – 0.198 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.631 – 0.978

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 จำนวน 15 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.064 – 0.154 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.027 – 0.194 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.660 – 0.896

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 จำนวน 12 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.008 – 0.187 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.034 – 0.194 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.671 – 0.847

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 จำนวน 12 ข้อ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.191 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.024 – 0.200 และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.701 – 0.800

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) เท่ากับ 0.077 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) เท่ากับ 0.099 และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) เท่ากับ 0.824 นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบแต่ละระดับ พบว่า แบบสอบในระดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.036 – 0.059 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.040 – 0.078 และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.862 – 0.925 ส่วนแบบสอบในระดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.093 – 0.113 ค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.118 – 0.150 และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.749 – 0.774 จะเห็นได้ว่า แบบสอบในระดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) น้อยกว่าแบบสอบในระดับที่ 2 จึงทำให้มีค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) สูงกว่าแบบสอบในระดับที่ 2 เช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ของแบบสอบแต่ละฉบับ พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) น้อยที่สุด และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) มากที่สุด รองลงมา คือ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณ และการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 ตามลำดับ ในขณะที่แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) มากที่สุด ส่วนแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j)

มากที่สุด และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) น้อยที่สุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา									
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1					เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1				
ข้อ	g_j	r_j	IDI	rmsea	ข้อ	g_j	r_j	IDI	rmsea
1	0.000	0.000	1.000	0.000	1	0.000	0.021	0.979	0.009
2	0.000	0.002	0.998	0.001	2	0.000	0.007	0.993	0.005
3	0.000	0.000	1.000	0.000	3	0.000	0.021	0.979	0.007
4	0.000	0.009	0.991	0.010	4	0.096	0.020	0.884	0.032
5	0.000	0.002	0.998	0.001	5	0.137	0.000	0.863	0.007
6	0.000	0.000	1.000	0.000	6	0.137	0.023	0.839	0.013
7	0.000	0.021	0.979	0.025	7	0.163	0.055	0.783	0.051
8	0.000	0.005	0.995	0.027	8	0.000	0.023	0.977	0.004
9	0.000	0.018	0.982	0.003	9	0.000	0.038	0.962	0.018
10	0.121	0.052	0.828	0.035	10	0.000	0.106	0.894	0.016
11	0.086	0.047	0.868	0.013	11	0.094	0.094	0.812	0.029
12	0.000	0.033	0.967	0.009	12	0.022	0.095	0.882	0.035
13	0.188	0.129	0.684	0.023	13	0.034	0.188	0.778	0.016
14	0.142	0.118	0.741	0.017	14	0.054	0.150	0.796	0.021
15	0.002	0.161	0.837	0.001	15	0.139	0.143	0.717	0.048
M	0.036	0.040	0.925	0.011	M	0.058	0.066	0.876	0.021
SD	0.064	0.053	0.106	0.012	SD	0.063	0.060	0.088	0.015
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1					เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1				
ข้อ	g_j	r_j	IDI	rmsea	ข้อ	g_j	r_j	IDI	rmsea
1	0.000	0.000	1.000	0.000	1	0.000	0.000	1.000	0.000
2	0.000	0.005	0.995	0.003	2	0.000	0.000	1.000	0.000
3	0.000	0.002	0.998	0.003	3	0.000	0.002	0.998	0.006
4	0.000	0.019	0.981	0.025	4	0.092	0.019	0.889	0.022
5	0.000	0.026	0.974	0.007	5	0.000	0.043	0.957	0.016

แบบสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญา									
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1					เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1				
ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea	ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea
6	0.000	0.002	0.998	0.003	6	0.000	0.011	0.989	0.017
7	0.153	0.047	0.800	0.029	7	0.173	0.080	0.747	0.044
8	0.041	0.062	0.897	0.003	8	0.031	0.197	0.772	0.164
9	0.045	0.106	0.850	0.058	9	0.162	0.068	0.770	0.054
10	0.122	0.185	0.694	0.014	10	0.179	0.181	0.640	0.116
11	0.126	0.172	0.702	0.057	11	0.015	0.156	0.829	0.006
12	0.124	0.149	0.727	0.011	12	0.060	0.183	0.757	0.049
M	0.051	0.065	0.885	0.018	M	0.059	0.078	0.862	0.041
SD	0.062	0.070	0.125	0.021	SD	0.073	0.079	0.126	0.051
แบบสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญา									
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2					เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2				
ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea	ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea
1	0.000	0.022	0.978	0.023	1	0.077	0.027	0.896	0.030
2	0.000	0.022	0.978	0.021	2	0.077	0.040	0.884	0.045
3	0.000	0.046	0.954	0.051	3	0.084	0.040	0.876	0.038
4	0.114	0.077	0.809	0.044	4	0.075	0.193	0.732	0.062
5	0.099	0.054	0.847	0.035	5	0.117	0.150	0.733	0.047
6	0.137	0.088	0.775	0.049	6	0.061	0.136	0.804	0.030
7	0.178	0.123	0.699	0.073	7	0.148	0.183	0.669	0.067
8	0.151	0.105	0.744	0.039	8	0.142	0.194	0.664	0.087
9	0.174	0.140	0.686	0.070	9	0.154	0.186	0.660	0.075
10	0.167	0.145	0.688	0.076	10	0.133	0.194	0.673	0.070
11	0.017	0.191	0.792	0.096	11	0.050	0.184	0.766	0.026
12	0.157	0.196	0.648	0.050	12	0.130	0.188	0.682	0.062
13	0.132	0.178	0.690	0.041	13	0.129	0.188	0.683	0.074
14	0.171	0.198	0.631	0.052	14	0.064	0.177	0.759	0.034
15	0.112	0.189	0.698	0.034	15	0.079	0.168	0.753	0.059
M	0.107	0.118	0.774	0.050	M	0.101	0.150	0.749	0.054
SD	0.069	0.064	0.118	0.021	SD	0.036	0.061	0.083	0.019

แบบสอบเชิงวิจจัยทางพุทธิปัญญา									
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2					เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2				
ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea	ข้อ	g_j	s_j	IDI	rmsea
1	0.166	0.034	0.800	0.031	1	0.170	0.112	0.717	0.086
2	0.073	0.080	0.847	0.029	2	0.185	0.112	0.703	0.056
3	0.153	0.072	0.775	0.023	3	0.099	0.024	0.877	0.008
4	0.187	0.083	0.730	0.078	4	0.028	0.193	0.779	0.116
5	0.187	0.142	0.671	0.028	5	0.077	0.166	0.757	0.058
6	0.122	0.194	0.684	0.097	6	0.000	0.200	0.800	0.076
7	0.130	0.169	0.700	0.085	7	0.191	0.108	0.701	0.125
8	0.070	0.194	0.736	0.089	8	0.129	0.115	0.756	0.095
9	0.096	0.180	0.724	0.043	9	0.024	0.196	0.780	0.113
10	0.151	0.080	0.770	0.157	10	0.053	0.185	0.762	0.050
11	0.008	0.173	0.819	0.006	11	0.007	0.195	0.798	0.009
12	0.015	0.165	0.820	0.012	12	0.153	0.134	0.713	0.138
M	0.113	0.131	0.756	0.057	M	0.093	0.145	0.762	0.078
SD	0.061	0.057	0.058	0.045	SD	0.071	0.054	0.051	0.043

2.2.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง (Reliability) ด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องและค่าสถิติ แคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง มีรายละเอียดดังนี้

2.2.3.1) ผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เป็นการคำนวณด้วยวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) พบว่า แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตันอยู่ระหว่าง 0.873 – 0.986 และค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของโลเวท อยู่ระหว่าง 0.816 – 0.985 จะเห็นได้ว่าแบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าความเที่ยงเป็นไปตามเกณฑ์แบบสอบที่มีคุณภาพตามที่กำหนด แต่ค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตันสูงกว่าค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของโลเวทอยู่เล็กน้อย

เมื่อเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบแต่ละฉบับ พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 มีความเที่ยงมากที่สุด รองลงมา คือ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณ และการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 ตามลำดับ ในขณะที่แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีความเที่ยงน้อยที่สุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้งฉบับ

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา	ค่าความเที่ยง	
	วิธีของลิวิงตัน (Livingston Method)	วิธีของโลเวท (Lovett Method)
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.986	0.985
เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.970	0.964
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.967	0.961
เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.938	0.913
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.939	0.928
เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.901	0.873
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.873	0.816
เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.900	0.872

2.2.3.2) ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

การตรวจสอบความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องและค่าสถิติแคปปา (K) ระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง ซึ่งผลการวินิจฉัยในครั้งนี้จะกำหนดเป็นชุดตัวเลขตามลำดับคุณลักษณะ เช่น 11100 หมายถึง ตัวเลขตัวที่ 1 หมายถึง ผลการวินิจฉัยในคุณลักษณะที่ 1 และตัวเลขตัวที่ 2, 3, 4 และ 5 หมายถึง ผลการวินิจฉัยในคุณลักษณะที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ สำหรับตัวเลขที่แสดงผลการวินิจฉัยนั้น กำหนดให้ตัวเลข 0 หมายถึง ผ่านในคุณลักษณะนั้น และ 1 หมายถึง ไม่ผ่านในคุณลักษณะนั้น เช่น 11100 หมายถึง คุณลักษณะที่ 1, 2 และ 3 ผ่าน ในขณะที่ คุณลักษณะที่ 4 และ 5 ไม่ผ่าน ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานแต่ละฉบับมีรายละเอียดดังนี้

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 34 คน วินิจฉัยใน 5 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9 3) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีการทด 4) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีการทด และ 5) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมี การทด

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (11111) จำนวน 23 คน ผ่าน 4 คุณลักษณะแรก (11110) จำนวน 1 คน และผ่าน 3 คุณลักษณะแรก (11100) จำนวน 6 คน รวมทั้งสิ้น 30 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.882 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.728 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	00000	10000	11000	11100	11110	11111	รวม
00000	-	-	-	-	-	-	-
10000	-	-	-	-	-	-	-
11000	-	-	-	-	-	-	-
11100	-	-	-	6 (17.65%)	-	-	6 (17.65%)
11110	-	-	-	1 (2.94%)	1 (2.94%)	-	2 (5.88%)
11111	-	-	-	2 (5.88%)	1 (2.94%)	23 (67.65%)	26 (76.47%)
รวม	-	-	-	9 (26.47%)	2 (5.88%)	23 (67.65%)	34 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 34 คน วินิจฉัยใน 5 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการลบและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 9 3) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีการกระจาย 4) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีการกระจาย และ 5) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีการกระจาย

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (11111) จำนวน 25 คน ผ่าน 4 คุณลักษณะแรก (11110) จำนวน 1 คน ผ่าน 3 คุณลักษณะแรก (11100) จำนวน 2 คน และผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (11000) จำนวน 1 คน รวมทั้งสิ้น 29 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.853 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.647 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	00000	10000	11000	11100	11110	11111	รวม
00000	-	-	-	-	-	-	-
10000	-	-	-	-	-	-	-
11000	-	-	1 (2.94%)	-	1 (2.94%)	-	2 (5.88%)
11100	-	-	2 (5.88%)	2 (5.88%)	-	1 (2.94%)	5 (14.71%)
11110	-	-	-	1 (2.94%)	1 (2.94%)	-	2 (5.88%)
11111	-	-	-	-	-	25 (73.53%)	25 (73.53%)
รวม	-	-	3 (8.82%)	3 (8.82%)	2 (5.88%)	26 (76.47%)	34 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน วินิจฉัยใน 4 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก 3) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก และ 4) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (1111) จำนวน 14 คน และผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (1100) จำนวน 11 คน รวมทั้งสิ้น 25 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.758 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.587 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ

	0000	1000	1100	1110	1111	รวม
0000	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1100	-	1 (3.03%)	11 (33.33%)	-	-	12 (36.36%)
1110	-	-	-	-	-	-
1111	-	-	2 (6.06%)	5 (15.15%)	14 (42.42%)	21 (63.64%)
รวม	-	1 (3.03%)	13 (39.40%)	5 (15.15%)	14 (42.42%)	33 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน วินิจฉัยใน 4 คุณลักษณะ คือ 1) ความเข้าใจในความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง 2) ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว) 3) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว) และ 4) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ)

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (1111) จำนวน 7 คน และผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (1100) จำนวน 20 คน รวมทั้งสิ้น 27 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.818 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.640 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ ระดับที่ 1

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	0000	1000	1100	1110	1111	รวม
0000	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1100	-	2 (6.06%)	20 (60.61%)	-	-	22 (66.67%)
1110	-	-	-	-	-	-
1111	-	-	1 (3.03%)	3 (9.09%)	7 (21.21%)	11 (33.33%)
รวม	-	2 (6.06%)	21 (63.64%)	3 (9.09%)	7 (21.21%)	<u>33</u> (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน วินิจฉัยใน 5 คุณลักษณะ คือ 1) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีการทด 2) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 1 หลัก 3) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด 2 หลัก 4) ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000 และ 5) ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (11111) จำนวน 18 และผ่าน 3 คุณลักษณะแรก (11100) จำนวน 5 คน รวมทั้งสิ้น 23 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.821 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.569 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	00000	10000	11000	11100	11110	11111	รวม
00000	-	-	-	-	-	-	-
10000	-	-	-	-	-	-	-
11000	-	-	-	-	-	-	-
11100	-	-	-	5 (17.86%)	-	-	5 (17.86%)
11110	-	-	-	-	-	-	-
11111	-	-	-	4 (14.29%)	1 (3.57%)	18 (64.29%)	23 (82.14%)
รวม	-	-	-	9 (32.14%)	1 (3.57%)	18 (64.29%)	28 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 28 คน วินิจฉัยใน 5 คุณลักษณะ คือ 1) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีการกระจาย 2) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 1 หลัก 3) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย 2 หลัก 4) ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100,000 และ 5) ทักษะการลบจำนวนหลายหลักสองจำนวน

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (11111) จำนวน 25 คน ผ่าน 4 คุณลักษณะแรก (11110) จำนวน 1 คน ผ่าน 3 คุณลักษณะแรก (11100) จำนวน 2 คน และผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (11000) จำนวน 1 คน รวมทั้งสิ้น 22 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.786 และมีค่าสถิติแคปปา เท่ากับ 0.592 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	00000	10000	11000	11100	11110	11111	รวม
00000	-	-	-	-	-	-	-
10000	-	-	-	-	-	-	-
11000	-	-	-	-	-	-	-
11100	-	-	1 (3.57%)	7 (25.00%)	-	-	8 (28.57%)
11110	-	-	-	-	-	-	-
11111	-	-	-	2 (7.14%)	3 (10.72%)	15 (53.57%)	20 (71.43%)
รวม	-	-	1 (3.57%)	9 (32.14%)	3 (10.72%)	15 (53.57%)	28 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 25 คน วินิจฉัยใน 4 คุณลักษณะ คือ 1) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก 2) ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก 3) ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก และ 4) ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (1111) จำนวน 15 คน ผ่าน 3 คุณลักษณะแรก (1110) จำนวน 3 คน และผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (1100) จำนวน 3 คน รวมทั้งสิ้น 21 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.840 และมีค่าสถิติแคปปาเท่ากับ 0.688 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดี รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	0000	1000	1100	1110	1111	รวม
0000	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1100	-	-	3 (12.00%)	1 (4.00%)	-	4 (16.00%)
1110	-	-	-	3 (12.00%)	-	3 (12.00%)
1111	-	-	2 (8.00%)	1 (4.00%)	15 (60.00%)	18 (72.00%)
รวม	-	-	5 (20.00%)	5 (20.00%)	15 (60.00%)	25 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 25 คน วินิจฉัยใน 4 คุณลักษณะ คือ 1) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก 2) ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก 3) ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก และ 4) ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก

การพิจารณาความตรงตามสภาพ พบว่า ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง โดยผ่านทุกคุณลักษณะ (1111) จำนวน 6 คน ผ่าน 2 คุณลักษณะแรก (1100) จำนวน 9 คน และผ่าน 1 คุณลักษณะแรก (1000) จำนวน 7 คน รวมทั้งสิ้น 22 คน คิดเป็นสัดส่วน 0.880 และมีค่าสถิติแคปบาเท่ากับ 0.824 ถือว่ามีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

ผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

	0000	1000	1100	1110	1111	รวม
0000	-	-	-	-	-	-
1000	-	9 (36.00%)	-	-	-	9 (36.00%)
1100	-	1 (4.00%)	7 (28.00%)	-	-	8 (32.00%)
1110	-	-	2 (8.00%)	-	-	2 (8.00%)
1111	-	-	-	-	6 (24.00%)	6 (24.00%)
รวม	-	10 (40.00%)	9 (36.00%)	-	6 (24.00%)	25 (100.00%)

ผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

เมื่อเปรียบเทียบความตรงตามสภาพของแบบสอบแต่ละฉบับด้วยค่าสัดส่วนความสอดคล้อง พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 และการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 ตามลำดับ ในขณะที่แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าสถิติแคปปา พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีค่ามากที่สุด รองลงมา คือ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 และการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 ตามลำดับ ในขณะที่แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 ผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้งฉบับ

แบบสอบเชิงวินิจฉัย ทางพุทธิปัญญา	ความตรงตามสภาพ	
	ค่าสัดส่วน ของความสอดคล้อง	ค่าสถิติแคปปา
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.882	0.728
เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.853	0.647
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.758	0.587
เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	0.818	0.640
เรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.821	0.569
เรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.786	0.592
เรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.840	0.688
เรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	0.880	0.824

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ

การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ ขอนำเสนอเป็น 3 หัวข้อย่อย คือ 3.1) ผลการสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และคู่มือการใช้ 3.2) ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานและคู่มือการใช้ และ 3.3) ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ผลการสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และคู่มือการใช้

การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และคู่มือการใช้ ขอนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน ตามขั้นตอนการดำเนินการ คือ 3.1.1) ผลการสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ และ 3.1.2) ผลการสร้างคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

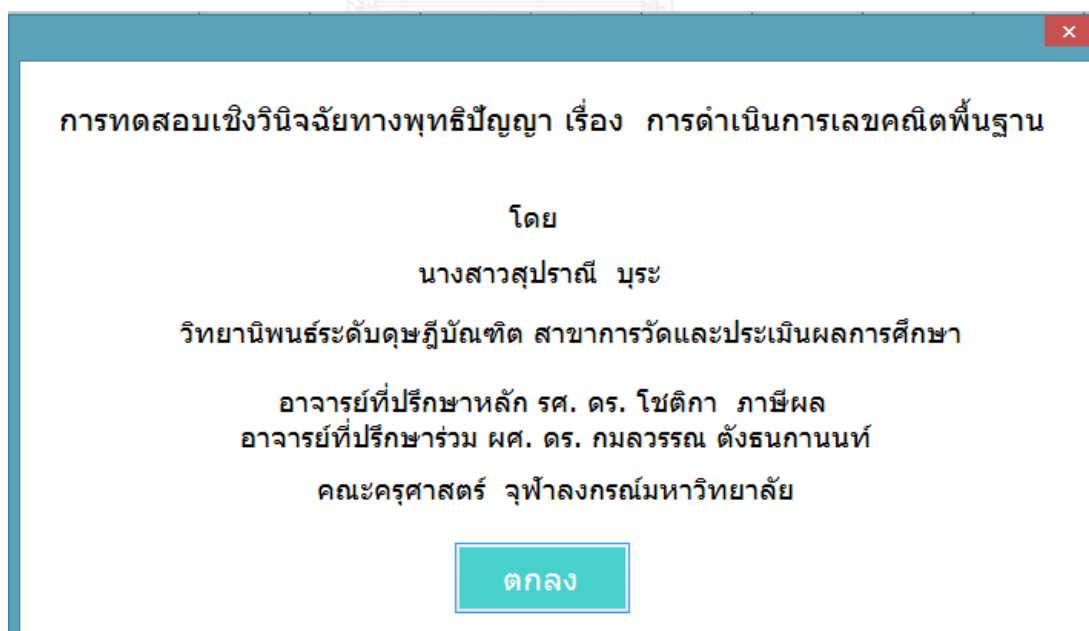
3.1.1 ผลการสร้างโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน สร้างด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2010 ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาโปรแกรมแบบครบวงจร เขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic .NET และทำงานบน Microsoft .NET Framework 4.0 ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ใช้สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบปฏิบัติการ Windows ใช้ฐานข้อมูล Microsoft Access ออกรายงานผลการวินิจฉัยด้วยโปรแกรม Report Viewer 2010 และวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลไอเอ็นเอ ด้วยโปรแกรม R ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการคำนวณทางสถิติ

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ออกแบบให้มีการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 ชุด

การทำงานของโปรแกรมการทดสอบ เริ่มจากครูเข้าโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู (Teacher.exe) ดำเนินการสร้างห้องสอบ โดยกรอกข้อมูลพื้นฐานสำหรับแบบสอบชุดนั้น ๆ ได้แก่ ชั้นปี โรงเรียน ชื่อครู ชุดข้อสอบ จากนั้นระบบจะทำการออกรหัสห้องสอบนั้นสำหรับให้นักเรียนกรอกเพื่อเข้าสอบ ต่อไปนักเรียนเข้าโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน (Student.exe) ระบุรหัสห้องสอบ จากนั้นดำเนินการกรอกข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน แล้วทำการเริ่มต้นการสอบจนเสร็จสิ้นการสอบ โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน (Student.exe) จะส่งคำตอบและคะแนนจากนักเรียนแต่ละคนตอบ ไปให้ โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู (Teacher.exe) ทำการบันทึกลงฐานข้อมูล Microsoft Access หลังจากเสร็จสิ้นการสอบ ครูสามารถดูผลคะแนนรายข้อของนักเรียนแต่ละคน จากนั้นทำการประมวลผลและออกรายงานผลการวินิจฉัย

ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูแสดงดังภาพที่ 4.2 – 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 หน้าแรกของโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู

ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน แสดงดังภาพที่ 4.5 - 4.8

ตามลำดับ



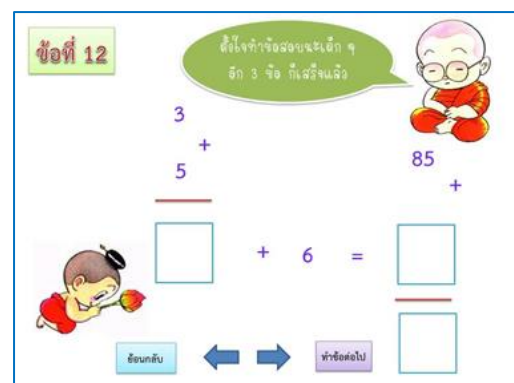
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างหน้าแรกของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน




ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างหน้ากรอกข้อมูลผู้สอบของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างหน้าคำชี้แจงของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน



ภาพที่ 4.8 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1

ข้อที่ 3 พี่มีเงิน 5 บาท  น้องมีเงิน 2 บาท  พี่มีเงินมากกว่าน้อง 3 บาท

$5 \square 2 = 3$

ให้นักเรียนเลือกเครื่องหมายลงในช่อง เพื่อให้คำตอบเป็นจริง

+ - × ÷

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 15

$9 - 1 = \square$ 19 - $\square = 90$

$73 - \square = \square$

$\square - \square = \square$

ทายตัวเลขครบทุกข้อจึงจะ
ได้งี้อันดับเลขที่ถูกต้อง

ย้อนกลับ ← → ส่งข้อต่อไป

ภาพที่ 4.9 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1

ข้อที่ 2  ดินมีขนมเค้กอยู่ 4 จาน
จานละ 3 ชิ้น ดินมีขนมเค้ก
ทั้งหมด 12 ผล $4 \square 3 = 12$

ให้นักเรียนเลือกเครื่องหมายลงในช่อง เพื่อให้คำตอบเป็นจริง

+ - × ÷

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 10

$3 \times 8 = \square$ $7 \times \square = \square$

$\square \times 9 = \square$

จับคู่ตรงกันอีกใจๆนะ

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป


ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1

ข้อที่ 1 ดินมีขนมอยู่ 12 ชิ้น 
จัดใส่จาน จานละ 3 ชิ้น ได้ขนม 4 จาน

$12 \square 3 = 4$ ให้นักเรียนเลือกเครื่องหมายลงใน
ช่อง เพื่อให้คำตอบเป็นจริง

+ - × ÷

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 9  ทายตัวเลข 3 ข้อ
ทำข้อต่อไปจะชนะ 99

$81 \div 9 = \square$

$\square \div \square = \square$

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ภาพที่ 4.11 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1

ข้อที่ 4

$$\begin{array}{r} 223 \\ + 366 \\ \hline \end{array}$$

สัตว์สองชนิด โจทย์หนึ่งข้อครึ่ง...

