การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

นางสาวพรพิมล ยังฉิม

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 MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING DIAGNOSTIC METHOD: AN APPLICATION OF BAYESIAN NETWORKS AND MULTIDIMENSIONAL ITEM RESPONSE THEORY.

Miss Pornpimol Youngchim

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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	การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เชียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ
โดย	นางสาวพรพิมล ยังฉิม
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาษีผล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. โชติกา ภาษีผล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริเดช สุชีวะ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต)

พรพิมล ยังฉิม : การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING DIAGNOSTIC METHOD: AN APPLICATION OF BAYESIAN NETWORKS AND MULTIDIMENSIONAL ITEM RESPONSE THEORY.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. โชติกา ภาษีผล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. ศิริเดช สุชีวะ, 296 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 2) เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยใช้วิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และ 3) ตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน แหล่งการเก็บข้อมูลในการวิจัยประกอบด้วย แหล่งข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 6 คน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 5 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และแหล่งข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 424 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย โมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน และ แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 ฉบับ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (LISREL) ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติใช้ค่าความเที่ยง EAP reliability เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม (the correctprediction rate) และตรวจสอบคุณภาพของวิธีวินิจฉัยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient)

ผลการวิจัยพบว่า

1. วิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เริ่มจากสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ 8 กลุ่มข้อบกพร่อง แล้วนำมาสร้างเป็นโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนโดย Netica Application พร้อมกับพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามโมเดลเครือข่ายเบย์เซียนจำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาและแบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา มีการตรวจสอบคุณภาพด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้ ค่าความเที่ยง EAP reliability เท่ากับ 0.78 และ 0.88 ความสอดคล้องของโครงสร้างทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการทดสอบสถิติไคสแควร์ มีค่าเท่ากับ 22.70 (df = 16 , p = 0.122) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.97 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMSEA) เท่ากับ 0.032 และโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นแบบพหุมิติเหมาะสมกว่าแบบเอกมิติรวม (มีค่าสถิติดีเวียนซ์ของพหุมิติ เท่ากับ 19804.71 , โมเดลแบบเอกมิติรวม เท่ากับ 20032.43)

2.ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มจากการวินิจฉัยด้วยโมเดลที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส กับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง มีค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนก เท่ากับ 82.89 77.63 และ 71.05 ตามลำดับ

3.ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยโดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน กับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียงมีสอดคล้องตรงกันระดับดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient) เท่ากับ 0.64

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

5384479527 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORDS: BAYESIAN NETWORK / MULTIDIMENSIONAL ITEM RESPONSE THEORY

PORNPIMOL YOUNGCHIM: DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL PROBLEM SOLVING DIAGNOSTIC METHOD: AN APPLICATION OF BAYESIAN NETWORKS AND MULTIDIMENSIONAL ITEM RESPONSE THEORY.. ADVISOR: ASSOC. PROF. SHOTIGA PASIPHOL, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIDEJ SUJIVA, Ph.D., 296 pp.

The purpose of this study were 1) to develop mathematical problem solving diagnosis method using an application of Bayesian networks and multidimensional item response theory 2) to compare the accuracy in classifying group of students from the cut-points of intersection obtained from three different methods; Angoff , Fixed and Glass's decision-Theoretic Approaches and 3) to examine the quality of the mathematical problems solving diagnosis method using Bayesian network. The qualitative data were collected from 6 experts in educational measurement and evaluation, 5 mathematics teachers, 10 students studying in Matayomsuksa 2. The quantitative data were collected from 424 students studying in Matayomsuksa 2. The instruments used to collect data included Bayesian networks diagnostic model and 2 mathematical problem solving diagnosis tests. The quantitative data were analyzed by the content analysis. The qualitative data were analyzed by using the confirmatory factor analysis (LISREL), the EAP reliability in verifying the diagnostic tests, the percentage of correct prediction rate in comparing the accuracy of group classification, and the Cohen's kappa coefficient (k) in verifying the quality of the diagnosis method.

The findings were as follows

1. The mathematical problem solving diagnosis method starting from surveying and grouping 8 bugs of mathematical problem solving and later creating mathematical problem solving model using Bayesian network made by Netica Application, and developing 2 diagnosis tests; diagnosing the basic concept and the process in solving mathematical problems according to Ploya. The EAP reliabilities of scale were 0.78 and 0.88. The construct validity of problem solving with empirical data indicated by c^2 was 22.70 (df = 16 , p = 0.122). The GFI was 0.99. The AGFI was 0.97. And the RMSEA was 0.032. The mathematical problem solving model was more appropriate as multidimension than unidimension. (Deviance Statistic of multidimensional approach = 19804.71, composite approach = 20032.43)

2. The comparison on the accuracy in classifying group of students from the cut-points of intersection obtained from three different methods; Angoff , Fixed and Glass's decision-Theoretic Approaches showed the percentage of correct prediction rate at 82.89, 77.63 and 71.05 accordingly.