+ 304 =

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 13

$$\begin{array}{r} 253 \\ + 125 \\ \hline \end{array}$$

ตรวจคำตอบ โจทย์หนึ่งข้อครึ่ง

+ 214 =

+ 753,895 =

$82,564 +$ =

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2

ข้อที่ 2

$$873 - 541 = \text{[]}$$

ไล่จากเลขใจใจสุด ทำข้อเอง

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 9

ตรวจคำตอบ โจทย์ ๑ ข้อ

$$630 - 555 = \text{[]}$$

$$715 - \text{[]} = \text{[]}$$

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2

ข้อที่ 5

$$\begin{array}{r} 9,876 \\ \times 6 \\ \hline \end{array}$$

ไล่จากเลขใจใจสุด โจทย์ ๑ ข้อครึ่ง ทำข้อต่อไป

× 5 =

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 10

$$\begin{array}{r} 57 \\ \times 48 \\ \hline \end{array}$$

โจทย์ ๑ ข้อครึ่ง โจทย์ย่อย 4 โจทย์สั้น

× 7 =

12 × =

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2

ข้อที่ 2

926 ÷ 7 ได้

นี่ ๆ เก่งจังเลย **เศษ**

ย้อนกลับ ↔ ทำข้อต่อไป

ข้อที่ 10

1,728 ÷ 4 6,534 ÷

÷ 8 =

41,769 ÷ ได้

เศษ

ดูโจทย์ดี ๆ มีที่วงกลม 4 โจทย์ จะอธิบาย

ย้อนกลับ ↔ ทำข้อต่อไป

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างหน้าข้อสอบเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

ผลการทดสอบเรื่องการบวก ระดับที่ 1
ของนักเรียน มิตังนี่ครับ

ข้อ	ผล	คะแนน	ข้อ	ผล	คะแนน
1	✓	1	9	✓	1
2	✓	1	10	✓	1
3	✓	1	11	✓	1
4	✓	1	12	✓	1
5	✓	1	13	X	0
6	✓	1	14	X	0
7	X	0	15	X	0
8	✓	1	คะแนนรวม		11

ดำเนินการต่อ

สิ้นสุดการสอบ

ทำคะแนนได้ขนาดนี้ ก็นับว่าเก่งทีเดียวค่ะ แต่ครูขอแนะนำว่า ให้ฝึกทำแบบฝึกหัดอีกนิด ะมัดระวังเรื่องตัวทศและตัวยืมอีกหน่อย ต้องทำคะแนนได้มากขึ้น ครูเป็นกำลังใจให้ค่ะ

ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างหน้าผลคะแนนและสิ้นสุดการสอบ

ตัวอย่างหน้าจอรายงานผลการวินิจฉัย แสดงดังภาพที่ 4.17 – 4.18 ตามลำดับ

รายงานผลการวินิจฉัย เรื่อง การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2

เด็กชาย dfdfdfdf dfdfdfdf หมายเลขประจำตัว 6678

ชั้นปี 4 โรงเรียน eeeeeeeeeee

ครูผู้วินิจฉัย ppppppppp

จำนวนโจทย์ที่ตอบถูกรายคุณลักษณะและคะแนนรวม

ข้อ	คุณลักษณะที่วินิจฉัย การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2				คะแนนรวม (12)
	คุณลักษณะหนึ่งหลักกับสี่หลัก (12)	คุณลักษณะหนึ่งหลักกับเลขมากกว่าสี่หลัก (9)	คุณลักษณะสองหลักกับสองหลัก (6)	คุณเลขมากกว่าหนึ่งหลักกับเลขมากกว่าสองหลัก (3)	
1	/				1
2	/				1
3	/				1
4	X	X			1
5	/	/			1
6	/	/			1
7	/	/	/		0
8	/	/	/		0
9	/	/	/		0
10	/	/	/	/	0
11	/	/	/	/	0
12	X	X	X	X	0

ภาพที่ 4.17 หน้ารายงานผลการวินิจฉัยรายคน

รายงานผลการวินิจฉัย เรื่อง การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2

ชั้นปี 4 โรงเรียน eeeeeeeeeee

ครูผู้วินิจฉัย ppppppppp

ลำดับที่	หมายเลขประจำตัว	ชื่อ-สกุล	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก	หมายเหตุ
1	6678	เด็กชาย dfdfdfdf dfdfdfdf	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	
2	6679	เด็กชาย dfdfdfdf dfdfdfdf	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	
3	6677	เด็กชาย dfdfdfdf dfdfdfdf	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	
จำนวนนักเรียนที่ผ่านในแต่ละคุณลักษณะ (คน)			2	2	1	1	
คิดเป็นร้อยละ			67	67	33	33	

ภาพที่ 4.18 หน้ารายงานผลการวินิจฉัยรายชั้นเรียน

3.1.2 ผลการสร้างคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ประกอบด้วยข้อมูล 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 บทนำ ส่วนที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม ส่วนที่ 3 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และส่วนที่ 4 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน มีรายละเอียดโดยภาพรวมดังนี้

ส่วนที่ 1 บทนำ เป็นการนำเสนอถึงลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และลักษณะของโปรแกรมการทดสอบในภาพรวม

ส่วนที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม เป็นการนำเสนอถึงลำดับขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมและส่วนประกอบต่าง ๆ การติดตั้งโปรแกรมนั้นประกอบด้วยการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน คือ 1) ติดตั้งโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.0.2 และดาวน์โหลด แพ็คเกจ CDM 2) ติดตั้งโปรแกรม Report Viewer 3) คัดลอกแฟ้มข้อมูล DINA ไปไว้ที่ไดร์ฟ C: 4) หากเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่มีแบบอักษร THSarabun ทำการคัดลอกแบบอักษร THSarabun THSarabunBold THSarabunBoldItalic และ THSarabunItalic ในแฟ้มข้อมูล fonts ไปไว้ในแฟ้มข้อมูล fonts ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และ 5) เรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมสำหรับครูและโปรแกรมสำหรับนักเรียน

ส่วนที่ 3 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ห้องสอบ เป็นการสร้างห้องสอบด้วยการกรอกข้อมูลพื้นฐานการสอบ ได้แก่ ระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบ ชื่อโรงเรียน ชื่อครูผู้ควบคุมห้องสอบ และเลือกชุดแบบสอบ (ห้องสอบแต่ละห้องต้องมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป) ส่วนที่ 2 ประมวลผลการสอบ เป็นการวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนดในแต่ละการทดสอบด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และรายงานผลการวินิจฉัยทั้งระดับรายคน ซึ่งเป็นการรายงานผลคะแนนในแต่ละโจทย์ย่อยของแต่ละข้อ และผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะ และระดับรายชั้นเรียน เป็นการรายงานผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะของทุกคนในระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบนั้น

ส่วนที่ 4 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับ เป็นโปรแกรมสำหรับทำแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้ง 8 เรื่อง คือ 1) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 2) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 3) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 4) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 5) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 6) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 7) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 และ 8) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 รายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ในคู่มือการใช้ แสดงในภาคผนวก ข

3.2 ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานผู้เชี่ยวชาญ พบว่า โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน มีผลการประเมินโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($M = 4.808$) ทั้งในด้านการทำงานของโปรแกรมการทดสอบ การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ และลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการทดสอบ ($M = 4.693$, 4.880 และ 4.533 ตามลำดับ) โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงดังต่อไปนี้ 1) ปรับใบรายงานผลให้มีรูปแบบสวยงาม 2) ตรวจสอบความถูกต้องของภาษาที่ใช้ในคำชี้แจงการทดสอบ 3) เพิ่มข้อความให้กำลังใจหลังจากทราบคะแนนแล้ว และ 4) ตรวจสอบความถูกต้องของการเติมคำตอบและผลการตรวจข้อสอบ

สำหรับคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบ มีผลการประเมินโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ($M = 4.717$) ทั้งในส่วนของ การติดตั้งโปรแกรม การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน ($M = 4.700$, 4.700 และ 4.750 ตามลำดับ) โดยมีข้อเสนอแนะให้ปรับความคมชัดของภาพประกอบให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
	M	SD	ความหมาย	
1. การทำงานของโปรแกรมการทดสอบ				
1.1 โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู				
1.1.1 การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู	4.600	0.894	ดีมาก	-
1.1.2 การสร้างห้องสอบ	4.600	0.894	ดีมาก	-
1.1.3 การประมวลผลการสอบ	4.600	0.894	ดีมาก	-
1.1.4 การรายงานผลการวินิจฉัยรายคน	4.200	0.837	ดี	ปรับใบรายงานผลให้มีรูปแบบสวยงาม
1.1.5 การรายงานผลการวินิจฉัยรายชั้น	4.400	0.548	ดี	

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
	M	SD	ความหมาย	
1.2 โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน				
1.2.1 การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน	5.000	0.000	ดีมาก	-
1.2.2 การเข้าสู่โปรแกรมการทดสอบด้วยการพิมพ์หมายเลขไอพีแอดเดรสและรหัสผ่าน	4.800	0.447	ดีมาก	-
1.2.3 การกรอกข้อมูลผู้สอบ	5.000	0.000	ดีมาก	-
1.2.4 การชี้แจงการทำการทดสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของภาษาที่ใช้
1.2.5 การพิมพ์คำตอบ	4.800	0.447	ดีมาก	-
1.2.6 การทำข้อสอบข้อต่อไป	4.800	0.447	ดีมาก	-
1.2.7 การย้อนกลับไปทบทวนคำตอบ	4.600	0.548	ดีมาก	-
1.2.8 การส่งข้อสอบ	4.600	0.548	ดีมาก	-
1.2.9 การรายงานผลการทดสอบ	4.400	0.548	ดี	เพิ่มข้อความให้กำลังใจหลังจากทราบคะแนนแล้ว
1.2.10 การสิ้นสุดการสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	-
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.693	0.470	ดีมาก	-
2. การออกแบบโปรแกรมการทดสอบ				
2.1 การออกแบบโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู				
2.1.1 องค์กรประกอบบนหน้าจอ	4.800	0.447	ดีมาก	-
2.1.2 ขนาดตัวอักษร	4.800	0.447	ดีมาก	-
2.1.3 ลักษณะของปุ่มกด	4.400	0.894	ดี	-
2.2 การออกแบบโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน				
2.2.1 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 1 การบวกจำนวนนับระดับที่ 1				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของการเติมคำตอบและผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีเส้นของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.2 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 2 การลบจำนวนนับระดับที่ 1				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของการเติมคำตอบและผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
	M	SD	ความหมาย	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.3 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 3 การคูณจำนวนนับระดับที่ 1				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.4 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 4 การหารจำนวนนับระดับที่ 1				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.5 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 5 การบวกจำนวนนับระดับที่ 2				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.6 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 6 การลบจำนวนนับระดับที่ 2				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.7 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 7 การคูณจำนวนนับระดับที่ 2				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
2.2.8 ชุดแบบสอบ เรื่องที่ 8 การหารจำนวนนับระดับที่ 2				
1) ขนาดตัวอักษร	5.000	0.000	ดีมาก	ตรวจสอบความถูกต้องของ การเติมคำตอบ และผลการตรวจข้อสอบ
2) ภาพประกอบและคำบรรยาย	4.800	0.447	ดีมาก	
3) ลักษณะของปุ่มกด	4.800	0.447	ดีมาก	
4) สีสันของแบบสอบ	5.000	0.000	ดีมาก	
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.880	0.256	ดีมาก	-

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
	M	SD	ความหมาย	
3. ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการทดสอบ				
3.1 การใช้งานง่ายและสะดวก	4.200	1.095	ดี	-
3.2 โปรแกรมมีระบบป้องกันการ ทำงานผิดพลาดของผู้ใช้งาน เช่น ถ้า ยังตอบข้อสอบไม่ครบทุกข้อ นักเรียน จะไม่สามารถทำข้อต่อไปได้	4.800	0.447	ดีมาก	-
3.3 โปรแกรมเหมาะสมกับการใช้งาน ของนักเรียนระดับประถมศึกษา	4.600	0.548	ดีมาก	เหมาะสำหรับวินิจัยนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาด้วย
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.533	0.697	ดีมาก	-
ผลการประเมินโดยภาพรวม	4.808	0.341	ดีมาก	-
4. คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบ				
4.1 ส่วนของการติดตั้งโปรแกรม				
4.1.1 อธิบายการใช้งานอย่างเป็น ลำดับขั้นตอนและชัดเจน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.1.2 เนื้อหาครอบคลุมการใช้งาน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.1.3 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.1.4 ภาพประกอบคำอธิบายมีความ ชัดเจนและสอดคล้องกับการทำงานของ โปรแกรมจริง	4.400	0.548	ดี	ปรับความคมชัดของ ภาพประกอบ
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.700	0.472	ดีมาก	-
4.2 ส่วนของโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู				
4.2.1 อธิบายการใช้งานอย่างเป็น ลำดับขั้นตอนและชัดเจน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.2.2 เนื้อหาครอบคลุมการใช้งาน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.2.3 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.2.4 ภาพประกอบคำอธิบายมีความ ชัดเจนและสอดคล้องกับการทำงานของ โปรแกรมจริง	4.400	0.894	ดี	ปรับความคมชัดของ ภาพประกอบ
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.700	0.559	ดีมาก	-

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน			ข้อเสนอแนะ
	M	SD	ความหมาย	
4.3 ส่วนของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน				
4.3.1 อธิบายการใช้งานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและชัดเจน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.3.2 เนื้อหาครอบคลุมการใช้งาน	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.3.3 ภาษาที่ใช้อ่านแล้วเข้าใจง่าย	4.800	0.447	ดีมาก	-
4.3.4 ภาพประกอบคำอธิบายมีความชัดเจนและสอดคล้องกับการทำงานของโปรแกรมจริง	4.600	0.548	ดีมาก	ปรับความคมชัดของภาพประกอบ
ผลการประเมินเฉลี่ยรายด้าน	4.750	0.472	ดีมาก	-
ผลการประเมินโดยภาพรวม	4.717	0.501	ดีมาก	-

3.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ผลการศึกษาความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วน คือ 3.3.1) ผลการศึกษาความคิดเห็นของครู และ 3.3.2) ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

3.3.1) ผลการศึกษาความคิดเห็นของครู

ในภาพรวมพบว่า ครูมีความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด (M = 4.814) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าครูมีความคิดเห็นต่อข้อรายการทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบและคู่มือการใช้งาน ด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ และด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ อยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน (M = 4.556 , 4.852 และ 4.867 ตามลำดับ)

เมื่อแยกตามรายชื่อ ด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบและคู่มือการใช้งาน พบว่าครูมีความเห็นว่ารายละเอียดของคู่มือการใช้โปรแกรมอ่านแล้วเข้าใจง่าย และสามารถติดตั้งโปรแกรมและข้อมูลเพิ่มเติมต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว อยู่ในระดับมากที่สุด และครูมีความเห็นว่าเรียกใช้โปรแกรมได้ง่าย เมนูห้องสอบและเมนูประมวลผลใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน และการพิมพ์ใบรายงานผลสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ พบว่า ครูมีความเห็นว่าการออกแบบเมนูห้องสอบและเมนูประมวลผลการสอบนั้นง่าย ไม่ซับซ้อน สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง อยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ ครูมีความเห็นว่าในหน้าจอของครู ทั้งในส่วนของเมนูห้องสอบและประมวลผลการสอบมีข้อมูลที่จำเป็นสำหรับครูในการวินิจฉัยนักเรียน ได้ครบถ้วนสมบูรณ์ การรายงานผลการวินิจฉัยชัดเจน ครูสามารถนำข้อมูลและสารสนเทศที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขนักเรียนได้เป็นอย่างดี ข้อสอบออกแบบได้เหมาะสมกับวัยของนักเรียน มีสีสันสวยงาม มีตัวการ์ตูน และคำพูดให้กำลังใจ เป็นแรงดึงดูดให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น ตลอดจนตัวเลขตัวอักษร และพื้นหลังของข้อสอบมีความเหมาะสมสวยงาม อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ พบว่า ครูมีความเห็นว่าการใช้งานโปรแกรมการทดสอบนี้ แม้ต้องลงโปรแกรม และตั้งค่าต่าง ๆ หลายขั้นตอน แต่ครูก็สามารถเรียนรู้และทำได้ อยู่ในระดับมาก และครูมีความเห็นว่าโปรแกรมการทดสอบนี้ เป็นนวัตกรรมที่ทำให้นักเรียนตื่นตาตื่นใจ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากทำโจทย์ต่อ ๆ ไปจนเสร็จ เพราะโจทย์เรียงลำดับจากง่ายไปยาก และโปรแกรมการทดสอบนี้ทำให้ทราบผลคะแนนทันที ครูไม่ต้องตรวจเองเหมือนการตอบลงในกระดาษ อยู่ในระดับมากที่สุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลการศึกษาความคิดเห็นของครูที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ข้อรายการ	ระดับความคิดเห็น		
	M	SD	ความหมาย
ด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบและคู่มือการใช้งาน			
1. รายละเอียดของคู่มือการใช้โปรแกรมอ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถทำตามได้ทันที	4.333	0.577	ดี
2. ครูสามารถติดตั้งโปรแกรมและข้อมูลเพิ่มเติมต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ไม่ติดขัดในเรื่องใด	4.333	0.577	ดี
3. ครูเรียกใช้โปรแกรมได้ง่าย และไม่มีปัญหาอะไร	4.667	0.577	ดีมาก
4. เมนูห้องสอบใช้งานง่ายและไม่ยุ่งยาก	4.667	0.577	ดีมาก
5. เมนูประมวลผลใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.667	0.577	ดีมาก
6. การพิมพ์ใบรายงานผลสะดวก รวดเร็ว และสวยงาม	4.667	0.577	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.556	0.577	ดีมาก

ข้อรายการ	ระดับความคิดเห็น		
	M	SD	ความหมาย
ด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ			
7. ในหน้าจอของครูทั้งในส่วนของเมนูห้องสอบและประมวลผลการสอบมีข้อมูลที่จำเป็นสำหรับครูในการวินิจฉัยนักเรียนได้ครบถ้วนสมบูรณ์	5.000	0.000	ดีมาก
8. การออกแบบเมนูห้องสอบนั้นง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน	4.333	0.577	ดี
9. การออกแบบเมนูประมวลผลการสอบไม่ซับซ้อน สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง	4.333	0.577	ดี
10. การรายงานผลการวินิจฉัยชัดเจน ครูสามารถนำข้อมูลและสารสนเทศที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขนักเรียนได้เป็นอย่างดี	5.000	0.000	ดีมาก
11. ข้อสอบออกแบบได้เหมาะสมกับวัยของนักเรียน มีตัวการ์ตูน และคำพูดให้กำลังใจ	5.000	0.000	ดีมาก
12. ข้อสอบมีสีสันสวยงาม เป็นแรงดึงดูดให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น	5.000	0.000	ดีมาก
13. ตัวการ์ตูน และกล่องคำพูดต่าง ๆ ทำให้นักเรียนไม่เครียด และคิดคำตอบได้ดีขึ้น	5.000	0.000	ดีมาก
14. ตัวเลขและตัวอักษรที่ใช้ในข้อสอบ มีขนาดเหมาะสม ทำให้นักเรียนอ่านง่าย ไม่ปวดตา	5.000	0.000	ดีมาก
15. พื้นหลังของข้อสอบ ตลอดจนการเลือกใช้สีประกอบในข้อสอบ มีความเหมาะสมสวยงาม	5.000	0.000	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.852	0.128	ดีมาก
ด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ			
16. โปรแกรมการทดสอบนี้ เป็นนวัตกรรมที่ทำให้นักเรียนตื่นตาตื่นใจ	5.000	0.000	ดีมาก
17. โปรแกรมการทดสอบนี้ ทำให้นักเรียนอยากทำโจทย์ต่อ ๆ ไปจนเสร็จ เพราะโจทย์เรียงลำดับจากง่ายไปยาก	5.000	0.000	ดีมาก
18. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทดสอบด้วยโปรแกรมนี้	5.000	0.000	ดีมาก
19. การใช้งานโปรแกรมการทดสอบนี้ แม้ต้องลงโปรแกรม และตั้งค่าต่าง ๆ หลายขั้นตอน แต่ครูก็สามารถเรียนรู้และทำได้	4.333	0.577	ดี
20. โปรแกรมการทดสอบนี้ทำให้ทราบผลคะแนนทันที ครูไม่ต้องตรวจเองเหมือนการตอบลงในกระดาษ	5.000	0.000	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.867	0.115	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.814	0.214	ดีมาก

3.3.1) ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียน

ในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานอยู่ในระดับมาก ($M = 4.432$) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นต่อด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.534$) ส่วนด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ และด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ นักเรียนมีความเห็นอยู่ในระดับมาก ($M = 4.327$ และ 4.443 ตามลำดับ)

เมื่อแยกตามรายข้อ ด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบ นักเรียนมีความเห็นว่าโปรแกรมการทดสอบมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ตอบข้อสอบครบทุกช่องก่อนส่งข้อสอบ อยู่ในระดับมาก และนักเรียนมีความเห็นว่าเข้าสู่โปรแกรมการทดสอบได้ง่าย คำสั่งต่าง ๆ ในโปรแกรมการทดสอบสามารถทำตามได้ทันที การพิมพ์คำตอบลงในช่องว่างสามารถทำได้ไม่ยุ่งยาก และโปรแกรมการทดสอบนี้สามารถกลับไปทบทวนคำตอบได้ ทำให้นักเรียนได้ตรวจทานคำตอบก่อนส่งข้อสอบ อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ นักเรียนมีความเห็นว่าข้อสอบมีสีสันสวยงาม ออกแบบได้น่ารัก มีตัวการ์ตูน คำพูดให้กำลังใจ และการเลือกใช้สีประกอบในข้อสอบ มีความเหมาะสมสวยงาม ทำให้นักเรียนทำข้อสอบด้วยความเพลิดเพลินและเป็นแรงดึงดูดให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น อยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ นักเรียนเห็นว่าตัวเลขและตัวอักษรที่ใช้ในข้อสอบ มีขนาดเหมาะสม ทำให้นักเรียนอ่านง่าย ไม่ปวดตา อยู่ในระดับมากที่สุด

ด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ นักเรียนมีความเห็นว่าโปรแกรมการทดสอบนี้แปลกใหม่และท้าทาย ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุก และทราบผลคะแนนทันที ไม่ต้องรอให้ครูตรวจ อยู่ในระดับมาก นอกจากนี้ นักเรียนมีความเห็นว่าโปรแกรมการทดสอบนี้ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำข้อสอบการบวก ลบ คูณ และหาร และอยากทำโจทย์ต่อ ๆ ไปจนเสร็จ เพราะขึ้นมาที่โจทย์ที่เรียงลำดับจากง่ายไปยาก อยู่ในระดับมากที่สุด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่

4.33

ตารางที่ 4.33 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการค้าเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น		
	M	SD	ความหมาย
ด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบ			
1. นักเรียนเข้าสู่โปรแกรมการทดสอบได้ง่าย สะดวก ไม่มีปัญหาอะไร	4.560	0.718	ดีมาก
2. คำสั่งต่าง ๆ ในโปรแกรมการทดสอบ เช่น การกรอกข้อมูล ส่วนตัว คำชี้แจงในการทำข้อสอบ การทำข้อต่อไป การส่งข้อสอบ เป็นต้น อ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถทำตามได้ทันที	4.516	0.845	ดีมาก
3. โปรแกรมการทดสอบมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ตอบข้อสอบครบทุกช่องก่อนส่งข้อสอบ	4.242	0.757	ดี
4. การพิมพ์คำตอบลงในช่องว่าง สามารถทำได้ง่าย สะดวก และไม่ยุ่งยาก	4.703	0.529	ดีมาก
5. โปรแกรมการทดสอบนี้สามารถกลับไปทบทวนคำตอบได้ ทำให้นักเรียนได้ตรวจทานคำตอบก่อนส่งข้อสอบ	4.648	0.601	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.534	0.690	ดีมาก
ด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ			
6. ข้อสอบออกแบบได้น่ารัก มีตัวการ์ตูน และคำพูดให้กำลังใจ ทำให้นักเรียนทำข้อสอบด้วยความเพลิดเพลิน	4.363	0.724	ดี
7. ข้อสอบมีสีสันสวยงาม เป็นแรงดึงดูดให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น	4.418	0.747	ดี
8. ตัวการ์ตูน และกล่องคำพูดต่าง ๆ ทำให้นักเรียนไม่เครียด และคิดคำตอบได้ดีขึ้น	4.033	0.880	ดี
9. ตัวเลขและตัวอักษรที่ใช้ในข้อสอบ มีขนาดเหมาะสม ทำให้นักเรียนอ่านง่าย ไม่ปวดตา	4.604	0.733	ดีมาก
10. พื้นหลังของข้อสอบ ตลอดจนการเลือกใช้สีประกอบในข้อสอบ มีความเหมาะสมสวยงาม	4.220	0.976	ดี
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.327	0.812	ดี
ด้านความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ			

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น		
	M	SD	ความหมาย
11. โปรแกรมการทดสอบนี้ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำข้อสอบการบวก ลบ คูณ และหาร	4.692	0.843	ดีมาก
12. โปรแกรมการทดสอบนี้แปลกใหม่และท้าทาย	4.484	0.953	ดี
13. การทำข้อสอบด้วยโปรแกรมการทดสอบในครั้งนี้ ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุก	4.110	1.218	ดี
14. นักเรียนอยากทำโจทย์ต่อ ๆ ไปจนเสร็จ เพราะขึ้นมาทีละโจทย์ที่เรียงลำดับจากง่ายไปยาก	4.703	1.131	ดีมาก
15. โปรแกรมการทดสอบนี้ ทำให้ทราบผลคะแนนทันที ไม่ต้องรอให้ครูตรวจ	4.176	1.297	ดี
ค่าเฉลี่ยรายด้าน	4.433	1.089	ดี
ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวม	4.432	0.864	ดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์และประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ และเพื่อพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ระยะที่ 1 การสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ด้วยการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมกับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นเป็นการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานตามแผนผังการออกข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น การดำเนินการในระยะที่ 2 เป็นการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ข้อสอบด้วยการนำแบบสอบเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 - 6 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ ประกอบด้วย ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับประกอบด้วย ความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง และการดำเนินการในระยะสุดท้าย คือระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ เพื่อวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะที่กำหนดขึ้นในโมเดลพุทธิปัญญา และตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมของโปรแกรมการทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นทดลองใช้โปรแกรมกับครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับ

ประถมศึกษาและนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 6 เพื่อสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้งาน และปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตามระยะของการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอเอ็นเอ และตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยโมเดลดีไอเอเอ็นเอ แต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 เรื่องย่อย คือ การบวกจำนวนนับ การลบจำนวนนับ การคูณจำนวนนับ และการหารจำนวนนับ ซึ่งการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา ซึ่งเป็นโครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา โจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า จากนั้นกำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix) และสร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบ (Q – matrix)

สำหรับการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาแบ่งออกเป็นโมเดลพุทธิปัญญาในแต่ละเรื่องย่อย ประกอบด้วย โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวก โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบ โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณ และโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการหาร หลังจากสังเคราะห์โมเดลพุทธิปัญญาในแต่ละเรื่องย่อยจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ได้ตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ และหลังจากปรับโมเดลตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว สามารถสรุปได้ว่า โมเดลพุทธิปัญญาทั้ง 4 โมเดล มีจำนวนคุณลักษณะมากน้อยแตกต่างกันไป คือ โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบ ประกอบด้วยโมเดลละ 10 คุณลักษณะ ส่วนโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหาร ประกอบด้วยโมเดลละ 8 คุณลักษณะ แต่คุณลักษณะของทุกโมเดลได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง

หลังจากนั้นจึงนำโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้นมากำหนดแผนผังการออกข้อสอบ (Q - matrix) โดยจะแบ่งคุณลักษณะที่จะวินิจฉัยในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญาออกเป็น 2 ระดับ เนื่องจากง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริง โดยที่นักเรียนต้องได้รับการวินิจฉัยและผ่านในแต่ละคุณลักษณะในระดับที่ 1 ก่อน จึงจะนำมาวินิจฉัยในระดับที่ 2 ต่อไป ดังนั้น การสร้างข้อสอบจากโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกและการลบ แต่ละโมเดลแบ่งออกเป็น 2 ระดับ โดยที่ระดับที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 – 5 และระดับที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 6 – 10 ส่วนโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณและการหาร แต่ละโมเดลแบ่งออกเป็น 2 ระดับเช่นกัน โดยที่ระดับที่ 1 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 1 – 4 และระดับที่ 2 ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 5 – 8

ดังนั้น การสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยนี้ ทำให้ได้แบบสอบที่วินิจฉัยในแต่ละโมเดลพุทธิปัญญาในระดับที่แตกต่างกัน เป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบหลายคำตอบในแต่ละข้อ ถ้าตอบถูกทุกคำตอบในแต่ละข้อได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดแม้คำตอบเดียวในแต่ละข้อได้ 0 คะแนน ประกอบด้วยแบบสอบเชิงวินิจฉัยทั้งสิ้นรวม 8 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 และ แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานที่พัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 8 ฉบับ คือ 1) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 2) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 3) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 4) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 5) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 6) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 7) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 และ 8) แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) และการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง (Reliability) ด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยอาศัยดุลพินิจของผู้เชี่ยวชาญตัดสินความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่ต้องการวัด (Item Objective Congruence : IOC) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ด้วยการหาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลทีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ พบว่า ข้อสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.191 ค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) อยู่ระหว่าง 0.000 – 0.200 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมีค่าไม่เกิน 0.2 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) อยู่ระหว่าง 0.631 – 1.000 ซึ่งดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อมีค่ามากกว่า 0.6 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเช่นกัน

ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าความเที่ยง ด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตันอยู่ระหว่าง 0.873 – 0.986 และค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณจากวิธีของโลเวท อยู่ระหว่าง 0.816 – 0.985 นอกจากนี้ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.8 – 1.00 และผลการตรวจสอบความตรงตามสภาพ พบว่า แบบสอบทั้ง 8 ฉบับ มีค่าสัดส่วนของความสอดคล้องและค่าสถิติแคปาระหว่างผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลทีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียง อยู่ระหว่าง 0.758 – 0.882 และ 0.569 – 0.824 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน สร้างด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2010 วิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอด้วยโปรแกรม R และออกรายงานผลการวินิจฉัยด้วยโปรแกรม Report Viewer 2010 ออกแบบให้มีการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 ชุด ในส่วนของคู่มือการใช้งานแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 บทนำ เป็นการนำเสนอถึงลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และลักษณะของโปรแกรมการทดสอบในภาพรวม ส่วนที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม เป็นการนำเสนอถึงลำดับขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมและส่วนประกอบต่าง ๆ ส่วนที่ 3 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และส่วนที่ 4 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

ผลการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานผู้เชี่ยวชาญ พบว่า โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน มีผลการประเมินโดยเฉลี่ยในเรื่องของการทำงาน การออกแบบ ลักษณะทั่วไป และคู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบอยู่ในระดับดีมาก ในส่วนของการทดลองใช้ ครูและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการใช้โปรแกรมการทดสอบในเรื่องของการใช้โปรแกรมการทดสอบและคู่มือการใช้งานการออกแบบ และความรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์และประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ แบ่งการนำเสนอออกเป็น 3 หัวข้อ คือ 1) การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน 2) การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และประยุกต์ใช้โมเดลดีไอเอ็นเอ และ 3) การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ แต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังนี้

1. การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

การวินิจฉัยทางการศึกษาที่ใช้กันส่วนใหญ่จะเป็นการใช้แบบสอบในการวินิจฉัยความรู้ของนักเรียน จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์ของ สุวิมล เสวกสุริยวงศ์ (2553) พบว่า แบบสอบวินิจฉัยส่วนใหญ่จะเป็นการออกแบบเพื่อวัดในแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และแยกย่อยออกเป็นแต่ละเนื้อหา โดยสำรวจจุดบกพร่องของนักเรียน และรวบรวมคำตอบเพื่อมาสร้างเป็นแบบสอบต่อไป และในส่วนของกรรายงานผลการวินิจฉัยจะเป็นการนำผลคะแนนของนักเรียนในแต่ละเนื้อหาย่อยไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งการออกแบบแบบสอบในลักษณะนี้ไม่ได้สังเคราะห์โครงสร้างสำหรับการออกแบบข้อสอบตามลำดับขั้นการเรียนรู้ในเนื้อหานั้น และการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยโดยอิงทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม อาจทำให้วินิจฉัยได้ไม่ตรงและไม่มีรายละเอียดเท่าที่ควร นอกจากการวินิจฉัยด้วยแบบสอบแล้วการใช้เทคนิคการคิดออกเสียงในการวินิจฉัยความรู้ของนักเรียนก็เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างหลากหลาย แต่มีข้อจำกัดว่าการวินิจฉัยแต่ละครั้งจะใช้เวลาาน

ดังนั้น ในปัจจุบันจึงมีการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาขึ้น มีการออกแบบข้อสอบเพื่อวัดคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด ซึ่งโมเดลพุทธิปัญญานี้เป็นความรู้และทักษะตามลำดับขั้นการเรียนรู้ที่นักเรียนจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบ จะมีความเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาแต่ละเรื่องและมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น และออกแบบข้อสอบให้ตรงตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด การออกแบบข้อสอบในลักษณะนี้จึงทำให้ถูกต้องและเกิดความชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ รายงานผลการวินิจฉัยด้วยการประมาณค่าความน่าจะเป็นของความรู้ในแต่ละคุณลักษณะด้วยโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาโดยประยุกต์ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบและโมเดลขั้นแฝง ทำให้ได้สารสนเทศในการวินิจฉัยที่มีความตรงตามความรู้ของนักเรียนอย่างแท้จริงมากขึ้น (de la Torre,

2009) นอกจากนี้ เมื่อพัฒนาต่อเป็นแบบสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ จะสามารถวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยได้อย่างรวดเร็ว

กระบวนการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญา จากนั้นสร้างแบบสอบตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด และวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาซึ่งมีการพัฒนาขึ้นหลายโมเดล ดังเช่นงานวิจัยของ Gierl, Alves และ Majeau (2010) ได้ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method) ในการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาของความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 3 และเกรด 6 ออกแบบโดยเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และการแสดงคำตอบของนักเรียนเกรด 3 และเกรด 6 จากนั้นได้สร้างและพัฒนาข้อสอบที่เฉพาะที่จะใช้วัดทักษะในโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนดขึ้น สุดท้ายยืนยันผลการวิเคราะห์กับข้อมูลการประเมินการตอบสนองของนักเรียน นอกจากนี้ Gierl, Wang และ Zhou (2008) ได้ประยุกต์ใช้วิธีลำดับชั้นคุณลักษณะ (Attribute Hierarchy Method) ในการวินิจฉัยทักษะทางพุทธิปัญญาเรื่องพีชคณิต (Algebra) สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา การออกแบบการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญานั้น ได้พัฒนาขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา โดยเริ่มจากการทบทวนข้อสอบ SAT เรื่องพีชคณิต และระบุคุณลักษณะเฉพาะ จากนั้นตรวจสอบความตรงของโมเดลพุทธิปัญญาด้วยการใช้เทคนิคการคิดออกเสียง

การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานในครั้งนี จึงได้สร้างและพัฒนาขึ้นตามขั้นตอนและกระบวนการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยเริ่มจากการกำหนดโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละเนื้อหา ด้วยการศึกษเอกสารที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการวิเคราะห์และตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นกำหนด Q - matrix ซึ่งเป็นเมทริกซ์แสดงแผนผังการออกข้อสอบ และสร้างข้อสอบตามแผนผังการออกข้อสอบที่กำหนด

จากการดำเนินการตามขั้นตอนนี้ ทำให้ได้โมเดลพุทธิปัญญาที่แสดงถึงโครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง เพราะคุณลักษณะเรื่องการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับนั้น ต้องอาศัยความรู้จากคุณลักษณะก่อนหน้าจึงจะสามารถแก้ปัญหาโจทย์ในคุณลักษณะถัดไปได้ เช่น ถ้านักเรียนไม่เข้าใจความหมายของการบวก และไม่รู้จักเครื่องหมายบวก นักเรียนจะไม่สามารถบวกเลขได้ หรือ ถ้านักเรียนไม่สามารถบวกเลขหลักเดียวได้ นักเรียนก็จะไม่สามารถบวกเลขสองหลักได้ เพราะจำนวนหลักมากขึ้น และมีขั้นตอนในการบวกมาก

ขึ้น เป็นต้น และการสร้างแบบสอบเชิงวินิจฉัยตามโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด ทำให้ได้แบบสอบเชิงวินิจฉัยเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ที่สามารถวินิจฉัยความรู้และทักษะของนักเรียนใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง และให้ผลการวินิจฉัยที่มีรายละเอียดครบถ้วนตามลำดับขั้นการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีการออกแบบแบบสอบในลักษณะแบบเติมคำตอบที่มีหลายคำตอบในข้อเดียว และแต่ละคำถามเรียงตามลำดับขั้นของคุณลักษณะในแต่ละเรื่อง ทำให้นักเรียนทำข้อสอบแต่ละข้อจากข้อสอบที่ง่ายไปยาก เป็นการทบทวนความรู้เดิมไปในตัว นอกจากนี้ สำหรับนักเรียนที่ทำไม่ได้ในบางคุณลักษณะ อาจเป็นคุณลักษณะสุดท้ายในข้อนั้น แต่พอขึ้นข้อใหม่ นักเรียนจะได้ทำข้อสอบในคุณลักษณะที่ทำได้อีก อย่างน้อยนักเรียนได้ทำข้อสอบทุกข้อ เพียงแต่ว่าไม่สามารถทำครบในทุกคำถามได้เท่านั้น และผลการตรวจข้อสอบได้นำเสนอผลคะแนนในรายคำถามแต่ละข้อด้วย อย่างน้อยนักเรียนจะมีคำถามที่ถูกและผิดสลับกันไป ทำให้นักเรียนมีกำลังใจในการสอบและอยากทำข้อสอบมากขึ้น

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และประยุกต์ใช้โมเดลไอเอ็นเอ

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานที่พัฒนาขึ้น ทั้ง 8 ฉบับ มีผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายข้อ ประกอบด้วย ค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) ค่าพารามิเตอร์ความสับสน (s_j) และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) และผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ ประกอบด้วย ความเที่ยง (Reliability) ด้วยการคำนวณจากวิธีของลิวิงตัน (Livingston Method) และวิธีของโลเวท (Lovett Method) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าแบบสอบที่พัฒนาขึ้นทั้ง 8 ฉบับ เป็นแบบสอบเชิงวินิจฉัยที่ดีมีคุณภาพ แม้จะมีจำนวนข้อสอบที่ไม่มาก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นตามขั้นตอนและกระบวนการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เริ่มจากการพัฒนาโมเดลพุทธิปัญญาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องอย่างครอบคลุม รวมทั้งผ่านผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถระดับสูงที่ให้ข้อเสนอแนะในการปรับโมเดลพุทธิปัญญาเพื่อนำมาออกแบบแบบสอบ ดังนั้น กระบวนการในการพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญานี้ ทำให้ได้จำนวนข้อสอบในโปรแกรมการทดสอบที่น้อยลง แต่สามารถวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะได้ถูกต้อง แม้มีจำนวนข้อสอบที่ไม่มาก ประกอบกับลักษณะของข้อสอบในแต่ละข้อเริ่มจากง่ายไปยาก นักเรียนสามารถคิดตามลำดับขั้นตอนของความรู้และทักษะที่มี

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยรายข้อของแบบสอบทุกฉบับ จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยจะลดลงจากข้อที่ประกอบด้วยคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังข้อที่ประกอบด้วยคุณลักษณะที่สูงขึ้นตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนจำนวนมากทำข้อสอบที่ง่าย (วัดคุณลักษณะขั้นพื้นฐาน) ได้อย่างถูกต้อง ในขณะที่ข้อสอบยาก (วัดคุณลักษณะขั้นสูง) นักเรียนที่ทำได้ถูกต้องมีจำนวนลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลของความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะโดยเฉลี่ยที่มีค่าลดลงจากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะขั้นสูงขึ้นตามลำดับเช่นกัน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลความน่าจะเป็นของผลการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละรูปแบบที่พบว่าส่วนใหญ่ นักเรียนมีผลการวินิจฉัยผ่านทุกคุณลักษณะ รองลงมาคือไม่ผ่านในคุณลักษณะสุดท้าย และรองลงมาไม่ผ่านสองคุณลักษณะสุดท้ายตามลำดับเชิงเส้น สะท้อนให้เห็นว่าแบบสอบได้พัฒนาขึ้นตามโครงสร้างลำดับชั้นการเรียนรู้เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ในการทดลองใช้แบบสอบเพื่อนำผลการสอบมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์นั้น ได้แบ่งนักเรียนทดลองใช้แบบสอบตามระดับความรู้ของหลักสูตรในแต่ละชั้น และแต่ละชั้นทดลองใช้แบบสอบในจำนวนที่เหมาะสม ทำให้นักเรียนไม่เกิดความเหนื่อยล้าในการทำข้อสอบ ตลอดจนควบคุมห้องสอบอย่างเคร่งครัด ทำให้ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบสอบสะท้อนถึงคุณภาพของแบบสอบอย่างแท้จริง

หากพิจารณาค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) จะพบว่าแปรผกผันกับดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) เป็นค่าที่แสดงความสามารถของแบบสอบในการจำแนกผู้สอบระหว่างคนที่มีความรอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในหลายคุณลักษณะ) กับคนที่ไม่รอบรู้ในทุกคุณลักษณะ (หรือคนที่มีความรอบรู้ในบางคุณลักษณะ) ได้ โดยคำนวณจาก $(1 - s_j) - g_j$ ดังนั้น ถ้าค่าพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และค่าพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) มีค่าน้อย เมื่อถูกลบด้วย 1 จึงทำให้ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) มีค่ามากขึ้น

ในส่วนของคุณลักษณะพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) พารามิเตอร์ความสะเพร่า และดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) พบว่า แบบสอบในระดับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) น้อยกว่าแบบสอบในระดับที่ 2 จึงทำให้ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) ของแบบสอบในระดับที่ 1 สูงกว่าแบบสอบในระดับที่ 2 ตามไปด้วย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก แบบสอบในระดับที่ 1 จะประกอบไปด้วยคุณลักษณะของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของจำนวนที่มีน้อยหลัก เช่น คุณลักษณะเรื่องการบวกระดับที่ 1 เริ่มจากเข้าใจความหมายของการบวกไปจนถึงการบวกของจำนวนที่ไม่เกิน 100 ทำให้นักเรียนที่ผ่านในคุณลักษณะนั้นมีโอกาสที่จะลืมหักหรือลืมหักตัวยืมได้น้อยลง นักเรียนที่ผ่านในคุณลักษณะนั้นส่วนใหญ่จะทำถูกทุกข้อ ส่วนนักเรียนที่ไม่ผ่านในบางคุณลักษณะหรือหลาย

คุณลักษณะส่วนใหญ่จะทำข้อสอบในคุณลักษณะนั้นผิดทั้งหมด จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์การเดา ข้อสอบถูก (g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) มีค่าน้อย และส่งผลให้ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) มีค่ามากขึ้น แต่ในขณะเดียวกัน แบบสอบในระดับที่ 2 จะประกอบไปด้วยคุณลักษณะของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนหลักมากขึ้น เช่น คุณลักษณะเรื่องการบวกระดับที่ 2 เริ่มจากการบวกของจำนวนไม่เกิน 1,000 ไปจนถึง การบวกจำนวนหลายหลักที่เกิน 100,000 เนื่องจากตัวเลขมีหลายหลักและซับซ้อนขึ้น ทำให้นักเรียนมีโอกาสลืมตัวทอด หรือลืมหักตัวยืมมากขึ้น นักเรียนส่วนใหญ่จะทำถูกบ้างผิดบ้างสลับกันไป จึงทำให้ค่าพารามิเตอร์การเดา ข้อสอบถูก (g_j) และพารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) มีค่ามากขึ้น ส่งผลให้ดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination Index) มีค่าน้อยกว่าแบบสอบในระดับที่ 1 แต่ทุกค่าที่กล่าวมาแล้วนั้นอยู่ในเกณฑ์แบบสอบที่มีคุณภาพ

สำหรับการตรวจสอบความตรงตามสภาพ เมื่อพิจารณาค่าสถิติแคปปา พบว่า แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับระดับที่ 1 และเรื่องการบวกและการลบจำนวนนับระดับที่ 2 มีผลการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ สอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนแบบสอบฉบับอื่นมีผลความสอดคล้องอยู่ในระดับดีถึงดีมาก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแต่ละฉบับมีระดับความยากง่ายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงคะแนนของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทั้ง 8 ฉบับ พบว่า เรื่องการบวกและการลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด แสดงว่าแบบสอบทั้งสองเป็นฉบับที่ง่าย และเรื่องการคูณและการหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด แสดงว่าแบบสอบทั้งสองเป็นฉบับที่ยาก ในขณะที่เรื่องการคูณและการหารจำนวนนับระดับที่ 1 และเรื่องการบวกและการลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยในระดับปานกลาง ไม่น้อยที่สุด และไม่มากที่สุด แสดงว่าแบบสอบทั้งสองเป็นฉบับที่มีความยากง่ายปานกลาง ซึ่งในการวินิจฉัยคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงนั้นจะดำเนินการหลังจากที่นักเรียนทำข้อสอบด้วยกระดาษแล้วประมาณ 2 สัปดาห์ ซึ่งในเวลาที่ยังช่วงนี้ทำให้นักเรียนได้กลับไปทบทวนในเรื่องดังกล่าว ทำให้นักเรียนบางคนทำแบบสอบที่มีความยากง่ายปานกลางด้วยการคิดออกเสียงได้มากกว่าแบบสอบที่นักเรียนทำในกระดาษและวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ ส่งผลให้การวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงของนักเรียนมีจำนวนคุณลักษณะที่ผ่านมากกว่าผลวินิจฉัยด้วยโมเดลตีไอเอ็นเอ จึงเกิดความไม่สอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยของสองวิธีมากขึ้น ค่าสถิติแคปปาของแบบสอบเหล่านี้ ได้แก่ เรื่องการคูณจำนวนนับระดับที่ 1 และการบวกและการลบระดับที่ 2 มีค่าลดลงอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนเรื่องการหารจำนวนนับระดับที่ 1 มีค่าลดลงเช่นกันแต่ยังอยู่ในระดับดี ในทางกลับกัน แบบสอบฉบับที่ง่าย ไม่ว่าจะใช้เวลาจะผ่านไป นักเรียนยังสามารถได้ถูกต้องเช่นเดิม ส่วนแบบสอบที่ยาก เวลาประมาณ 2 สัปดาห์อาจยังไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนทำข้อสอบได้ถูกต้องมากขึ้น จึงทำให้ผลการ

วินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ และผลการวินิจฉัยด้วยเทคนิคการคิดออกเสียงเป็นไปในทางเดียวกัน ค่าสถิติแคปปาของแบบสอบฉบับที่ง่าย คือ เรื่องการบวกและลบจำนวนนับระดับที่ 1 และฉบับที่ยาก คือ เรื่องการคูณและการหารจำนวนนับระดับที่ 2 จึงมีค่าสูงกว่าแบบสอบที่มีความยากง่ายระดับปานกลาง คือ เรื่องการคูณและการหารจำนวนนับระดับที่ 1 และเรื่องการบวกและการลบ ระดับที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามแบบสอบทุกฉบับมีความตรงตามสภาพยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ว่าเป็นแบบสอบที่มีคุณภาพ

3. การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ

เนื่องด้วยการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบในครั้งนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมโดยผสมผสานหลายโปรแกรมไว้ด้วยกัน จึงทำให้มีการติดตั้งโปรแกรมหลายขั้นตอน แต่มีคู่มือการใช้งานโปรแกรมที่อธิบายไว้อย่างละเอียดและเป็นลำดับขั้นตอน พร้อมทั้งมีภาพประกอบที่ชัดเจน จึงทำให้ผู้ใช้งานทำตามขั้นตอนในคู่มือได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสอบถามความคิดเห็นของครู ซึ่งครูเห็นด้วยอย่างมากว่าสามารถติดตั้งโปรแกรมและข้อมูลเพิ่มเติมต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ไม่ติดขัดในเรื่องใดและการใช้งานโปรแกรมการทดสอบนี้ แม้ต้องลงโปรแกรม และตั้งค่าต่าง ๆ หลายขั้นตอน แต่ครูก็สามารถเรียนรู้และทำได้

ลักษณะของโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานออกแบบให้มีการทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน สำหรับโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูนั้น เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างห้องสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย โปรแกรมนี้มีเมนูการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และผลการวินิจฉัยให้ข้อมูลสารสนเทศอย่างครบถ้วน ซึ่งประกอบด้วยจำนวนโจทย์ที่ตอบถูกในแต่ละคุณลักษณะที่วินิจฉัย คะแนนรวมที่ได้ และผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะที่กำหนด สำหรับให้ครูประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจของนักเรียนในแต่ละเรื่องได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ในส่วนของโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียนนั้น มีการออกแบบข้อสอบที่เรียงลำดับจากง่ายไปยากตามคุณลักษณะในแต่ละเรื่องที่สังเคราะห์ได้ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากทำโจทย์ต่อ ๆ ไปจนเสร็จ ประกอบกับข้อสอบแต่ละข้อมีสีสันสวยงาม มีภาพประกอบ และกล่องคำพูดให้กำลังใจที่น่ารักและเหมาะสม เป็นแรงดึงดูดให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากขึ้น นอกจากนี้ หลังจากที่นักเรียนส่งข้อสอบแล้วจะทราบผลคะแนนทันที และหลังทราบผลคะแนนยังมีข้อความให้กำลังใจ สำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนน้อยและข้อความชื่นชมสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนมากอีกด้วย ทำให้นักเรียนประทับใจ และกลับไปฝึกฝนเพิ่มขึ้นเพื่อกลับมาสอบใหม่อีกครั้งให้ได้คะแนนมากขึ้น เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนาตนเองได้เป็นอย่างดี จากที่กล่าวมาแล้วนี้สอดคล้องกับความคิดเห็นของครู

และนักเรียนหลังจากทดลองใช้โปรแกรม และยังสอดคล้องกับ กิดานันท์ มลิทอง (2543) ที่กล่าวว่า การทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้สอบมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้าน กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดสอบ เพราะคอมพิวเตอร์จะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบจาก แบบแผนเก่า ๆ ของคำถามจากบทเรียนมาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับ ผู้ที่เข้ารับการทดสอบ และ Alessi และ Trollip (1991) ที่กล่าวว่า ข้อได้เปรียบของการใช้แบบสอบ คอมพิวเตอร์ที่มีเหนือการทดสอบที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป คือ การใช้แบบสอบมีความสะดวกและมี ประสิทธิภาพมากขึ้น การคำนวณผลสอบมีความแม่นยำและรวดเร็ว สามารถตอบสนองความแตกต่าง ระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี และผู้เรียนสามารถได้รับผลย้อนกลับทันที ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการ ทดสอบบนกระดาษข้อสอบ นอกจากนี้ การพัฒนารูปแบบการสอบให้มีความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนมี ความสุขในการสอบ ส่งผลให้นักเรียนลดความวิตกกังวลในการสอบได้อีกด้วย (ศิริรัตน์ สุคันธฤกษ์, โชติกา ภาชีผล และ ศิริชัย กาญจนวาสี, 2554) จะเห็นได้ว่า โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทาง พหุติปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานนี้ เป็นเครื่องมือประเมินเชิงวินิจฉัยสำเร็จรูปที่สร้าง สีสัน ไม่น่าเบื่อ เป็นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากทำข้อสอบให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ได้ โดยไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่ม ในทางตรงกันข้ามกลับเป็นการลดค่าใช้จ่ายถ้าต้องทำการ ทดสอบด้วยกระดาษ โดยเฉพาะการพิมพ์สี ที่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และที่สำคัญหลังจากที่นักเรียน ส่งข้อสอบแล้ว นักเรียนสามารถทราบผลคะแนนและครูสามารถทราบผลการวินิจฉัยได้ทันที ทำให้ สะดวก รวดเร็ว และไม่เสียเวลามาตรวจข้อสอบ

แม้ว่าการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพหุติปัญญาเรื่องการดำเนินการเลข คณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ จะประกอบไปด้วยข้อสอบที่มีคุณภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า โปรแกรมการทดสอบนี้อยู่ในระดับดีมาก ส่วนครูและนักเรียนมีความคิดเห็นต่อการทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบนี้อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด แต่การพัฒนาโปรแกรมการทดสอบยังมีข้อจำกัดบางประการดังนี้

3.1 การวินิจฉัยคุณลักษณะทางพหุติปัญญาด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ ด้วยโปรแกรม R ผ่าน ฟังก์ชัน din ใน CDM package นั้น มีข้อจำกัด 3 ประการ คือ

1) การประมาณค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) ในแต่ละครั้งสามารถประมาณค่าได้เมื่อมีจำนวนผู้สอบตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป (Robitzsch, Kiefer, George และ Uenlue, 2014) ดังนั้น โปรแกรมการทดสอบนี้ การสร้างห้องสอบแต่ละครั้ง ต้องมี นักเรียนเข้าสอบอย่างน้อย 2 คนขึ้นไป จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะได้

2) การประมาณค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) มีความไม่สมเหตุสมผลของการประมาณค่าในแบบแผนการตอบของนักเรียนที่ผิดในทุกข้อที่มีคุณลักษณะที่ไม่ผ่านนั้นตั้งแต่ 2 คุณลักษณะที่ต่อเนื่องกันขึ้นไป เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ พบว่า คุณลักษณะแรกที่ไม่ผ่านมีค่าเท่ากับ 0.000 แต่คุณลักษณะถัดจากคุณลักษณะแรกที่ไม่ผ่านจะมีค่าเท่ากับ 0.500 ซึ่งในความเป็นจริงควรมีค่าเท่ากับ 0.000 แสดงตัวอย่างดังตาราง

แบบแผนการตอบ		แผนผังการออกข้อสอบ (คุณลักษณะที่)	ค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ ($P(\alpha)$)	ผลการอภิปราย
ข้อ	ผลการตอบ			
1	1	1	คุณลักษณะที่ 1 $P(\alpha) = 1.000$	จะเห็นได้ว่า แบบแผนการตอบของนักเรียน จะถูกในข้อที่สร้างขึ้นตามคุณลักษณะที่ 1 และ 2 และผิดในทุกข้อที่ประกอบด้วยคุณลักษณะที่ 3 4 และ 5 เมื่อพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ พบว่า คุณลักษณะที่ 3 ซึ่งเป็นคุณลักษณะแรกที่ไม่ผ่านมีค่าเท่ากับ 0.000 แต่คุณลักษณะถัดมา คือ คุณลักษณะที่ 4 และ 5 มีค่าเท่ากับ 0.500 ซึ่งในความเป็นจริงควรมีค่าเท่ากับ 0.000
2	1	1		
3	1	1		
4	1	1 2	คุณลักษณะที่ 2 $P(\alpha) = 1.000$	
5	1	1 2		
6	1	1 2		
7	0	1 2 3	คุณลักษณะที่ 3 $P(\alpha) = 0.000$	
8	0	1 2 3		
9	0	1 2 3		
10	0	1 2 3 4	คุณลักษณะที่ 4 $P(\alpha) = 0.500$	
11	0	1 2 3 4		
12	0	1 2 3 4		
13	0	1 2 3 4 5	คุณลักษณะที่ 5 $P(\alpha) = 0.500$	
14	0	1 2 3 4 5		
15	0	1 2 3 4 5		

แม้ว่าจะมีความไม่สมเหตุสมผลในการประมาณค่าในแบบแผนการตอบของนักเรียนที่ผิดในทุกข้อที่มีคุณลักษณะที่ไม่ผ่านนั้นตั้งแต่ 2 คุณลักษณะที่ต่อเนื่องกันขึ้นไป จากข้อจำกัดนี้ ทำให้ทราบค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะเฉพาะนักเรียนที่ผ่านในทุกคุณลักษณะหรือไม่ผ่านคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งที่ไม่ต่อเนื่องกันตั้งแต่ 2 คุณลักษณะขึ้นไปเท่านั้น แต่การตัดสินใจผลการวินิจฉัยในครั้งนี้ ตัดสินเพียงว่าผ่านหรือไม่ผ่านในแต่ละคุณลักษณะนั้น โดยพิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) ถ้าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ มากกว่า 0.5 หมายถึง นักเรียนมีความรอบรู้ (Mastery) ถือว่าผ่านในคุณลักษณะนั้น แต่ถ้า

หากความน่าจะเป็นของความรอบรู้ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.50 หมายถึง นักเรียนไม่มีความรอบรู้ (Non – mastery) ถือว่าไม่ผ่านในคุณลักษณะนั้น ซึ่งการกำหนดเกณฑ์เช่นนี้แม้ว่าจะได้สารสนเทศที่ลดลง แต่สามารถวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยได้ถูกต้องสอดคล้องกับผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบในส่วนของความตรงตามสภาพ

3) การประมาณค่าความน่าจะเป็นของความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะของผู้สอบ ($P(\alpha)$) ไม่สามารถประมาณค่าในแบบแผนการตอบของนักเรียนที่มีลักษณะผิดปกติได้ ซึ่งหมายถึง ผลการตอบข้อสอบในช่วงแรกซึ่งเป็นข้อที่ง่ายขึ้นผิด แต่กลับมีผลการตอบข้อสอบในช่วงหลังซึ่งเป็นข้อที่ยากนั้นถูก ตัวอย่างแบบแผนการตอบที่ผิดปกติสามารถแสดงได้ดังตาราง

คนที่	แบบแผนตอบข้อสอบ / ข้อที่														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
4	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ซึ่งข้อจำกัดที่พบนี้ ทราบจากการจำลองข้อมูลขณะทดสอบโปรแกรมในเบื้องต้น แต่ในการทดลองใช้จริงนั้น เมื่อมีการควบคุมห้องสอบอย่างเคร่งครัด ก็ไม่พบแบบแผนการตอบที่ผิดปกติที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เพราะโดยความเป็นจริงแล้ว นักเรียนต้องทำข้อสอบได้จากระดับที่ง่าย (คุณลักษณะขั้นพื้นฐาน) ไประดับที่ยาก (คุณลักษณะขั้นสูง)

3.2 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบ เมื่อมีการสร้างห้องสอบแล้ว นักเรียนต้องดำเนินการทดสอบในช่วงเวลาเฉพาะเปิดโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูเท่านั้น หากโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูได้ปิดลง จะถือว่าเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ นักเรียนจะไม่สามารถเข้ามาทดสอบในห้องสอบเดิมได้ ครูต้องสร้างห้องสอบใหม่ และนักเรียนส่วนที่เหลือต้องมาทดสอบในห้องสอบใหม่

ข้อเสนอแนะ

การนำเสนอข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยขอแนะนำเสนอโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้วินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะที่กำหนดในเรื่องการบวก ลบ คูณ หารจำนวนนับ ของนักเรียนในสถานการณ์จริงได้ ประกอบกับการสอบถามความคิดเห็นของครูและนักเรียนที่ทดลองใช้โปรแกรมการทดสอบ พบว่า มีความคิดเห็นต่อการใช้งานโปรแกรมการทดสอบอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ทั้งในด้านการใช้โปรแกรมการทดสอบและคู่มือการใช้งาน ด้านความรู้สึกรู้สึกต่อโปรแกรมการทดสอบ และด้านการออกแบบโปรแกรมการทดสอบ ดังนั้น มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจที่จะนำโปรแกรมไปใช้ ดังนี้

1. โปรแกรมการทดสอบนี้ ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows 7 ขึ้นไป ใช้ได้ทั้งกับห้องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบแลน (LAN: Local Area Network) หรือคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่ครูและนักเรียนใช้ร่วมกัน สำหรับการทดสอบโดยใช้ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องคอมพิวเตอร์นั้นต้องมีระบบแลน โดยกำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์ของครูเป็นเครื่องควบคุม ติดตั้งโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูและโปรแกรมอื่น ๆ และเครื่องคอมพิวเตอร์ของนักเรียนจะติดตั้งเฉพาะโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน ในการทดสอบนักเรียนจะเข้าทดสอบพร้อมกันตามจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี ถ้าหากเครื่องคอมพิวเตอร์มีไม่ครบตามจำนวนของนักเรียน หลังจากให้นักเรียนคนใดส่งข้อสอบแล้ว คนต่อไปสามารถเข้าสอบต่อได้จนกระทั่งสอบและส่งข้อสอบครบทุกคน ครูจึงดำเนินการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย แต่ถ้าหากโรงเรียนไม่มีความพร้อมด้านห้องคอมพิวเตอร์ ครูสามารถทำการทดสอบโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว โดยลงโปรแกรมทุกโปรแกรม ในการทดสอบเริ่มจากครูสร้างห้องสอบ หลังจากนั้นให้นักเรียนมาทำและส่งข้อสอบในเครื่องเดียวกันนี้ทีละ คนจนครบทุกคน ซึ่งในระหว่างรอทำการทดสอบ ครูอาจให้นักเรียนที่เหลือทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมต่าง ๆ หลังจากนั้นครูจึงดำเนินการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และในการทดสอบแต่ละครั้ง ครูต้องควบคุมห้องสอบอย่างเคร่งครัด ไม่ให้นักเรียนลอกข้อสอบจากเพื่อน เพื่อให้ได้ผลการวินิจฉัยที่ถูกต้อง และไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม แม้ว่าการทดสอบนี้สามารถดำเนินการได้แม้มีคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว แต่ถ้าทดสอบในห้องคอมพิวเตอร์ทำให้ทดสอบได้ครั้งละหลาย ๆ คน เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลา

2. ครูที่มีความต้องการนำโปรแกรมการทดสอบไปใช้ ควรมีความรู้เรื่องการใช้งานคอมพิวเตอร์ในเบื้องต้น เนื่องจากโปรแกรมการทดสอบนี้ต้องลงโปรแกรมหลายขั้นตอน ครูจะสามารถดำเนินการโดยไม่เกิดความยุ่งยากและเบื่อหน่าย ประกอบกับการใช้งานเมนูต่าง ๆ สามารถทำได้อย่างคล่องแคล่วและรวดเร็ว เนื่องจากเมนูการใช้งานไม่ซับซ้อน และการนำโปรแกรมการทดสอบไปใช้ ควรวินิจฉัยตามลำดับเนื้อหาในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเริ่มจากการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ

3. หลังจากที่ครูวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโปรแกรมการทดสอบนี้แล้ว ควรพิมพ์ผลการวินิจฉัยให้กับนักเรียน พร้อมกับนำเสนอข้อมูลย้อนกลับในเชิงสร้างสรรค์ว่าในการทดสอบแต่ละเรื่อง นักเรียนยังไม่ผ่านในคุณลักษณะใด นักเรียนควรฝึกฝนในเรื่องใดเพิ่มเติม จึงจะผ่านในคุณลักษณะนี้ เช่น ในการทดสอบเรื่องการบวกจำนวนนับระดับที่ 1 นักเรียนไม่ผ่านในคุณลักษณะที่ 5 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีการทด ครูควรให้ข้อมูลย้อนกลับโดยทบทวนเรื่องการบวกที่มีตัวทดอีกครั้ง ว่าการบวกจำนวนที่อยู่ในหลักเดียวกันเข้าด้วยกัน เมื่อผลบวกในหลักใดเป็นจำนวนที่มีสองหลัก ให้ทดไปยังหลักทางซ้ายมือ และการบวกในหลักนั้นอย่าลืมบวกจำนวนที่ทดมาด้วย ซึ่งการนำเสนอข้อมูลย้อนกลับนั้นทำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการในการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี (โชติกา ภาษิมผล, ประกอบ กรณีกิจ และ พิทักษ์ โสตถยาคม, 2558) นอกจากนี้ ควรเน้นให้กำลังใจนักเรียนในการฝึกทำแบบฝึกหัดเพิ่มมากขึ้น เพราะวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาทักษะ ต้องหมั่นฝึกฝนบ่อย ๆ แล้วนักเรียนจะเข้าใจ และแก้ปัญหาโจทย์ได้ และครูสามารถนำข้อมูลสารสนเทศที่ได้จากการวินิจฉัยไปออกแบบการจัดการเรียนรู้ หรือการทบทวนเรื่องต่าง ๆ ในแต่ละคุณลักษณะที่นักเรียนยังไม่ผ่าน โดยนำผลการวินิจฉัยที่ได้มาจัดกลุ่มตามเรื่องที่ไม่ผ่าน และทบทวนในเรื่องที่ยังไม่ผ่านนั้นจนสามารถทำได้และทดสอบอีกครั้ง นอกจากนี้ ผู้ที่สนใจอาจนำโปรแกรมการทดสอบไปพัฒนาต่อด้วยการเพิ่มข้อมูลย้อนกลับในแต่ละรูปแบบของผลการวินิจฉัย ภายหลังจากที่นักเรียนทราบผลคะแนนจากการสอบในแต่ละครั้งทันที เพื่อความสะดวกและรวดเร็วต่อใช้งาน

4. โปรแกรมการทดสอบนี้สามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนทั้งระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยนำไปทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการบวก ลบ คูณ หารจำนวนนับก่อนเริ่มเรียนในบทเรียนตามหลักสูตร ถ้านักเรียนยังไม่ผ่านในคุณลักษณะใด ครูจะได้ทบทวนหรือสอนซ่อมเสริมให้นักเรียนเข้าใจและทำได้ก่อน เพราะการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับเป็นความรู้พื้นฐานที่นักเรียนต้องนำไปใช้ในการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูงต่อไป ถ้านักเรียนไม่สามารถบวก ลบ คูณ และหารจำนวนนับได้ นักเรียนก็จะไม่สามารถประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องอื่นได้

5. เนื่องจากโปรแกรมการทดสอบนี้ เขียนโปรแกรมไม่เบ็ดเสร็จในโปรแกรมเดียว แต่มีการใช้โปรแกรมหลายโปรแกรมควบคู่กัน จึงต้องติดตั้งหลายโปรแกรม และในการติดตั้งโปรแกรม R นั้นต้องดาวน์โหลด package ในการวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ ด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดความไม่สะดวกแก่ผู้ใช้งาน ดังนั้น อาจนำไปพัฒนาต่อด้วยการเขียนโปรแกรมสำหรับการติดตั้งเพิ่มเติม ให้โปรแกรมทุกโปรแกรมและการดาวน์โหลด package ในโปรแกรม R ติดตั้งอัตโนมัติทั้งหมด หรืออาจพัฒนาให้เป็นโปรแกรมที่เบ็ดเสร็จในโปรแกรมเดียว โดยเขียนโปรแกรมให้วิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ ได้เลย ไม่ต้องวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม R ซึ่งต้องศึกษาวิธีการและสูตรการคำนวณเพิ่มเติมจากเอกสารทางวิชาการต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการค้าเนินการเลขคณิตพื้นฐาน โดยวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลดีไอเอ็นเอ มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจที่จะทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. การออกแบบแบบสอบตามโมเดลพุทธิปัญญานั้น เป็นการออกแบบแบบสอบตามคุณลักษณะที่เป็นความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบของเนื้อหา นั้น ๆ ซึ่งคุณลักษณะนี้จะมีเฉพาะเจาะจงในเนื้อหาแต่ละเรื่องและมีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้น ผลการสอบทำให้ทราบรายละเอียดของจุดที่บกพร่องหรือจุดที่ยังไม่รอบรู้ของนักเรียนได้อย่างชัดเจน ทำให้ครูสามารถแก้ปัญหาได้ตรงตามที่ต้องการ ดังนั้น หากจะดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบสอบในเรื่องใด ๆ ควรมีการพัฒนาเป็นแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา โดยเริ่มจากสังเคราะห์โมเดลพุทธิปัญญาซึ่งเป็นความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาข้อสอบตามเนื้อหาที่ต้องการ จากเอกสารที่เกี่ยวข้องร่วมกับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ และนำโมเดลพุทธิปัญญาที่ได้มาออกแบบแบบสอบและนำไปทดลองใช้ต่อไป ทำให้ได้แบบสอบที่มีความละเอียดและวินิจฉัยได้ถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น และลักษณะความสัมพันธ์ของคุณลักษณะในโมเดลพุทธิปัญญา จะมีความแตกต่างกันไปตามเนื้อหาและบริบทของรายวิชานั้น ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์เป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ลำดับชั้นเชิงลู่ออก หรือลำดับชั้นเชิงลู่ออก เป็นต้น

2. โปรแกรมการทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้ ดำเนินการตามขั้นตอนของการประเมินเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา และเลือกวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยด้วยโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาที่มีชื่อว่า โมเดลดีไอเอ็นเอ ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การตอบแฝงมีค่าเป็น 1 ถ้าผู้สอบคนที่ i มีทุกทักษะที่ได้รับสำหรับข้อ j และมีค่าเป็น 0 ถ้าขาดอย่างน้อย 1 ทักษะที่ได้รับ การพัฒนาในการวิจัยครั้งต่อไปนั้น อาจมีการศึกษาโมเดลวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาอื่นที่ผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นนี้ เช่น โมเดลดีไอเอ็นเอ:

deterministic input, noisy “or” gate model หรือโมเดล G – DINA: generalized deterministic input, noisy “and” gate model เพื่อให้ตรงตามลักษณะเฉพาะของแบบสอบที่ต้องการ และเพื่อเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยที่ได้

3. โปรแกรมการทดสอบนี้ เป็นการใช้งานแบบออฟไลน์ หากผู้สนใจต้องการใช้งานต้องมีไฟล์สำหรับติดตั้งโปรแกรม และดำเนินการติดตั้งโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนจึงจะใช้งานได้ ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรพัฒนาโปรแกรมการทดสอบเป็นระบบออนไลน์ เช่น พัฒนาเป็นเว็บไซต์การทดสอบ ที่อาจมีการเพิ่มเสียงบรรยายเข้าไปในส่วนของคำชี้แจงและการแสดงข้อความให้กำลังใจเพื่อเพิ่มความน่าสนใจยิ่งขึ้น หากครูต้องการทดสอบเรื่องใด ให้เปิดห้องสอบไว้ จากนั้นให้นักเรียนเข้าสู่ระบบการทดสอบตามวันและเวลาที่กำหนด หลังจากครบกำหนดการสอบ ครูดำเนินการปิดห้องสอบ และวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยส่งผลกลับมายังเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้นักเรียนทราบผล ทำให้เกิดความสะดวกในการทดสอบ โดยไม่ต้องรอเข้าสอบที่ละคน และเพื่อขจัดปัญหาห้องคอมพิวเตอร์ไม่พร้อมใช้งาน นอกจากนี้ยังเป็นการจัดการโปรแกรมการทดสอบให้เบ็ดเสร็จในขั้นตอนเดียว

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ:
คุรุสภา.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาโสตทัศนศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โชติ เพชรชื่น. (2544). แบบทดสอบวินิจฉัย. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์*, 23, 7-11.
- โชติกา ภาชีผล. (2554). การสังเคราะห์รูปแบบ วิธีการ กระบวนการ เทคนิค สื่อการจัดการเรียนรู้
เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียนช่วงชั้นที่ 4 ทั้งในประเทศและต่างประเทศ. *วารสารวิธีวิทยาการ
วิจัย*, 24(2), 219 - 240.
- โชติกา ภาชีผล, ประกอบ กรณีกิจ และ พิทักษ์ โสตถยาคม. (2558). การพัฒนารูปแบบแฟ้มสะสม
งานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนใน
สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*, 28(1).
- ปิยาพร ขาวสอาด. (2541). *การพัฒนากระบวนการสอบความก้าวหน้าวิชาภาษาอังกฤษโดยใช้
คอมพิวเตอร์ที่ให้ผลการวินิจฉัยย้อนกลับ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต),
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2544). *การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ:
คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2538). *การวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2550). *การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของผู้เรียน*. บรรณาธิการโดย สุวิมล
ว่องวานิช, การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่ (พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 254 – 276). กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัตน์ สุนันธพุกษ์, โชติกา ภาชีผล และ ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554). การวิเคราะห์ข้อคำถามใน
แบบวัดความวิตกกังวลในการสอบคณิตศาสตร์ : การเปรียบเทียบระหว่างไฮราซิคอลลีเนียร์
โมเดล พาเชียลเครดิตโมเดลและเกรดเรสพอนส์โมเดล. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*, 24(2).

- สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กทม.: โรงพิมพ์ประสานการพิมพ์.
- สุวิมล เสวกสุริยวงศ์. (2553). *การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบวินิจัยทาง
คณิตศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์. (2551). *การพัฒนาวิธีประเมินเชิงวินิจัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับชั้น
ของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา
ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เอมอร จังศิริพรกรณ์. (2550). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิจัยและ
จิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

- Allessi, S. M., & Trollip, S. R. (1991). *Computer – based instruction: methods and
development*. Englewood Cliffs, NY: Prentice – Hall.
- Aryadoust, V. (2011). Cognitive diagnostic assessment as an alternative measurement
model. *SHIKEN:JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter*, 15(1), 2-6.
- de la Torre, J. (2009). DINA Model and Parameter Estimation: A Didactic. *Journal of
Educational and Behavioral Statistics*, 34(1), 115-130. doi:
10.3102/1076998607309474
- de la Torre, J., & Douglas, J. (2004). Higher-order latent trait models for cognitive
diagnosis. *Psychometrika*, 69(3), 333-353.
- de la Torre, J., Hong, Y., & Deng, W. (2010). Factors affecting the item parameter
estimation and classification accuracy of the DINA model. *Journal of
Educational Measurement*, 47(2), 227 – 249.
- de la Torre, J., & Karelitz, T. M. (2009). Impact of diagnosticity on the adequacy of
model for cognitive diagnosis under a linear attribute structure: a simulation
study. *Journal of Educational Measurement*, 46(4), 450-469.
- Gierl, M. J., Alves, C., & Majeau, R. T. (2010). Using the attribute hierarchy method to
make diagnostic inferences about examinees' knowledge and skills in
mathematics: an operational implementation of cognitive diagnostic
assessment. *International Journal of Testing*, 10, 308-314.

- Gierl, M. J., Cui, Y., & Zhou, J. (2009). Reliability and Attribute-Based Scoring in Cognitive Diagnostic Assessment. *Journal of Educational Measurement, 46*(3), 293-313.
- Gierl, M. J., Leighton, J. P., & Hunka, S. (2000). Exploring the logic of Tatsuoka's rule space model for test development and analysis In M. Zieky (Ed.), *Instruction topics in education measurement*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Gierl, M. J., Leighton, J. P., & Hunka, S. (2007). Using the attribute hierarchy method To make diagnostic inferences about examinees' cognitive skills. In J. P. Leighton & M. J. Gierl (Eds.), *Cognitive diagnostic assessment for education: Theory and applications* (pp. 242–274). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Henson, R. A., Templin, J. L., & Willse, J. T. (2009). Defining a family of cognitive diagnosis models using log – linear models with latent variables. *Psychometrika, 74*(2), 191-210.
- Huebner, A. (2010). An overview of recent development in cognitive diagnostic computer adaptive assessment. *Practical Assessment Research & Evaluation, 15*(3).
- Huebner, A., Wang, B., & Lee, S. (2009). *Practical issues concerning the application of the DINA model to CAT data*. Paper presented at the 2009 GMAC Conference on Computerized Adaptive Testing.
- Huff, K., & Goodman, D. P. (2007). The demand for cognitive diagnostic assessment. In J. P. Leighton & M. J. Gierl (Eds.), *Cognitive diagnostic assessment for education: Theory and applications* (pp. 242–274). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Jang, E. E. (2008). A framework for cognitive diagnostic assessment. In C. A. Chapelle, Y. R. Chung & J. Xu (Eds.), *Towards adaptive CALL: Natural language processing for diagnostic language assessment* (pp. 117-131). Ames, IA: Iowa State University.

- Jang, E. E. (2009). Cognitive diagnostic assessment of L2 reading comprehension ability: Validity arguments for Fusion Model application to LanguEdge assessment. *Language Testing, 26*(1), 031-073. doi: 10.1177/0265532208097336
- Junker, B. W., & Sijtsma, K. (2001). Cognitive Assessment Models with Few Assumptions, and Connections with Nonparametric Item Response Theory. *Applied Psychological Measurement, 25*(3), 258-272. doi: 10.1177/01466210122032064
- Ketterlin-Geller, L. R., & Yovanoff, P. (2009). Diagnostic assessments in mathematics to support instructional decision making. *Practical Assessment Research & Evaluation, 14*(16).
- Klausmeier, H. j. (1985). *Educational psychology* (5 ed.). New York: Harper & Row.
- Lasdis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*, 159-174.
- Lee, Y. W., & Sawaki, Y. . (2009). Application of Three Cognitive Diagnosis Models to ESL Reading and Listening Assessments. *Language Assessment Quarterly, 6*, 239-263.
- Leighton, J. P., & Gierl, M. J. (2007). Why cognitive diagnostic assessment? In J. P. Leighton & M. J. Gierl (Eds.), *Cognitive Diagnostic Assessment for Education: Theory and Applications* (pp. 3-18). New York: Cambridge University Press.
- Leighton, J. P., Gierl, M. J., & Hunka, S. (2004). The attribute hierarchy model: An approach for integrating cognitive theory with assessment practice. *Journal of Educational Measurement, 41*(3), 205-236.
- Leighton, J. P., Gokiert, R. J., Cor, M. K., & Heffernan, C. (2010). Teacher beliefs about the cognitive diagnostic information of classroom- versus large-scale tests: implications for assessment literacy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 17*(1), 7-21. doi: 10.1080/09695940903565362
- Nichols, P. D. (1994). A framework for developing cognitively diagnostic assessments. *Review of Educational Research, 64*(4), 575-603.

- Roberts, M. R., Alves, C. B., Chu, M. W., Thompson, M., Bahry, L. M., & Gotzmann, A. (2012). *Testing expert – based vs. student – based cognitive models for a grade 3 diagnostic mathematics assessment*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, BC.
- Robitzsch, A., Kiefer, T., George, A. C., & Uenlue, A. (2014). Package ‘CDM’. Retrieved <https://sites.google.com/site/alexanderrobitzsch/software> (5 dec 2014)
- Roussos, L., DiBello, L., Stout, W., Hartz, S., Henson, R., & Templin, J. (2007). The fusion model skills diagnostic system. In J. P. Leighton & M. J. Gierl (Eds.), *Cognitive diagnostic assessment in education: Theory and applications* (pp. 275–318). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rupp, A. A., & Templin, J. L. (2008). Unique Characteristics of Diagnostic Classification Models: A Comprehensive Review of the Current State-of-the-Art. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 6(4), 219-262. doi: 10.1080/15366360802490866
- Rupp, A. A., Templin, J. L., & Henson, R. A. (2010). *Diagnostic measurement: theory, method, and application*. New York: The Guilford Press.
- Tatsuoka, K. K., Corter, J. E., & Tatsuoka, C. (2004). Patterns of Diagnosed Mathematical Content and Process Skills in TIMSS-R Across a Sample of 20 Countries. *American Educational Research Journal*, 41(4), 901-926. doi: 10.3102/00028312041004901
- Templin, J., & Henson, R. (2006). Measurement of psychological disorders using cognitive diagnosis models. *Psychological Methods*, 11(3), 287-305.
- von Davier, M. (2008). A general diagnostic model applied to language testing data. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 61, 287–307.
- von Davier, M. (2009). *An introduction to diagnostic model*. Paper presented at the SAMSI workshop.
- Xin, T., Xu, Z. & Tatsuoka, K. (2004). Linkage between teacher quality, student achievement, and cognitive skills: a rule space model. *Educational Evaluation*, 30, 205-223.

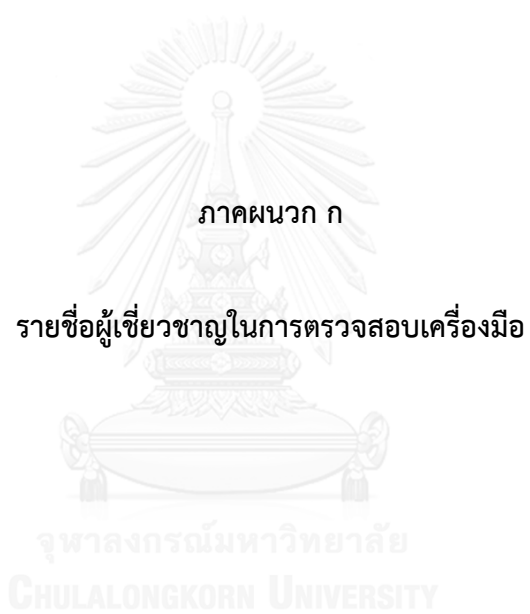
Yang, X., & Embretson, S. E. (2007). Construct validity and cognitive diagnostic assessment. In J. P. Leighton & M. J. Gierl (Eds.), *Cognitive diagnostic assessment for education: Theory and applications* (pp. 242–274). Cambridge, UK: Cambridge University Press.





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม
ของคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาเรื่องการค้าเนินการเลขคณิตพื้นฐาน จำนวน 5 ท่าน**

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถาบัน/หน่วยงาน
อาจารย์สมเกียรติ เพ็ญทอง	หัวหน้า สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ ดร.ยุรวัฒน์ คล้ายมงคล	ประธาน สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชา หลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร. จิณดิษฐ์ ละออบปักชิด	อาจารย์ สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชา หลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ถฤชรัตน์ วิทยาเวช	อาจารย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม
อาจารย์นวลจันทร์ เสมอพันธ์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทศบาล ๑ (วัดทองพุ่มพวง) จังหวัดสระบุรี

**รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของ
แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน
จำนวน 5 ท่าน**

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถาบัน/หน่วยงาน
อาจารย์สมเกียรติ เพ็ญทอง	หัวหน้า สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ ดร.ยุรวัดน์ คล้ายมงคล	ประธาน สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชา หลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์กฤษรัตน์ วิทยาเวช	อาจารย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม
อาจารย์นภสร เรือนโรจน์รุ่ง	อาจารย์ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม
อาจารย์นวลจันทร์ เสมอจันทร์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทศบาล ๑ (วัดทองพุ่มพวง) จังหวัดสระบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการประเมินโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา
 เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน และคู่มือการใช้
 จำนวน 5 ท่าน

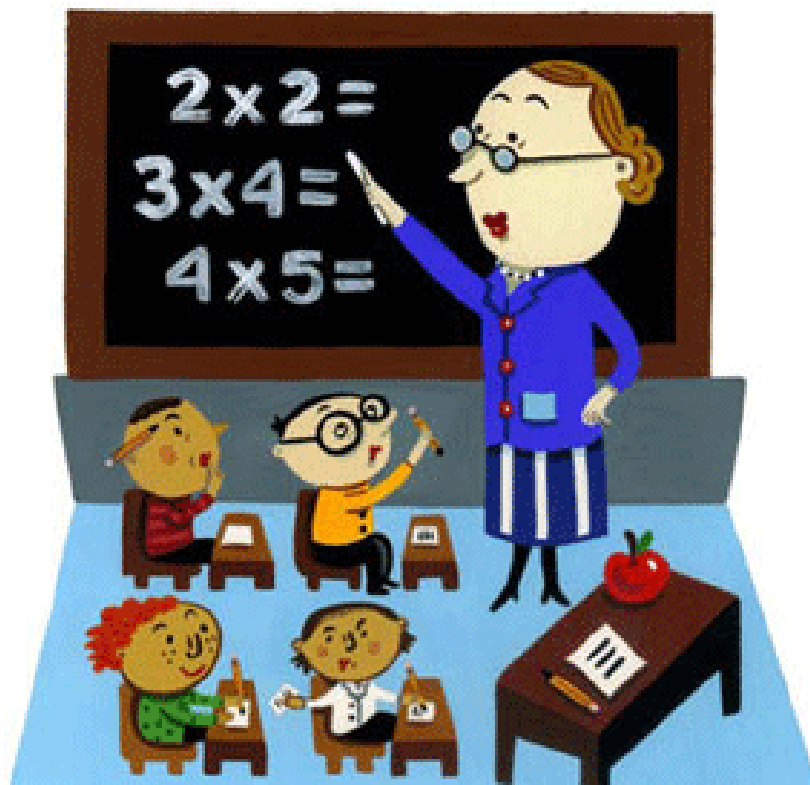
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถาบัน/หน่วยงาน
อาจารย์ ดร. เรืองเดช ศิริกิจ	อาจารย์ สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์ ดร. พนิดา มารุ่งเรือง	อาจารย์ ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์คุณุญ ศกุนตนาค	นักวิชาการศึกษาปฏิบัติการ สำนักพัฒนานวัตกรรมการจัดการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
อาจารย์ชุติวัดน์ สุวัตถิพงษ์	ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานพื้นฐานอาชีพและเทคโนโลยี (คอมพิวเตอร์) โรงเรียนมาแตร์เดอีวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
อาจารย์นवलจันทร์ เสมอจันทร์	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทศบาล ๑ (วัดทองพุ่มพวง) จังหวัดสระบุรี

ภาคผนวก ข

แบบตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบตรวจสอบความถูกต้องของ
โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน



ผู้วิจัย

นางสาวสุปราณี บุระ

นิสิตระดับปริญญาตรีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลทางการศึกษา

ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาทางการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบตรวจสอบความถูกต้องของ โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

คำชี้แจง

ด้วยข้าพเจ้า นางสาวสุปราณี บุระ นิสิตระดับปริญญาเอก สาขาการวัดและประเมินผล การศึกษาคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อยู่ระหว่างการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์ และประยุกต์ใช้โมเดล DINA** ซึ่งแบบสอบที่จะพัฒนาขึ้นนี้ จะสร้างขึ้นตามโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ เป็นแบบสอบที่ใช้ในการทดสอบผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งนักเรียนต้องทำข้อสอบทุกข้อ เมื่อนักเรียนทำข้อสอบเสร็จแล้ว จะมีการประมวลผลทันที และประยุกต์ใช้โมเดล DINA ในการให้สารสนเทศในการตัดสินใจว่านักเรียนหรือไม่รอบรู้แก่นักเรียนในแต่ละคุณลักษณะของโมเดลพุทธิปัญญาที่กำหนด

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ได้กำหนดนิยามศัพท์ของคำว่า “พุทธิปัญญา” “โมเดลพุทธิปัญญา” และ “การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน” ดังนี้

พุทธิปัญญา หมายถึง คุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานตามลำดับขั้นการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง

โมเดลพุทธิปัญญา หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า

การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน หมายถึง การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ

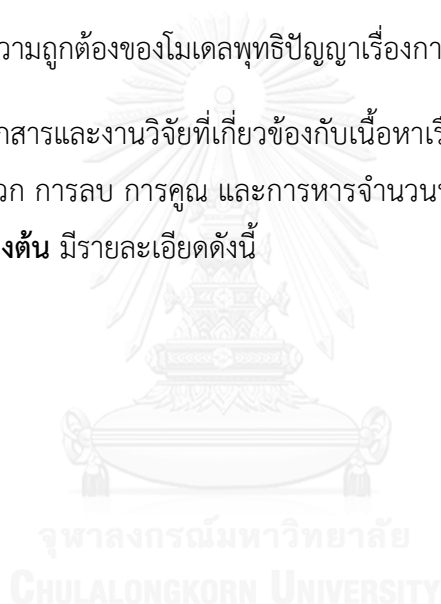
ผู้วิจัยจึงขอความร่วมมือจากท่านในการตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดัง รายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพส่วนตัว

ชื่อ.....อายุ.....
 สถานที่ทำงาน.....ตำแหน่ง.....
 คุณวุฒิทางการศึกษา.....
 ประสบการณ์การทำงาน.....

ตอนที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ใน 4 เรื่องย่อย คือ การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ และนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์ โมเดลพุทธิปัญญาในเบื้องต้น มีรายละเอียดดังนี้



โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้ความเข้าใจความหมายของการบวก การใช้เครื่องหมาย + และทักษะการบวกจำนวนนับ ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการบวกจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ และมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการบวกจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	เข้าใจความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการบวกจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20	
4	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและไม่มีตัวทด	
5	ทักษะการบวกจำนวนสองหลักและมีตัวทด	
6	ทักษะการบวกจำนวนสามหลัก	
7	ทักษะการบวกจำนวนสี่หลัก	
8	ทักษะการบวกจำนวนห้าหลัก	
9	ทักษะการบวกจำนวนหกหลัก	
10	ทักษะการบวกจำนวนที่มากกว่าหกหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้ความเข้าใจความหมายของการลบ การใช้เครื่องหมาย – และทักษะการลบจำนวนนับ ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการลบจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ และมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการลบจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	เข้าใจความหมายของการลบและใช้เครื่องหมาย – ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการลบจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการลบจำนวนสองหลักแต่ไม่เกิน 20	
4	ทักษะการลบจำนวนสองหลัก และไม่มีกรกระจาย	
5	ทักษะการลบจำนวนสองหลัก และมีการกระจาย	
6	ทักษะการลบจำนวนสามหลัก	
7	ทักษะการลบจำนวนสี่หลัก	
8	ทักษะการลบจำนวนห้าหลัก	
9	ทักษะการลบจำนวนหกหลัก	
10	ทักษะการลบจำนวนที่มากกว่าหกหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้ความเข้าใจความหมายของการคูณ การใช้เครื่องหมาย \times และทักษะการคูณจำนวนนับ ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องการคูณจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับขั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ และมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นเชิงเส้นตรง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องการคูณจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	เข้าใจความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก	
3	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก	
4	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก	
5	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก	
6	ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก	
7	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก	
8	ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนมากกว่าสองหลัก	
9	ทักษะการคูณจำนวนสามหลักกับจำนวนสามหลัก	
10	ทักษะการคูณจำนวนมากกว่าสามหลักกับจำนวนมากกว่าสามหลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ หมายถึง โครงสร้างคุณลักษณะของความรู้ความเข้าใจความหมายของการหาร การใช้เครื่องหมาย ÷ และทักษะการหารจำนวนนับ ที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เรื่องอาหารจำนวนนับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้จัดเรียงตามลักษณะความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้นการเรียนรู้ จากคุณลักษณะขั้นพื้นฐานไปยังคุณลักษณะที่สูงกว่า ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ และมีโครงสร้างเป็นลำดับชั้นเชิงเส้นตรง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 โมเดลพุทธิปัญญาเรื่องอาหารจำนวนนับ

โมเดลพุทธิปัญญา		แผนภาพ โมเดลพุทธิปัญญา
คุณลักษณะที่	รายละเอียด	
1	เข้าใจความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร ÷ ได้อย่างถูกต้อง	<pre> graph TD A1[A1] --> A2[A2] A2 --> A3[A3] A3 --> A4[A4] A4 --> A5[A5] A5 --> A6[A6] A6 --> A7[A7] A7 --> A8[A8] A8 --> A9[A9] A9 --> A10[A10] </pre>
2	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารลงตัว	
3	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสองหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลักและหารไม่ลงตัว	
4	ทักษะการหารตัวตั้งมีสามหลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	
5	ทักษะการหารตัวตั้งมีสี่หลักกับตัวหารมีหนึ่งหลัก	
6	ทักษะการหารตัวตั้งไม่เกินสี่หลักกับตัวหารมีสองหลัก	
7	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสองหลัก	
8	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสามหลัก	
9	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าสี่หลักแต่ไม่เกินหกหลักกับตัวหารมีสี่หลัก	
10	ทักษะการหารตัวตั้งมีมากกว่าหกหลักกับตัวหารมีมากกว่าสี่หลัก	

หมายเหตุ: A หมายถึง คุณลักษณะ

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา
เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา
เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน



CHULALONGKORN UNIVERSITY

โดย

นางสาวสุปราณี บุระ

วิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รศ. ดร. โชติกา ภาชีผล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ. ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน พัฒนาขึ้น จากวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต เรื่อง การพัฒนาแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานโดยใช้คอมพิวเตอร์: การประยุกต์โมเดลดีไอเอ็นเอ โดยนางสาวสุปราณี บุระ มีอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก คือ รศ. ดร. โชติกา ภาชีผล และอาจารย์ที่ปรึกษา ร่วม คือ ผศ. ดร. กมลวรรณ ตังธนภานนท์ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คู่มือการใช้โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ประกอบด้วยข้อมูล 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 บทนำ เป็นการนำเสนอถึงลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา และลักษณะของโปรแกรมการทดสอบในภาพรวม ส่วนที่ 2 การติดตั้งโปรแกรม เป็นการนำเสนอถึงลำดับขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมและส่วนประกอบต่าง ๆ ส่วนที่ 3 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และส่วนที่ 4 การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือนี้ จะช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับครู นักเรียน และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ใช้งานโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุดกับวงการการศึกษาไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สุปราณี บุระ

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
ลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา	1
ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการทดสอบ	4
การติดตั้งโปรแกรม	6
การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู	20
การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู	20
การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนที่ 1 ห้องสอบ	23
การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนที่ 2 ประมวลผลการสอบ	26
การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน	32
การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน	32
การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน	34

หน้า 1

บทนำ

ลักษณะของแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน พัฒนาจากแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ในแต่ละเรื่องแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับที่ 1 เป็นระดับที่ง่าย มีตัวเลขน้อยหลัก และระดับที่ 2 เป็นระดับที่ยากขึ้น มีตัวเลขมากหลักยิ่งขึ้น ในแต่ละข้อคำถาม ประกอบด้วยโจทย์ย่อยหลายโจทย์ ขึ้นกับโครงสร้างของข้อสอบนั้น ๆ

โปรแกรมการทดสอบนี้ ประกอบด้วยชุดแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา 8 ฉบับ คือ

- 1) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1
- 2) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1
- 3) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1
- 4) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1
- 5) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2
- 6) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 2
- 7) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2
- 8) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2

ในแต่ละการทดสอบจะเป็นการวินิจฉัยความรอบรู้ของนักเรียนในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญา ซึ่งหมายถึงคุณลักษณะของความรู้และทักษะที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ เรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานตามลำดับชั้นการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง ด้วยโมเดลทีไอเอ็นเอ ซึ่งเป็นโมเดลทางการวัดและประเมินผล โดยประมาณค่าจาก 2 พารามิเตอร์ในแต่ละข้อ คือ พารามิเตอร์ความสะเพร่า (s_j) และพารามิเตอร์การเดาข้อสอบถูก (g_j) โดยมีรายละเอียดของคุณลักษณะดังนี้

หน้า 2

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 1 การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 วินิจฉัย 5
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจในความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีกรทด

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีกรทด

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีการทด

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 2 การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 วินิจฉัย 5
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจความหมายของการลบและใช้เครื่องหมาย - ได้อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 9

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 20 และไม่มีกรกระจาย

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และไม่มีกรกระจาย

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100 และมีการกระจาย

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 3 การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 วินิจฉัย 4
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจความหมายของการคูณและใช้เครื่องหมาย \times ได้อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนหนึ่งหลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสองหลัก

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสามหลัก

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 4 การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 วินิจฉัย 4
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ความเข้าใจความหมายของการหารและใช้เครื่องหมายหาร \div ได้อย่างถูกต้อง

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการหารที่ตัวตั้งไม่เกินสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีหนึ่งหลัก (หารลงตัว)

หน้า 3

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารลงตัว)

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสองหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก และผลหารมีสองหลัก (หารเหลือเศษ)

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 5 การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 วินิจฉัย 5
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และไม่มีการทด

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด
1 หลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 1,000 และมีการทด
2 หลัก

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100,000

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการบวกจำนวนหลายหลักสองจำนวน

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 6 การลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 วินิจฉัย 5
คุณลักษณะ ดังนี้

คุณลักษณะที่ 1 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และไม่มีการ
กระจาย

คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย
1 หลัก

คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 1,000 และมีการกระจาย
2 หลัก

คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการลบจำนวนสองจำนวนที่ตัวตั้งไม่เกิน 100,000

คุณลักษณะที่ 5 ทักษะการลบจำนวนหลายหลักสองจำนวน

หน้า 4

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 7 การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 วินิจฉัย 4
คุณลักษณะ ดังนี้

- คุณลักษณะที่ 1 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนสี่หลัก
- คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก
- คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการคูณจำนวนสองหลักกับจำนวนสองหลัก
- คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการคูณจำนวนที่มากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนที่มากกว่าสองหลัก

แบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่องที่ 8 การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 วินิจฉัย 4
คุณลักษณะ ดังนี้

- คุณลักษณะที่ 1 ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสามหลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก
- คุณลักษณะที่ 2 ทักษะการหารที่ตัวตั้งมีสี่หลัก ตัวหารมีหนึ่งหลัก
- คุณลักษณะที่ 3 ทักษะการหารที่ตัวหารมีสองหลัก
- คุณลักษณะที่ 4 ทักษะการหารที่ตัวหารมีสามหลัก

ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมการทดสอบ

โปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน ออกแบบให้มีความทำงาน 2 ส่วน คือ 1) โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย และ 2) โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐานทั้ง 8 เรื่อง โปรแกรมการทดสอบนี้ ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows 7 ขึ้นไป ใช้ได้ทั้งกับห้องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบแลน (LAN: Local Area Network) หรือคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่ครูและนักเรียนใช้ร่วมกัน

สำหรับการติดตั้งโปรแกรมในห้องคอมพิวเตอร์ที่มีระบบแลนนั้น เครื่องคอมพิวเตอร์ของครู ซึ่งเป็นเครื่องควบคุม จะติดตั้งโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูและโปรแกรมอื่น ๆ และเครื่องคอมพิวเตอร์ของนักเรียนจะติดตั้งเฉพาะโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

หน้า 5

ในส่วนของการติดตั้งโปรแกรมในคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่ครูและนักเรียนใช้ร่วมกันนั้น จะติดตั้งทุกโปรแกรม และเรียกใช้งานทีละโปรแกรม โดยเริ่มจากโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และตามด้วยโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถเข้าสอบได้ที่ละคนจนกว่าจะครบทุกคน แต่การใช้วิธีนี้อาจต้องใช้เวลาานาน แต่สามารถขจัดปัญหาเรื่องห้องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถใช้งานได้

การใช้งานโปรแกรม เริ่มจากครูเปิดโปรแกรมการทดสอบสำหรับครูเพื่อเลือกเรื่องที่จะทดสอบ แล้วโปรแกรมจะกำหนดหมายเลขไอพีเครื่องและรหัสผ่าน จากนั้นนักเรียนเปิดโปรแกรมสำหรับนักเรียน กรอกหมายเลขไอพีเครื่อง รหัสผ่าน และทำการทดสอบในแต่ละเรื่องที่ครูกำหนด เมื่อนักเรียนส่งข้อสอบครบทุกคนแล้ว ครูจะเป็นผู้วิเคราะห์ผลการทดสอบผ่านทางโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู และสามารถพิมพ์รายงานผลการทดสอบ ซึ่งเป็นผลคะแนนในแต่ละโจทย์ย่อยของแต่ละข้อสอบ และผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะ ได้ทั้งระดับรายคนและระดับรายชั้นเรียน

หน้า 6

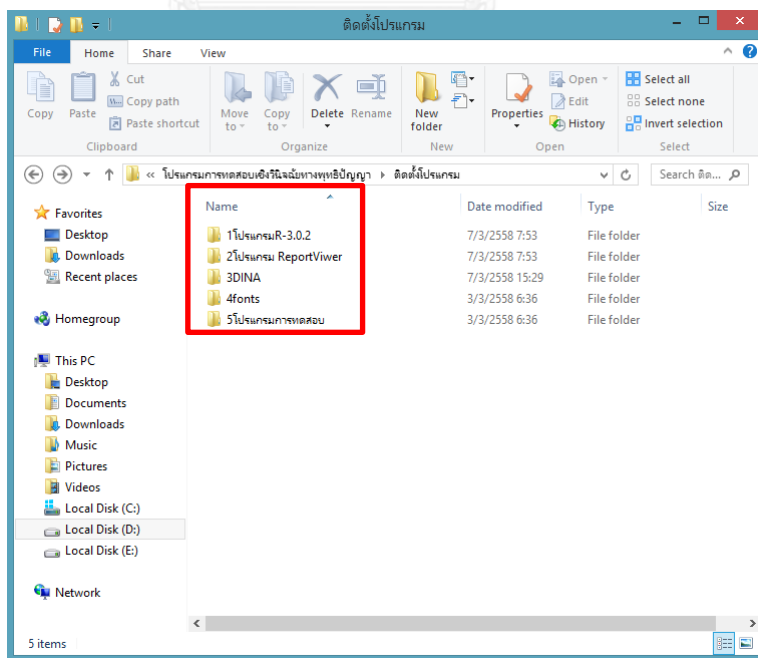
การติดตั้งโปรแกรม

ในแฟ้มข้อมูลการติดตั้งโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการ
เลขคณิตพื้นฐาน นั้น ประกอบด้วย 5 แฟ้มข้อมูล คือ

- 1) โปรแกรม R-3.0.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการวินิจัยในแต่ละคุณลักษณะ
- 2) โปรแกรม ReportViewer 2010 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกรายงานผลการวินิจัย
- 3) DINA เป็นแฟ้มข้อมูลค่าพารามิเตอร์สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ผลการวินิจัยด้วยโมเดลตี
ไอเอ็นเอ

4) fonts เป็นแฟ้มข้อมูลแบบอักษร THSarabun THSarabunBold
THSarabunBoldItalic และ THSarabunItalic เนื่องจากใบรายงานผลการวินิจัยใช้แบบอักษร
THSarabun

5) โปรแกรมการทดสอบ ประกอบด้วยโปรแกรมสำหรับครู และโปรแกรมสำหรับนักเรียน
ดังภาพ



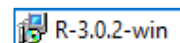
การติดตั้งโปรแกรม

การติดตั้งโปรแกรมการทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาเรื่องการดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน เริ่มจากคัดลอกแฟ้มข้อมูลติดตั้งโปรแกรมจากแผ่น CD ไปไว้ที่ไดร์ฟ D: และการติดตั้งโปรแกรมนั้นประกอบด้วยการทำงาน 5 ขั้นตอน คือ 1) ติดตั้งโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.0.2 และดาวน์โหลด แพ็คเกจ CDM 2) ติดตั้งโปรแกรม Report Viewer 3) คัดลอกแฟ้มข้อมูล DINA ไปไว้ที่ไดร์ฟ C: 4) หากเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่มีแบบอักษร THSarabun ทำการคัดลอกแบบอักษร THSarabun THSarabunBold THSarabunBoldItalic และ THSarabunItalic ในแฟ้มข้อมูล fonts ไปไว้ในแฟ้มข้อมูล fonts ของเครื่องคอมพิวเตอร์ และ 5) เรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมสำหรับครูและโปรแกรมสำหรับนักเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

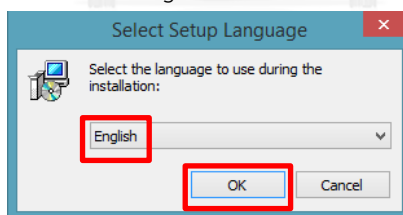
ขั้นตอนที่ 1 ติดตั้งโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.0.2 และดาวน์โหลด แพ็คเกจ CDM (ในขั้นตอนนี้ต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต)

การติดตั้งโปรแกรม R เวอร์ชัน 3.0.2

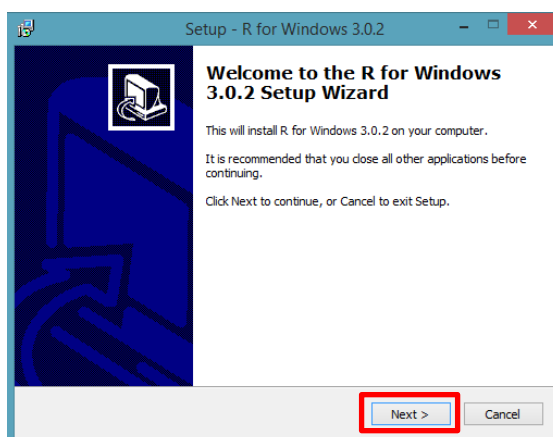
1.1 เปิดแฟ้มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 1โปรแกรม R-3.0.2 จากนั้นดับเบิลคลิก



1.2 จะปรากฏดังภาพ จากนั้นเลือก English และคลิก OK

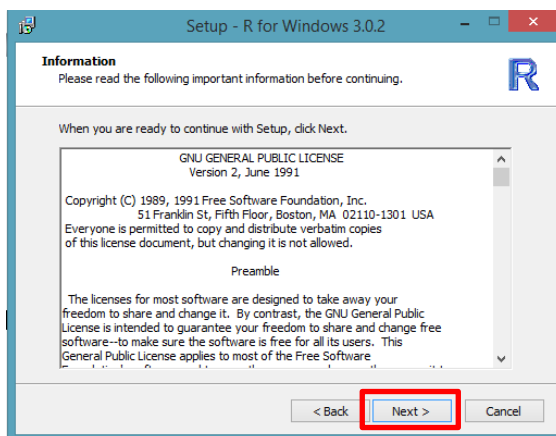


1.3 จะปรากฏดังภาพ จากนั้นคลิก Next

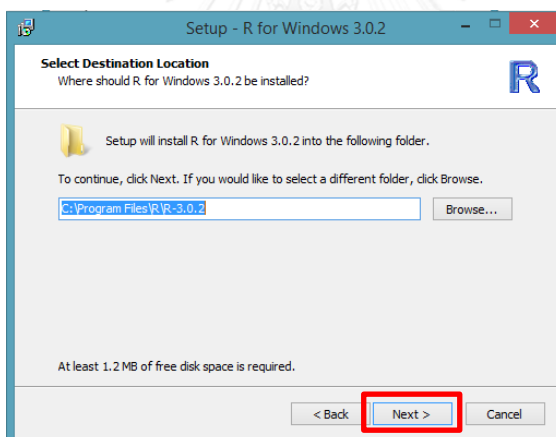


หน้า 8

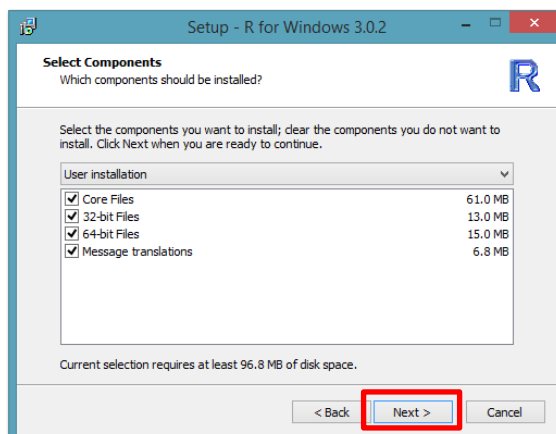
1.4 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next



1.5 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next

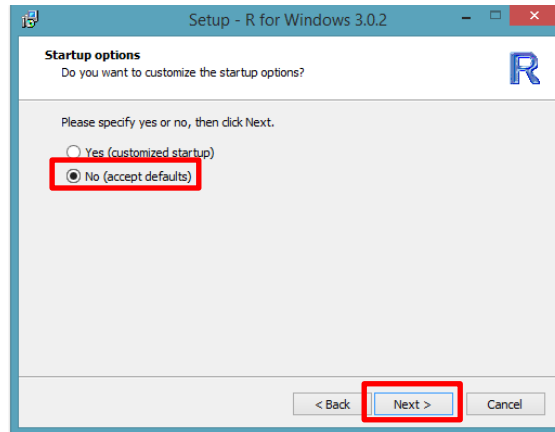


1.6 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next

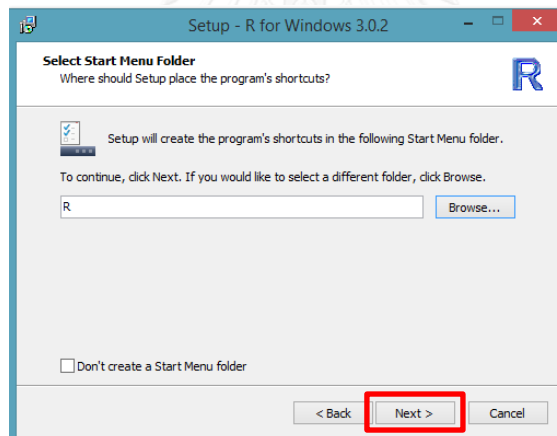


หน้า 9

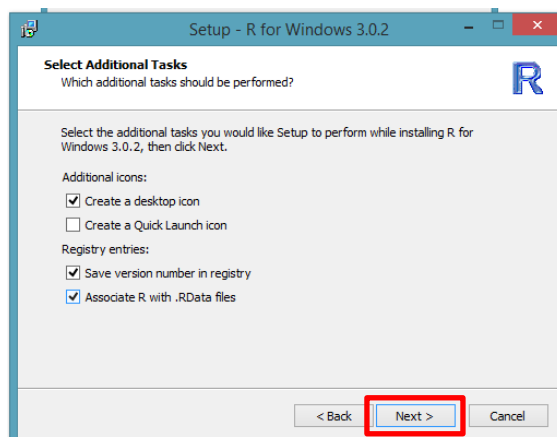
1.7 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้นเลือก No (accept defaults) และคลิก Next



1.8 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next

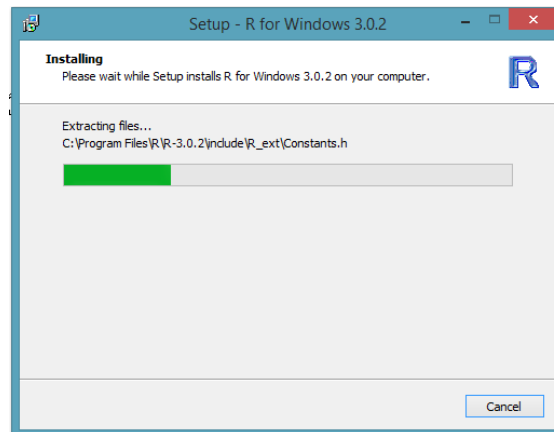


1.9 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next

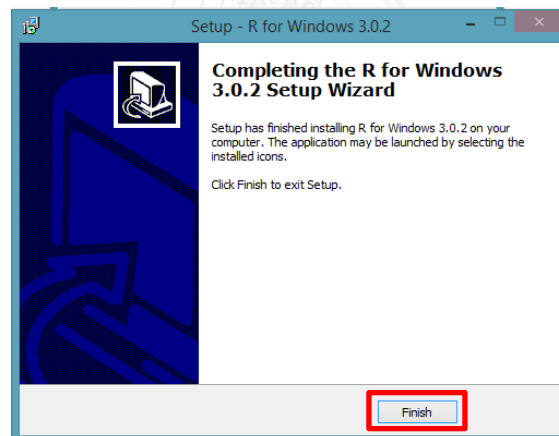


หน้า 10

1.10 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้นรอสักครู่



1.11 ติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Finish

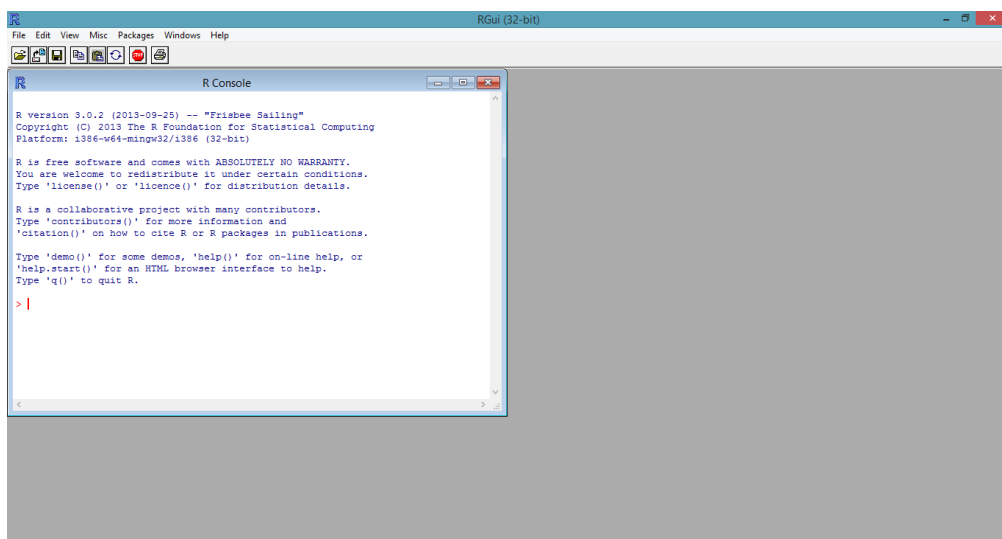


หน้า 11

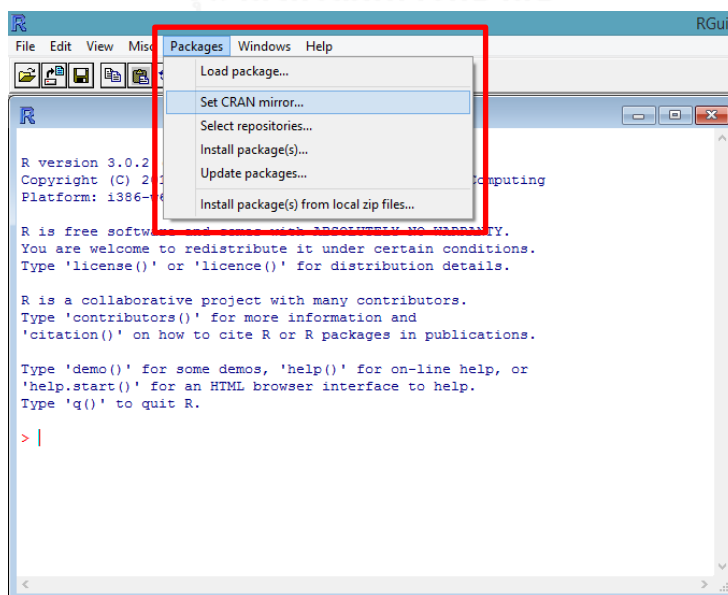
การดาวน์โหลด แพ็คเกจ CDM

1.12 ดับเบิลคลิกที่ไอคอน  ที่หน้าเดสก์ทอป

1.13 จะปรากฏดังภาพ

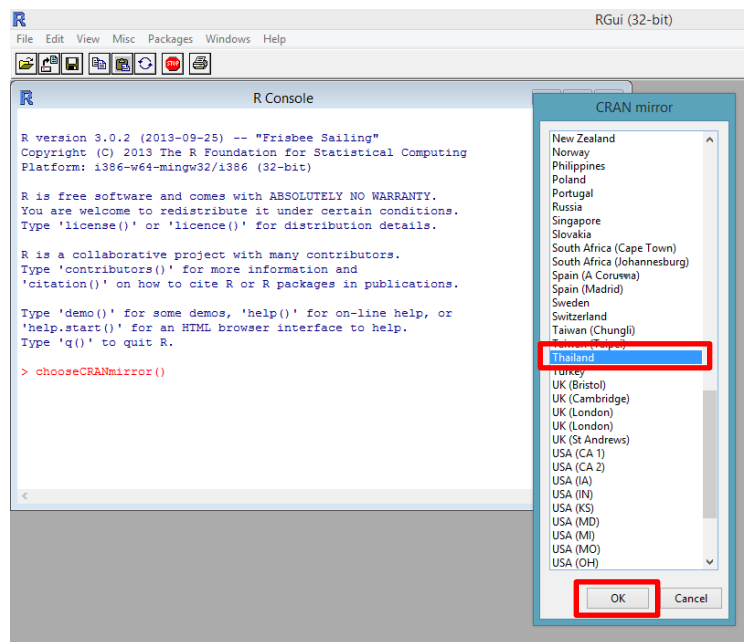


1.14 เลือกเมนู Packages → Set CRAN mirror... ดังภาพ

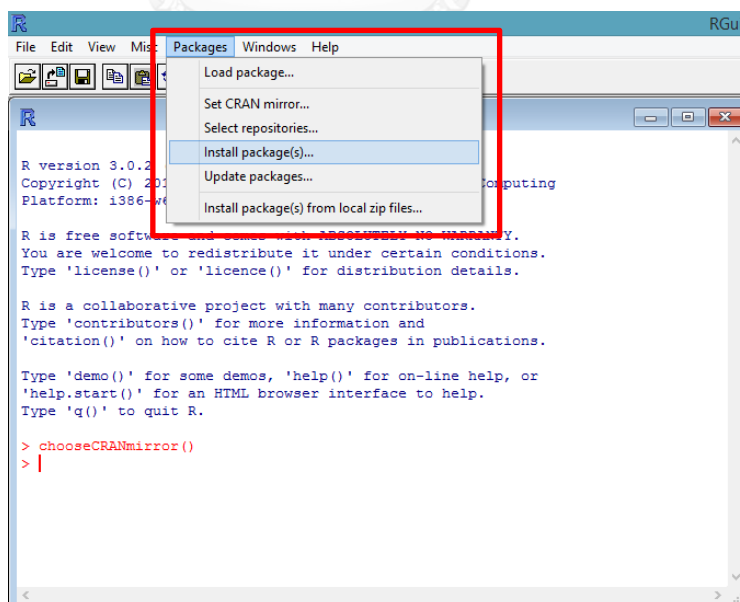


หน้า 12

1.15 จะปรากฏดังภาพ จากนั้นเลือก Thailand และ คลิก OK

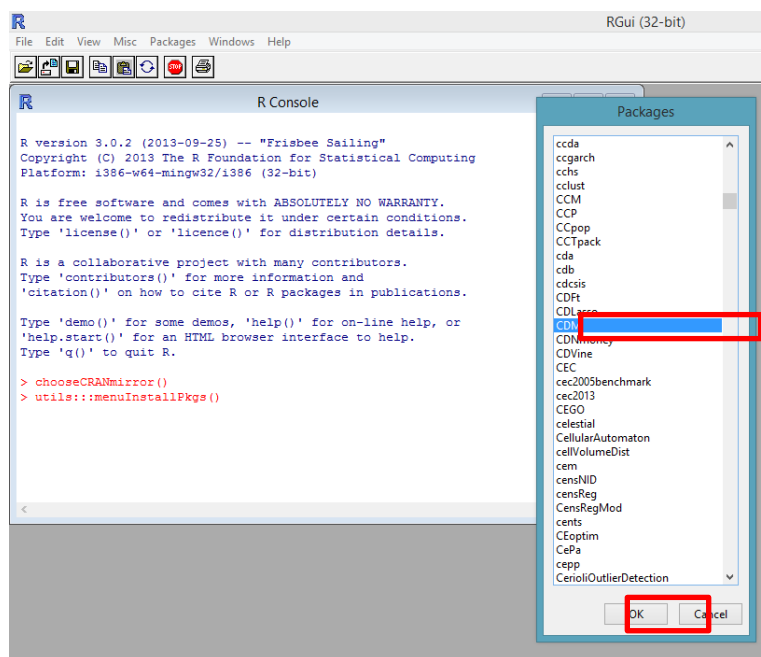


1.16 เลือกเมนู Packages → Install package(s)... ดังภาพ

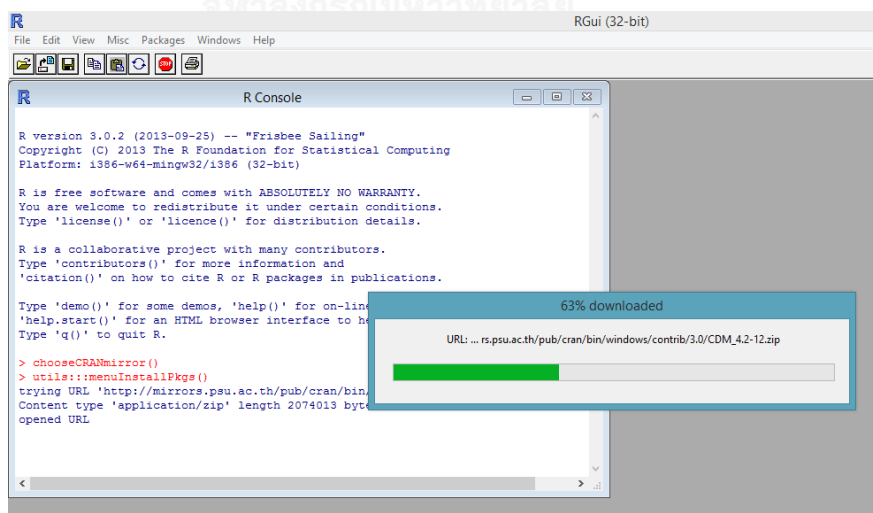


หน้า 13

1.17 จะปรากฏดังภาพ จากนั้นเลือก CDM และ คลิก OK

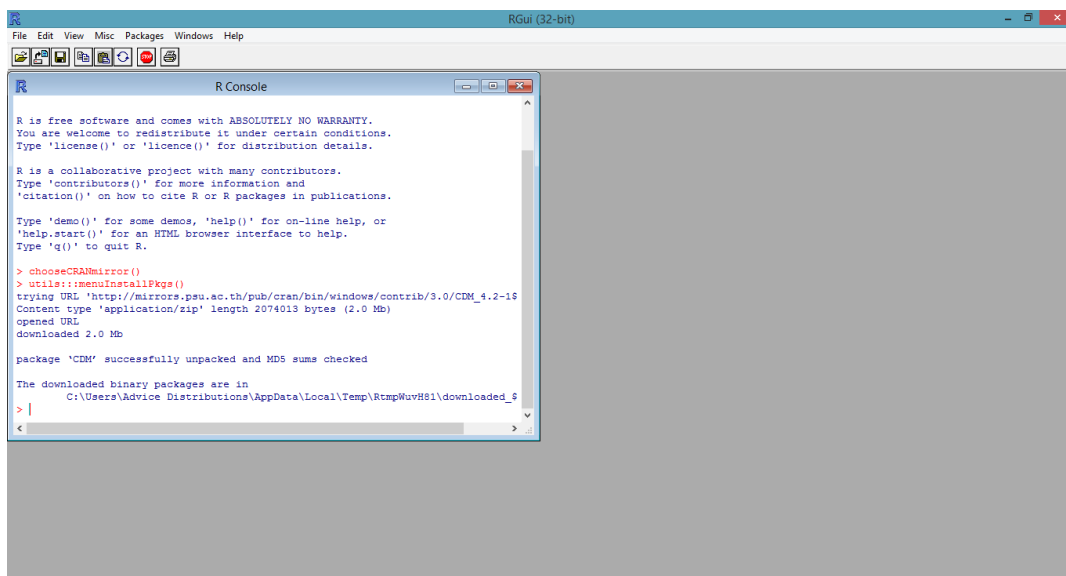


1.18 จะปรากฏดังภาพ จากนั้นรอสักครู่



หน้า 14

1.19 ดาวนโหลด แพ็คเกจ CDM เรียบร้อย จะปรากฏดั่งภาพ และปิดโปรแกรม



```

RGui (32-bit)
File Edit View Misc Packages Windows Help

R Console

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> chooseCRANmirror()
> utils::menuInstallPkgs()
trying URL 'http://mirrors.psu.ac.th/pub/cran/bin/windows/contrib/3.0/CDM_4.2-16'
Content type 'application/zip' length 2074013 bytes (2.0 Mb)
opened URL
downloaded 2.0 Mb
package 'CDM' successfully unpacked and MD5 sums checked
The downloaded binary packages are in
  C:\Users\Advice Distributions\AppData\Local\Temp\RtmpWuvH81\downloaded_6
> |
<

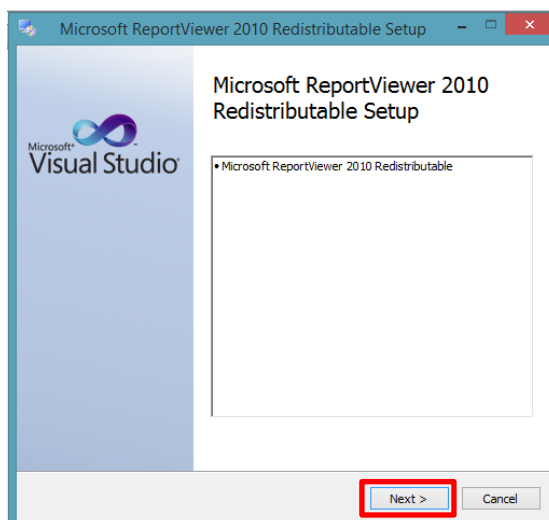
```

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งโปรแกรม Report Viewer

2.1 เปิดแฟ้มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 2โปรแกรม ReportViewer

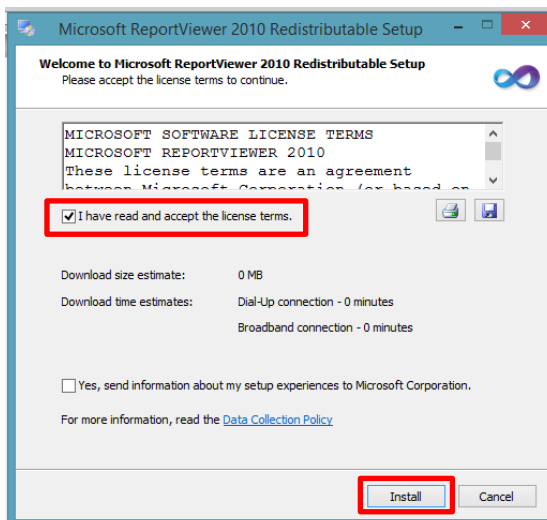
จากนั้นดับเบิลคลิก  ReportViewer

2.2 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้น คลิก Next

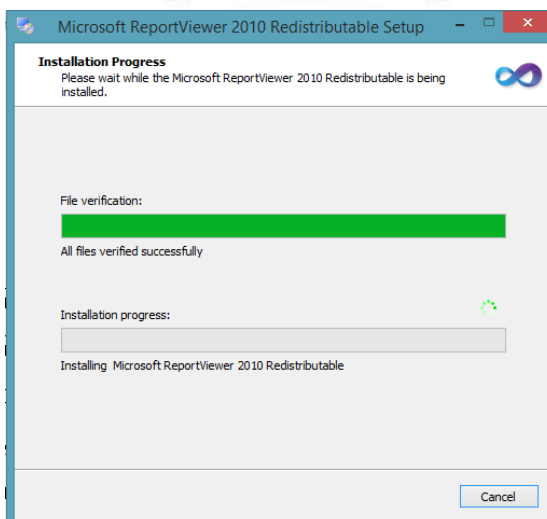


หน้า 15

2.3 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้นเลือก I have read and accept the license terms และ คลิก Install

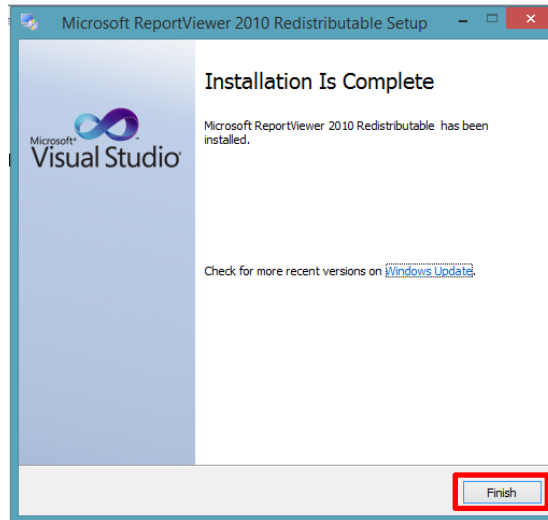


2.4 จะปรากฏดั่งภาพ จากนั้นรอสักครู่



หน้า 16

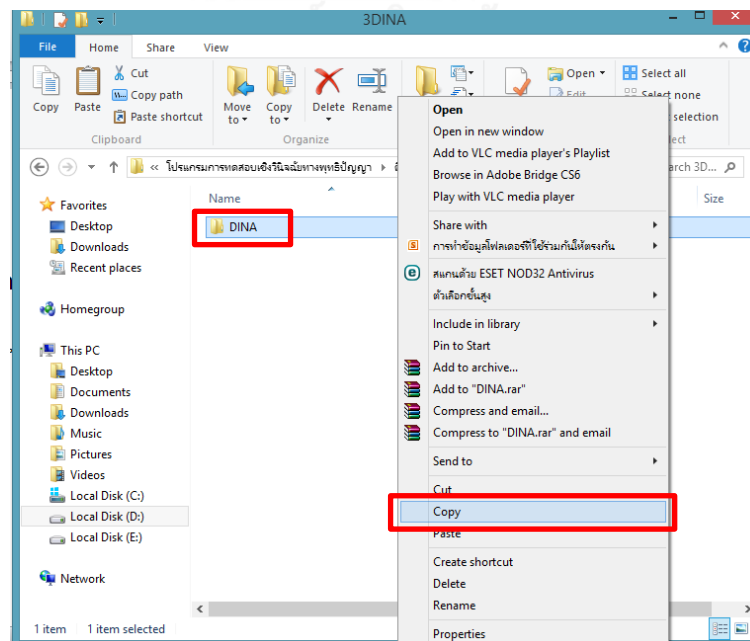
2.5 ติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏดังภาพ จากนั้น คลิก Finish



ขั้นตอนที่ 3 คัดลอกเพิ่มข้อมูล DINA ไปไว้ที่ไดร์ฟ C:

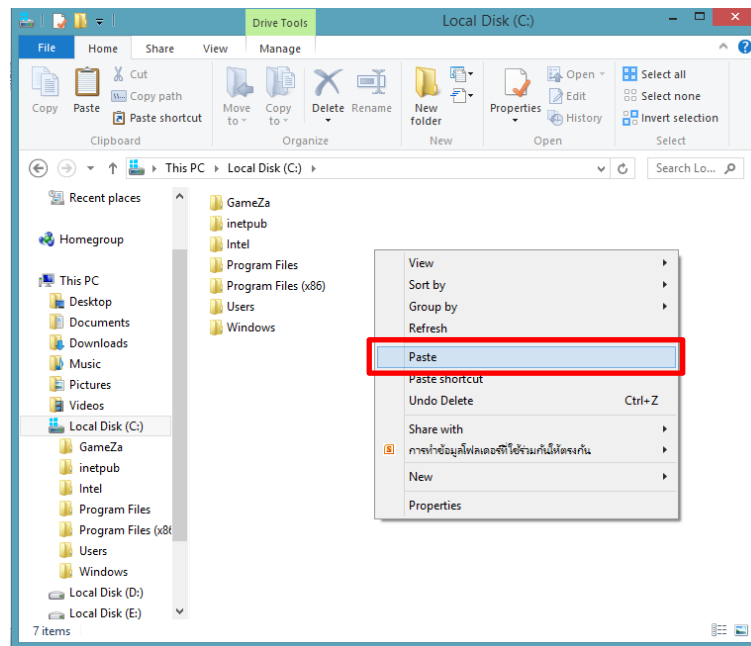
3.1 เปิดเพิ่มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 3DINA จะพบเพิ่มข้อมูล DINA

3.2 คลิกขวาที่เพิ่มข้อมูล DINA เลือก Copy หรือ คัดลอก ดังภาพ

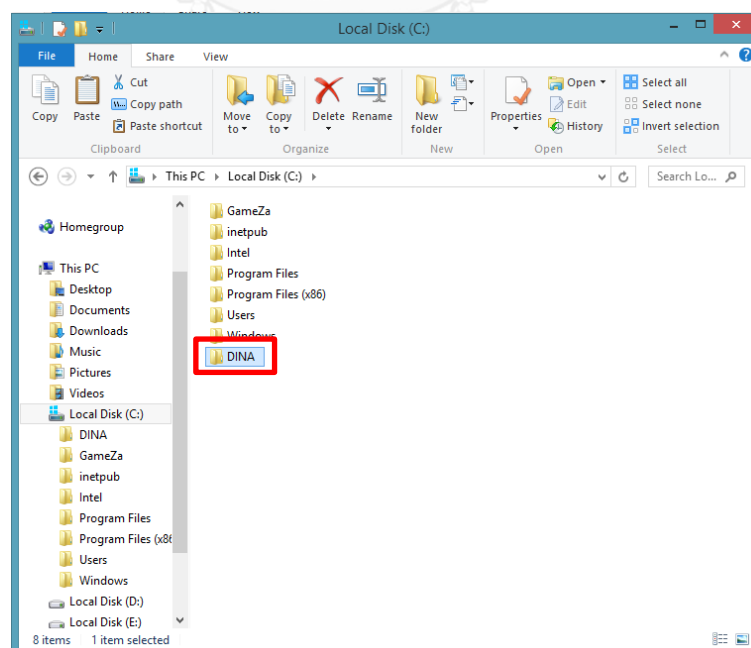


หน้า 17

3.3 เปิดไดรฟ์ C: จากนั้น คลิกขวาบนพื้นที่ว่าง เลือก Paste หรือ วาง ดังภาพ



3.4 เมื่อคัดลอกเรียบร้อยแล้ว จะปรากฏเพิ่มข้อมูล DINA ที่ไดรฟ์ C: ดังภาพ

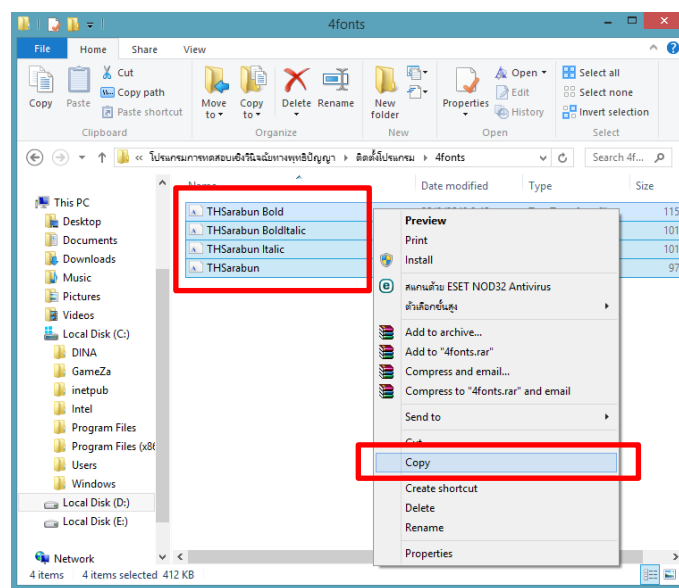


หน้า 18

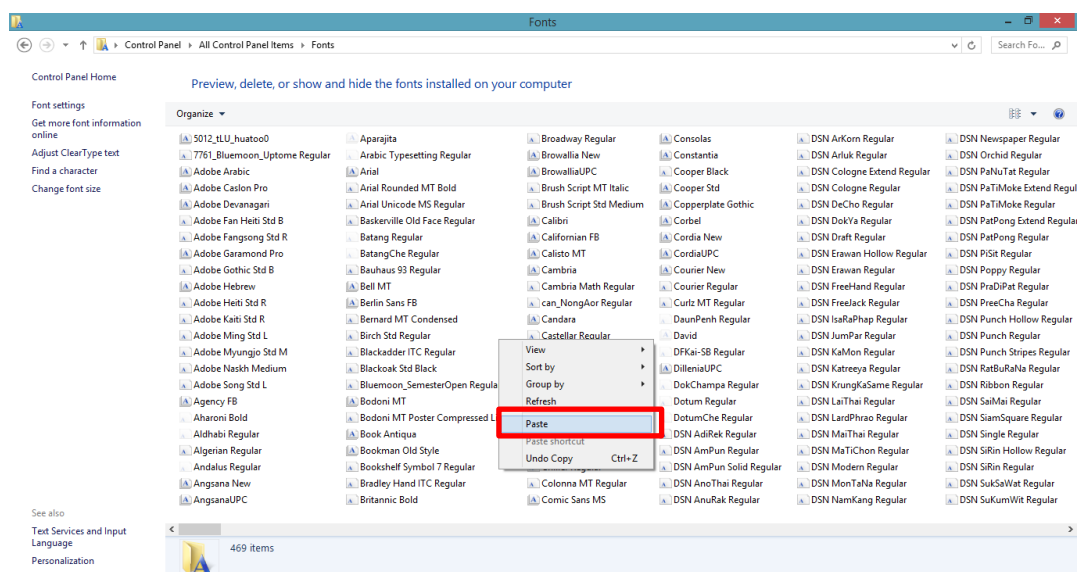
ขั้นตอนที่ 4 คัดลอกแบบอักษร THSarabun

4.1 เปิดเพิ่มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 4fonts จะพบไฟล์แบบอักษร THSarabunBoldItalic THSarabunBold THSarabunItalic และ THSarabun

4.2 เลือกแบบอักษรทั้งหมด จากนั้นคลิกขวาที่แบบอักษร เลือก Copy หรือ คัดลอก ดังภาพ



4.3 เปิดเพิ่มข้อมูล Fonts ใน Control panel จากนั้น คลิกขวานพื้นที่ว่าง เลือก Paste หรือ วาง ดังภาพ

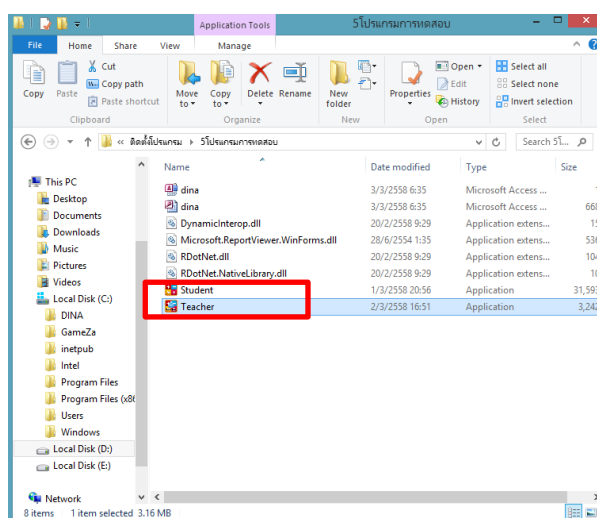


หน้า 19

ขั้นตอนที่ 5 เรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบ

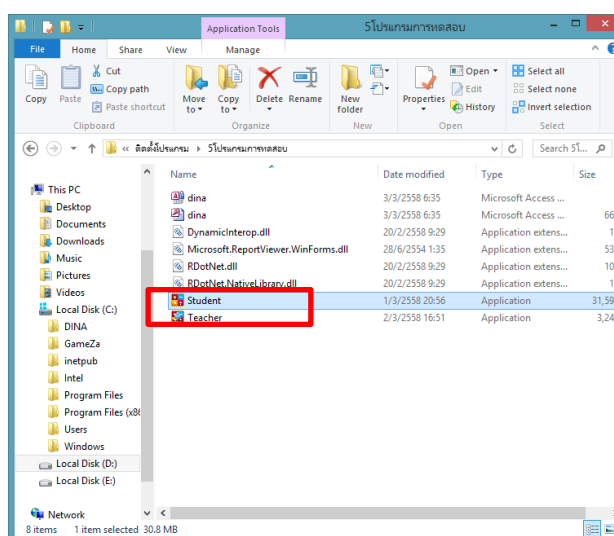
โปรแกรมสำหรับครู

5.1 เปิดแฟ้มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 5โปรแกรมการทดสอบ จากนั้นดับเบิลคลิกที่ไอคอน Teacher ดังภาพ



โปรแกรมสำหรับนักเรียน

5.2 เปิดแฟ้มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 5โปรแกรมการทดสอบ จากนั้นดับเบิลคลิกที่ไอคอน Student ดังภาพ

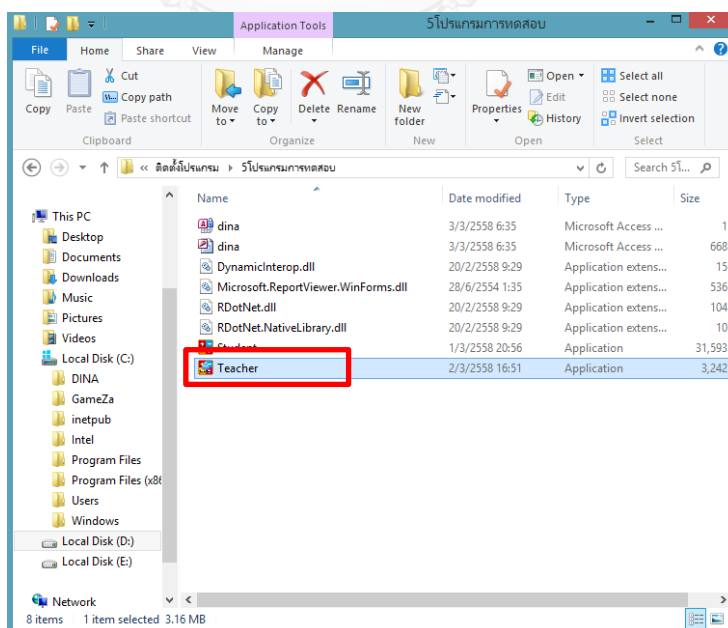


การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู

โปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เป็นโปรแกรมควบคุมการทดสอบและวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ห้องสอบ เป็นการสร้างห้องสอบด้วยการกรอกข้อมูลพื้นฐานการสอบ ได้แก่ ระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบ ชื่อโรงเรียน ชื่อครูผู้ควบคุมห้องสอบ และเลือกชุดแบบสอบ (ห้องสอบแต่ละห้องต้องมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 2 คน ขึ้นไป) ส่วนที่ 2 ประมวลผลการสอบ เป็นการวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนดในแต่ละการทดสอบด้วยโมเดลติไอเอ็นเอ และรายงานผลการวินิจฉัยทั้งระดับรายคน ซึ่งเป็นการรายงานผลคะแนนในแต่ละโจทย์ย่อยของแต่ละข้อ และผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะ และระดับรายชั้นเรียน เป็นการรายงานผลการวินิจฉัยในแต่ละคุณลักษณะของทุกคนในระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบนั้น โดยมีรายละเอียดของการใช้งานตามลำดับดังนี้

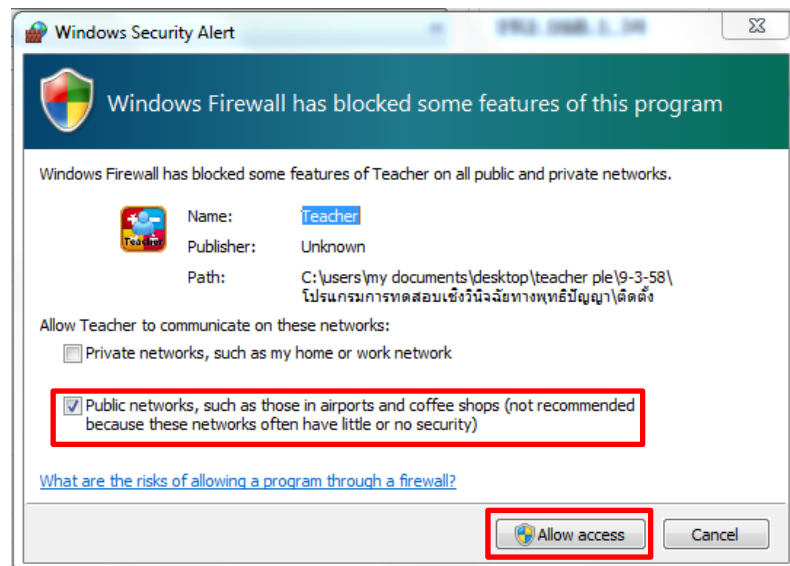
การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู

เปิดเพิ่มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 5โปรแกรมการทดสอบ จากนั้นดับเบิลคลิกที่ไอคอน Teacher ดังภาพ

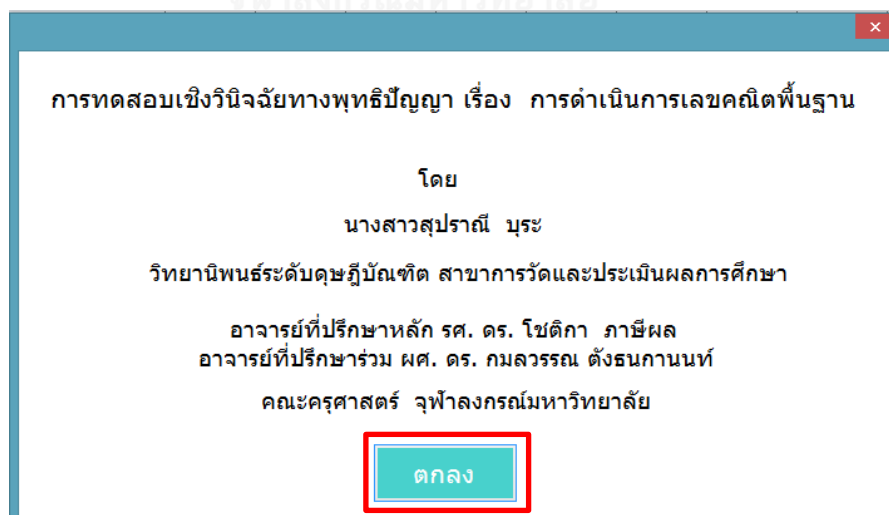


หน้า 21

จะปรากฏหน้าจอ Windows Security Alert ดังภาพ จากนั้น เลือก Public networks และ คลิก Allow access



จะปรากฏหน้าแรกของโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ดังภาพ จากนั้น คลิก ตกลง



หน้า 23

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนที่ 1 ห้องสอบ

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู จะเริ่มจากเมนู **ห้องสอบ** เพื่อสร้างห้องสอบด้วยการกรอกข้อมูลพื้นฐานการสอบ ได้แก่ ระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบ ชื่อโรงเรียน ชื่อครูผู้ควบคุมห้องสอบ และเลือกชุดการทดสอบ มีรายละเอียดการใช้งานตามลำดับดังนี้

1. คลิกที่เมนูห้องสอบ เพื่อกรอกข้อมูลพื้นฐานการสอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลชั้นปี (ระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบ) ชื่อโรงเรียน ชื่อครูผู้ควบคุมห้องสอบ และเลือกชุดแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา จากนั้นคลิกสร้างห้องสอบ ดังภาพ

หน้า 24

2. จะปรากฏหมายเลขไอพีเครื่องและรหัสห้องสอบเพื่อใช้เป็นรหัสผ่านสำหรับโปรแกรมการทดสอบของนักเรียน ดังภาพ

การทดสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญญา เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน - [สถานะเครื่องถูก]

ห้องสอบ ประมวลผลการสอบ

ข้อมูลพื้นฐานการสอบ

ชั้นปี โรงเรียน ชื่อครู

ประถมศึกษาปีที่3 เทศบาลบ้านคำเขื่อน นางสาวสุปราณี มุระ

เสร็จสิ้นการสอบ

รหัสห้องสอบ ชุดแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญญา หมายเลขไอพีเครื่อง

1812 การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 192.168.1.33

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้

3. ระหว่างที่นักเรียนทำการทดสอบ จะปรากฏข้อมูลนักเรียนในส่วนของเลขประจำตัว ชื่อ และผลคะแนนในแต่ละข้อ และเมื่อนักเรียนส่งข้อสอบแล้วจะปรากฏคะแนนรวมและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ ดังภาพ

การทดสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญญา เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน - [สถานะเครื่องถูก]

ห้องสอบ ประมวลผลการสอบ

ข้อมูลพื้นฐานการสอบ

ชั้นปี โรงเรียน ชื่อครู

ประถมศึกษาปีที่3 เทศบาลบ้านคำเขื่อน นางสาวสุปราณี มุระ

เสร็จสิ้นการสอบ

รหัสห้องสอบ ชุดแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางทฤษฎีปัญญา หมายเลขไอพีเครื่อง

1812 การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 192.168.1.33

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
0001	เด็กชาย มานะ ริกเรียน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	13	00:15:42

หน้า 25

4. หลังจากที่นักเรียนส่งข้อสอบทุกคนแล้ว คลิก เสร็จสิ้นการสอบ และเลือก Yes ดังภาพ และเป็น การเสร็จสิ้นการใช้เมนูห้องสอบในแต่ละการทดสอบนั้น ๆ

การทดสอบเชิงวินิจฉัยทางพฤกษศาสตร์ เรื่อง การดำเนินการเลขคณิตพื้นฐาน - [สถานะเครื่องลูก]

ห้องสอบ ประมวลผลการสอบ

ข้อมูลพื้นฐานการสอบ

ชั้นปี: โรงเรียน: ชื่อครู:

รหัสห้องสอบ: ชุดแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพฤกษศาสตร์: หมายเลขไอพีเครื่อง:

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
0001	เด็กชาย มานะ วิกเรียน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	13	00:15:42

ยืนยัน

เสร็จสิ้นการสอบ

Yes No

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ส่วนที่ 2 ประมวลผลการสอบ

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู เมนู **ประมวลผลการสอบ** ดำเนินการหลังจากที่นักเรียนทุกคนได้ส่งข้อสอบ และครูคลิกเสร็จสิ้นการสอบจากเมนูห้องสอบเรียบร้อยแล้ว เพื่อวินิจฉัยความรอบรู้ในแต่ละคุณลักษณะทางพุทธิปัญญาที่กำหนดในแต่ละการทดสอบด้วยโมเดลตีโอเอ็นเอ และรายงานผลการวินิจฉัยทั้งระดับรายคนและระดับรายชั้นเรียน มีรายละเอียดการใช้งานตามลำดับดังนี้

1. คลิกที่เมนูประมวลผลการสอบ จะพบหน้าจอซึ่งประกอบด้วย รหัสห้องสอบ ชุดแบบสอบ วันที่เริ่ม – สิ้นสุดการสอบ ระดับชั้นที่เข้าสอบ ชื่อโรงเรียน และชื่อครูควบคุมห้องสอบดังภาพ

รหัสห้องสอบ	ชุดแบบสอบ	วันที่เริ่มสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 09:51:56....	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ
3685	การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:25:34....	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ
3989	การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:48:30....	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ
3079	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:57:43....	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ
2477	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 12:13:46....	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ
8109	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:42:15....	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี นูระ

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย อองอาจ เรืองรอง	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:01:37
002	เด็กชาย รัชชชัย มากมี	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:00:39
003	เด็กหญิง สมศรี นาคน้อย	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	13	00:01:53
004	เด็กหญิง วาริ สมงาม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:53
005	เด็กหญิง เดือนฉาย มีสกุล	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	12	00:01:31

หน้า 27

2. คลิกขวาที่ชุดแบบสอบ จะพบ 4 คำสั่ง คือ 1) อัปเดต เป็นการอัปเดตข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน 2) ลบ เป็นการลบชุดแบบสอบที่ต้องการ 3) รายงานผลรายคน เป็นการรายงานผลการวินิจฉัยของนักเรียนเป็นรายบุคคล และ 4) รายงานผลระดับชั้น เป็นการรายงานผลการวินิจฉัยของนักเรียนทั้งระดับชั้นที่เข้ารับการทดสอบ ดังภาพ

รหัสห้องสอบ	ประมวลผลการสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กหญิง มรล นิชยุภาดี	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	00:02:24
003	เด็กหญิง นางนวล นินสวย	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	00:01:28
002	เด็กหญิง นารีภัก สดใส	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:00:41

3. การวิเคราะห์ผลการวินิจฉัย เริ่มจากคลิกขวาที่ชุดแบบสอบ และเลือกอัปเดต เพื่ออัปเดตข้อมูลการสอบในชุดแบบสอบนั้นให้เป็นปัจจุบัน ดังภาพ

รหัสห้องสอบ	ประมวลผลการสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109	การมกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย นฤเดิม น้าใจ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:02:03
002	เด็กชาย คุณธรรม คำขาม	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:01:00
003	เด็กหญิง น้าใจ นิลเมอ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	12	00:01:59
004	เด็กหญิง สยสดี ดงจาม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:47
005	เด็กหญิง ดาวใจ นารีภัก	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	10	00:03:26

4. การวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยรายบุคคล โดยคลิกขวาที่ชุดแบบสอบที่ต้องการ และเลือกรายงานผลรายคน ดังภาพ

รหัสข้อสอบ	ชุดแบบสอบ	วันที่เริ่มสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 09:51:56....	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685	การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:25:34....	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989	การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:48:30....	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:57:43....	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 12:13:46....	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:42:15....	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย บุญเต็ม น้ําใจ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:02:03
002	เด็กชาย คุณธรรม คำชาย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:01:00
003	เด็กหญิง น้ําใจ มีเสมอ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	12	00:01:59
004	เด็กหญิง สวยสุด งงรวม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:47
005	เด็กหญิง ดาวใจ น้ํารัก	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	10	00:03:26








จะปรากฏหน้าจอผลดำเนินการ ดังภาพ จากนั้น คลิก ตกลง

รหัสข้อสอบ	ชุดแบบสอบ	วันที่เริ่มสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 09:51:56....	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685	การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:25:34....	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989	การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:48:30....	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:57:43....	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477	การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 12:13:46....	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109	การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:42:15....	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ



เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย บุญเต็ม น้ําใจ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:02:03
002	เด็กชาย คุณธรรม คำชาย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:01:00
003	เด็กหญิง น้ําใจ มีเสมอ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	12	00:01:59
004	เด็กหญิง สวยสุด งงรวม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:47
005	เด็กหญิง ดาวใจ น้ํารัก	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	10	00:03:26

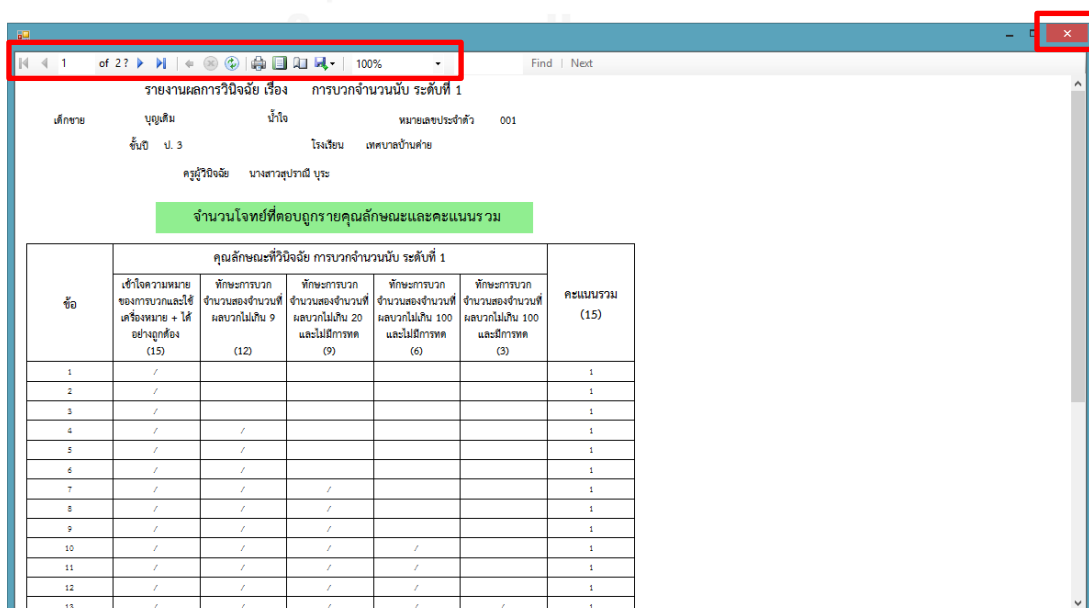
หน้า 29

จะปรากฏหน้าจอรายงานผลการวินิจฉัยรายคน ดังภาพ และมีคำสั่งย่อยที่อยู่ด้านบนสุด ดังนี้

- 1)  คำสั่งหน้าก่อนนี้
- 2)  คำสั่งหน้าต่อไป
- 3)  คำสั่งรีเฟรชหน้าจอ
- 4)  คำสั่งพิมพ์ใบรายงานผลการวินิจฉัย
- 5)  คำสั่งดูภาพก่อนพิมพ์
- 6)  คำสั่งการตั้งค่าหน้ากระดาษก่อนพิมพ์
- 7)  คำสั่งบันทึกรายงานผลการวินิจฉัย ซึ่งสามารถเลือกบันทึกได้ 3

ไฟล์ คือ 1) ไฟล์ Excel 2) ไฟล์ PDF และ 3) ไฟล์ Word

- 8)  คำสั่ง ย่อ - ขยาย
- 9)  คำสั่งปิดโปรแกรม



รายงานผลการวินิจฉัย เรื่อง การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1

เด็กชาย บุญเสริม น้ใจ หมายเลขประจำตัว 001
ชั้นปี ป. 3 โรงเรียน เทศบาลบ้านค่าย
ครูผู้วินิจฉัย นางสาวสุปราณี บุระ

จำนวนโจทย์ที่ตอบถูกรายคุณลักษณะและคะแนนรวม

ข้อ	คุณลักษณะที่วินิจฉัย การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1					คะแนนรวม (15)
	เข้าใจความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ให้อย่างถูกต้อง (15)	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9 (12)	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีการทด (9)	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีการทด (6)	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีการทด (3)	
1	/					1
2	/					1
3	/					1
4	/	/				1
5	/	/				1
6	/	/				1
7	/	/	/			1
8	/	/	/			1
9	/	/	/			1
10	/	/	/	/		1
11	/	/	/	/		1
12	/	/	/	/		1
13	/	/	/	/		1

5. การวิเคราะห์ผลการวินิจฉัยรายชั้นเรียน โดยคลิกขวาที่ชุดแบบสอบที่ต้องการ และเลือกรายงานผลระดับชั้น ดังภาพ

ห้องสอบ	ประมวลผลการสอบ	ชุดแบบสอบ	วันที่เริ่มสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721		การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 09:51:56....	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685		การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:25:34....	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989		การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:48:30....	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079		การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:57:43....	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477		การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 12:13:46....	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109		การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:42:15....	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ

เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย บุญเต็ม น้่าใจ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:02:03
002	เด็กชาย คุณธรรม คำชาย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:01:00
003	เด็กหญิง น้่าใจ มีเสมอ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	12	00:01:59
004	เด็กหญิง สยสลด จดงาม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:47
005	เด็กหญิง ดาวใจ น้่ารัก	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	10	00:03:26








จะปรากฏหน้าจอผลดำเนินการ ดังภาพ จากนั้น คลิก ตกลง

ห้องสอบ	ประมวลผลการสอบ	ชุดแบบสอบ	วันที่เริ่มสอบ	วันที่สิ้นสุด	ชั้นปี	โรงเรียน	ชื่อครู
6721		การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 09:51:56....	2015-02-28 10:10:05....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3685		การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:25:34....	2015-02-28 11:46:31....	ป. 3	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3989		การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:48:30....	2015-02-28 11:54:04....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
3079		การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1	2015-02-28 11:57:43....	2015-02-28 12:08:44....	ป. 4	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
2477		การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 12:13:46....	2015-02-28 13:29:57....	ป. 5	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ
8109		การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2	2015-02-28 14:42:15....	2015-02-28 14:51:45....	ป. 6	เทศบาลบ้านค่าย	นางสาวสุปราณี บุระ



เลขประจำตัว	ชื่อ	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10	ข้อ 11	ข้อ 12	ข้อ 13	ข้อ 14	ข้อ 15	คะแนนรวม	เวลาที่ใช้
001	เด็กชาย บุญเต็ม น้่าใจ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	00:02:03
002	เด็กชาย คุณธรรม คำชาย	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00:01:00
003	เด็กหญิง น้่าใจ มีเสมอ	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	12	00:01:59
004	เด็กหญิง สยสลด จดงาม	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	00:01:47
005	เด็กหญิง ดาวใจ น้่ารัก	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	10	00:03:26

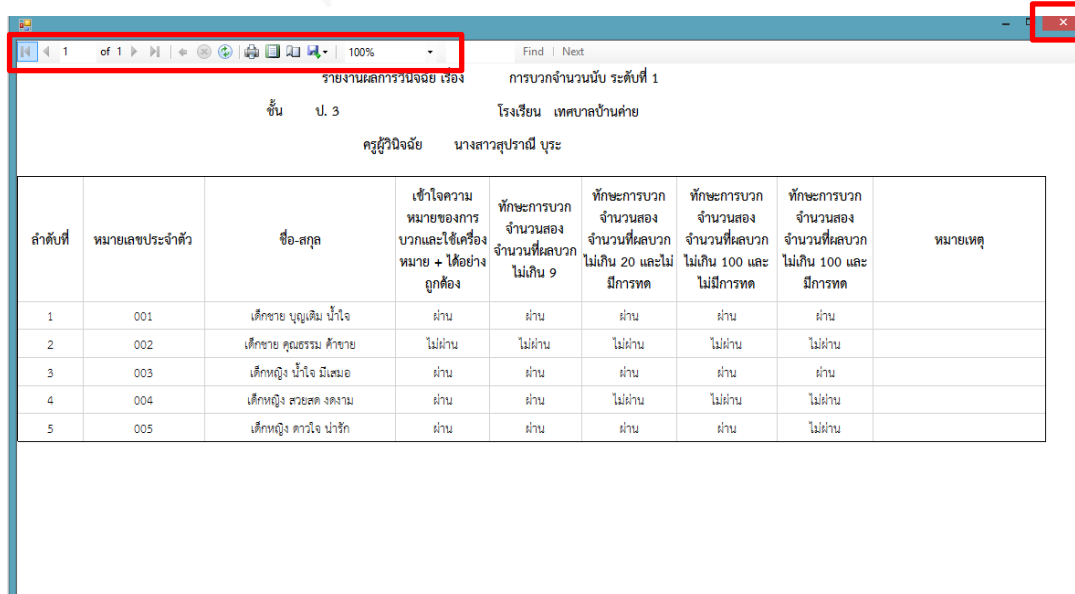
หน้า 31

จะปรากฏหน้าจอรายงานผลการวินิจฉัยรายชั้น ดังภาพ และมีคำสั่งย่อยที่อยู่ด้านบนสุด ดังนี้

- 1)  คำสั่งหน้าก่อนนี้
- 2)  คำสั่งหน้าต่อไป
- 3)  คำสั่งรีเฟรชหน้าจอ
- 4)  คำสั่งพิมพ์ใบรายงานผลการวินิจฉัย
- 5)  คำสั่งดูภาพก่อนพิมพ์
- 6)  คำสั่งการตั้งค่าหน้ากระดาษก่อนพิมพ์
- 7)  คำสั่งบันทึกรายงานผลการวินิจฉัย ซึ่งสามารถเลือกบันทึกได้ 3

ไฟล์ คือ 1) ไฟล์ Excel 2) ไฟล์ PDF และ 3) ไฟล์ Word

- 8)  คำสั่ง ย่อ - ขยาย
- 9)  คำสั่งปิดโปรแกรม



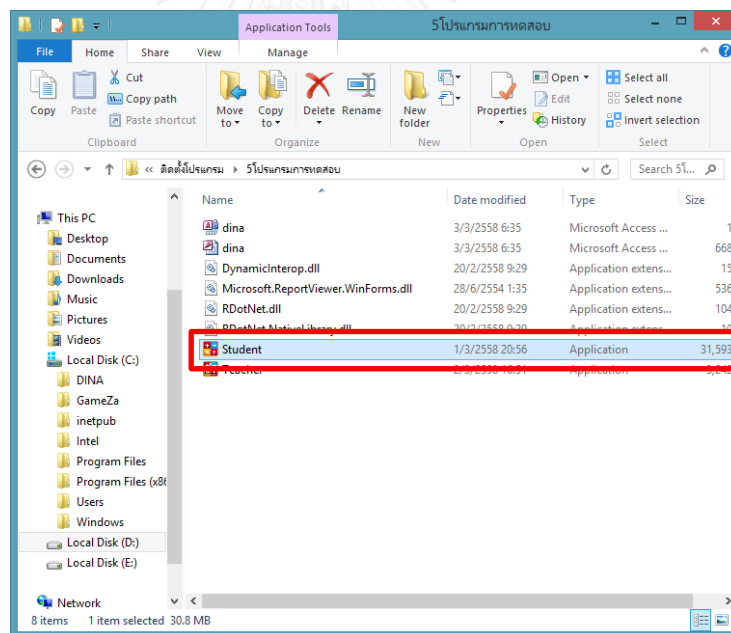
ลำดับที่	หมายเลขประจำตัว	ชื่อ-สกุล	เข้าใจความหมายของการบวกและใช้เครื่องหมาย + ได้อย่างถูกต้อง	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 9	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 20 และไม่มีกรทด	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และไม่มีกรทด	ทักษะการบวกจำนวนสองจำนวนที่ผลบวกไม่เกิน 100 และมีกรทด	หมายเหตุ
1	001	เด็กชาย บุญเดิม น้าใจ	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	
2	002	เด็กชาย คุณธรรม ศิวชาย	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	
3	003	เด็กหญิง น้าใจ นิเสมอ	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	
4	004	เด็กหญิง สวรสติงตรงาม	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	ไม่ผ่าน	
5	005	เด็กหญิง ดาวใจ น้ารัก	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ผ่าน	ไม่ผ่าน	

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

โปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน เป็นโปรแกรมสำหรับทำแบบสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญาทั้ง 8 เรื่อง คือ 1) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 1 2) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 1 3) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 1 4) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 5) การบวกจำนวนนับ ระดับที่ 2 6) การลบจำนวนนับ ระดับที่ 2 7) การคูณจำนวนนับ ระดับที่ 2 และ 8) การหารจำนวนนับ ระดับที่ 2 โดยมีรายละเอียดของการใช้งานตามลำดับดังนี้

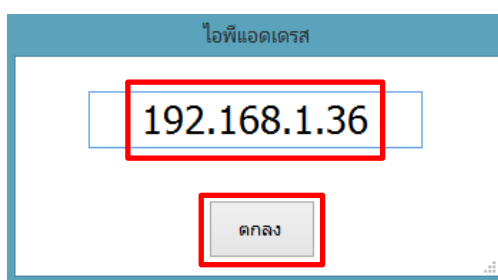
การเรียกใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

เปิดเพิ่มข้อมูลติดตั้งโปรแกรม → 5โปรแกรมการทดสอบ จากนั้นดับเบิลคลิกที่ไอคอน Student ดังภาพ

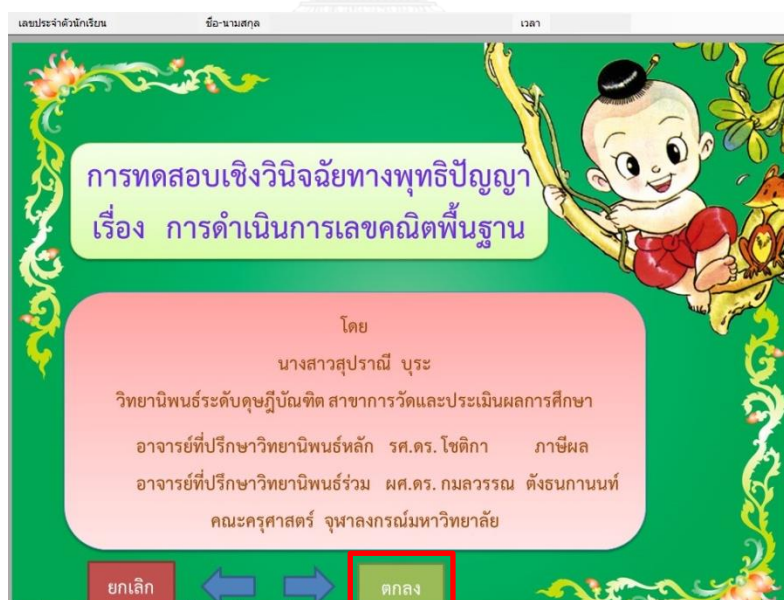


หน้า 33

จะปรากฏหน้าจอไอพีแอดเดรส ดังภาพ จากนั้นให้นักเรียนพิมพ์หมายเลขไอพีแอดเดรส เช่นเดียวกับหมายเลขไอพีแอดเดรสของโปรแกรมการทดสอบสำหรับครู ([ในที่นี้ยกตัวอย่างหมายเลข 192.168.1.36](#)) และ คลิก ตกลง



จะปรากฏหน้าแรกของการทดสอบในแต่ละเรื่องที่ครูกำหนดหรือสร้างห้องสอบไว้ ดังภาพ ([ในที่นี้ยกตัวอย่าง การทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การบวกจำนวนนับระดับที่ 1](#)) จากนั้น คลิก ตกลง (หากไม่ต้องการทำการทดสอบให้ คลิก ยกเลิก)



การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน

การใช้งานโปรแกรมการทดสอบสำหรับนักเรียน จะเริ่มจากการพิมพ์รหัสห้องสอบ เริ่มทำข้อสอบ และส่งข้อสอบ มีรายละเอียดการใช้งานตามลำดับดังนี้

1. หลังจากที่นักเรียนพิมพ์หมายเลขไอพีแอดเดรส จะปรากฏหน้าต่างแรกของการทดสอบ และนักเรียนคลิก ตกลง แล้ว จะปรากฏหน้าจอกรณาส่งรหัสห้องสอบ ดังภาพ [\(ในที่นี่ยกตัวอย่าง การทดสอบเชิงวินิจัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การบวกจำนวนนับระดับที่ 1\)](#) ให้นักเรียนพิมพ์รหัสห้องสอบตามที่โปรแกรมการทดสอบสำหรับครูกำหนด หลังจากที่ครูสร้างห้องสอบแล้ว [\(ในที่นี่ยกตัวอย่างหมายเลข 2759\)](#) จากนั้น คลิก ตกลง



หน้า 35

2. จะปรากฏหน้าจอข้อมูลผู้สอบ ดังภาพ ให้นักเรียนใช้เมาส์คลิกเลือกคำนำหน้าชื่อ จากนั้นพิมพ์ ชื่อ นามสกุล และหมายเลขประจำตัว จากนั้น คลิก หน้าต่อไป (นักเรียนสามารถกลับไปหน้าก่อนนี้ ด้วยการคลิก หน้าก่อนนี้)

3. จะปรากฏหน้าจอยืนยัน ดังภาพ จากนั้นให้นักเรียน คลิก Yes

หน้า 36

4. จะปรากฏหน้าจอรายละเอียดของคุณลักษณะที่วินิจฉัย ดังภาพ จากนั้น คลิก หน้าต่อไป (นักเรียนสามารถกลับไปหน้าก่อนนี้ ด้วยการคลิก หน้าก่อนนี้)



5. จะปรากฏหน้าจอคำชี้แจงในการทดสอบ ดังภาพ จากนั้น คลิก เริ่มทำข้อสอบ (นักเรียนสามารถกลับไปหน้าก่อนนี้ ด้วยการคลิก หน้าก่อนนี้)



6. จะปรากฏหน้าจอข้อสอบข้อที่ 1 ดังภาพ หากเป็นข้อสอบในลักษณะเลือกเครื่องหมาย ให้นักเรียนใช้เมาท์คลิกเลือกเครื่องหมายที่นักเรียนต้องการ ซึ่งข้อสอบลักษณะนี้จะมีเฉพาะแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนนับ ระดับที่ 1 จากนั้นนักเรียนทำข้อสอบข้อต่อไปด้วยการ คลิก ทำข้อต่อไป (นักเรียนสามารถกลับไปหน้าก่อนนี้ ด้วยการคลิกย้อนกลับ)

เลขประจำตัวนักเรียน 0001 ชื่อ-นามสกุล เด็กหญิง ดวงใจ ธิกาเรียน เวลา 00:00:15

ข้อที่ 1

ฉันมีขนมอยู่ 3 ชิ้น

แม่ให้มาอีก 2 ชิ้น

ฉันมีขนมทั้งหมด 5 ชิ้น

3 □ 2 = 5

ให้นักเรียนเลือกเครื่องหมายลงในช่อง □ เพื่อให้คำตอบเป็นจริง

+ - x ÷

ย้อนกลับ ← → ทำข้อต่อไป

หากเป็นข้อสอบในลักษณะเติมคำตอบด้วยตัวเลข ให้นักเรียนใช้เมาท์คลิกที่ช่องสี่เหลี่ยมและพิมพ์ตัวเลขคำตอบ ซึ่งข้อสอบลักษณะนี้มีในแบบสอบเชิงวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาทุกเรื่อง จากนั้นนักเรียนทำข้อสอบข้อต่อไปด้วยการ คลิก ทำข้อต่อไป (นักเรียนสามารถกลับไปทบทวนคำตอบข้อก่อนนี้ ด้วยการคลิก ย้อนกลับ)

หน้า 38

เลขประจำตัวนักเรียน 0001 ชื่อ-นามสกุล เด็กหญิง ดวงใจ ธิกาการเรียน เวลา 00:01:03

ข้อที่ 10

$$\begin{array}{r} 3 \\ + \\ 4 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ + \\ \hline \end{array}$$

+ 9 =

ยังมีตรงนี้อีกใจหยาบๆครับ

7. เมื่อทำข้อสอบถึงข้อสุดท้าย และทบทวนคำตอบอีกครั้งเรียบร้อยแล้ว จากนั้น คลิก ส่งข้อสอบ

เลขประจำตัวนักเรียน 0001 ชื่อ-นามสกุล เด็กหญิง ดวงใจ ธิกาการเรียน เวลา 00:01:48

ข้อที่ 15

$$\begin{array}{r} 2 \\ + \\ 5 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 56 \\ + \\ \hline \end{array}$$

+ 6 =

+ =

ทบทวนครบทุกข้อแล้ว
ส่งข้อสอบเลขหยาบๆ

เก่งมาก
ครับน้องๆ

หน้า 39

8. จะปรากฏหน้าจอผลการทดสอบ (นักเรียนจะได้ 1 คะแนน ก็ต่อเมื่อ ตอบถูกครบทุกโจทย์ในแต่ละข้อสอบ) จากนั้น คลิก ดำเนินการต่อ เป็นการเสร็จสิ้นการสอบในแต่ละแบบสอบนั้น

ผลการทดสอบเรื่องการบวก ระดับที่ 1
ของนักเรียน มีดังนี้ครับ

ข้อ	ผล	คะแนน	ข้อ	ผล	คะแนน
1	✓	1	9	✓	1
2	✓	1	10	✓	1
3	✓	1	11	✓	1
4	✓	1	12	✓	1
5	✓	1	13	✓	1
6	✓	1	14	X	0
7	✓	1	15	X	0
8	✓	1	คะแนนรวม		13

ดำเนินการต่อ

9. จะปรากฏหน้าจอคำชมและให้กำลังใจตามระดับคะแนนของนักเรียน จากนั้น คลิก สิ้นสุดการสอบ เป็นการเสร็จสิ้นการสอบในแต่ละแบบสอบนั้น

WOW!

นักเรียนเก่งมากเลยครับ
หมั่นฝึกฝนยิ่ง ๆ ขึ้นนะ จะได้
คะแนนดี ๆ แบบนี้ตลอดไป

น้องเจมีขอขอ
ปรบมือให้จ้ะครับ...

สิ้นสุดการสอบ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุปราณี บุระ เกิดเมื่อวันศุกร์ที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2525 ที่อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (เกียรตินิยมอันดับ 2) สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ในปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2548 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันรับราชการครู ตำแหน่ง ครู อันดับ คศ. 2 โรงเรียนเทศบาลบ้านค่าย สังกัดกองการศึกษา เทศบาลเมืองประจวบคีรีขันธ์