3. The consistency of the findings obtained from the diagnosis methods using the Bayesian networks and the think aloud method showed substantial agreement level with the Cohen's kappa coefficient at 0.64

Department: Educational Research and Psychology Student's Signature .....
Field of Study: Educational Measurement and Evaluation Advisor's Signature .....
Co-Advisor's Signature .....
Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดียิ่ง โดยได้รับความกรุณาและเมตตาอย่างสูงจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาษีผล และ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านวิธีวิทยาการวิจัย ประสบการณ์ด้านต่าง ๆ แก่ผู้วิจัยอย่างเต็มที่ และเสียสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ แก่ผู้วิจัย รวมทั้งให้กำลังใจ ดูแลเอาใจใส่และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ให้กับผู้วิจัยด้วยความปรารถนาดี คอยตักเตือน ให้อภัยและให้โอกาสในการเรียนรู้แก่ศิษย์เสมอมา ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่านที่ได้ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัยเสมอมา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาษีผล รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง

ขอขอบพระคุณครู อาจารย์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาการวัดและประเมินผล ครูโรงเรียนบางปลาม้า “สูงสุมารผดุงวิทย์” ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยและการเรียน และขอขอบคุณอีกหลายท่านที่ยังไม่ได้กล่าวมาที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ของกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมนึก ยังฉิม ผู้สนับสนุนส่งเสริมการศึกษาและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดของผู้วิจัยตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญภาพ 1

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญ 1

คำถามการวิจัย 7

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

ขอบเขตของการวิจัย 8

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 9

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

ตอนที่ 1 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 15

1.1) ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 15

1.2) องค์ประกอบของความสามารถและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 16

1.3) การประเมินการแก้ปัญหา 19

1.4) การคิดออกเสียงกับคณิตศาสตร์ 22

1.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25

ตอนที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยทางการศึกษา 27

2.1) มโนทัศน์เบื้องต้น 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2) โมเดลการจำแนกวินิจฉัย 30
2.3) แนวคิดการประยุกต์ใช้โมเดลเครือข่ายเบย์เซียนในการวินิจฉัย 39
2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 51
ตอนที่ 3 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 61
3.1) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 61
3.2) วิธีและโปรแกรมการประมาณค่าพารามิเตอร์ 67
3.3) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 70
3.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 71
ตอนที่ 4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด 80
4.1) มโนทัศน์เบื้องต้น 80
4.2) วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด 82
4.3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 85
กรอบแนวคิดการวิจัย 88
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 91
ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่าย 91
เบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 91
ระยะที่ 2 เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนน 104
จุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส 104
ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ 108
เครือข่ายเบย์เซียน 108
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 111
ตอนที่1 ผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่าย 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

เบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 114
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้ ... 168
คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีกับตัดสินใจของแกลส 168
ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ 184
เครือข่ายเบย์เซียน 184
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ 186
สรุปผลการวิจัย 187
อภิปรายผลการวิจัย 190
ข้อเสนอแนะในการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้ 197
รายการอ้างอิง 200
ภาคผนวก 212
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยและกำหนดคะแนนจุดตัด 213
ภาคผนวก ข แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 215
ภาคผนวก ค คู่มือการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) โดยใช้ Netica Application 255
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากโปรแกรม IRT Pro 278
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 296

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 อนุกรมวิธานของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Rupp and Templin, 2008) 37

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา 56

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) 76

ตารางที่ 4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด 87

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแสดงการคำนวณคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟ (Angoff) 103

ตารางที่ 6 ข้อบกพร่อง กลุ่มข้อบกพร่องที่พบตามลักษณะร่วมกันแยกตามทักษะย่อย(Subskills) และทักษะหลัก (Skills) ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 115

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ... 132

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทาง 133

ตารางที่ 9 ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 135

ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎี การทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) และแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) 139

ตารางที่ 11 คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแยกตามโหนดข้อสอบ (Item nodes) 142

ตารางที่ 12 ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของโหนดข้อสอบจำแนกตามคะแนนสอบที่ได้ 146

ตารางที่ 13 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด property_bug, equation_bug carrying_bug , lookback_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 3 คะแนน) 150

ตารางที่ 14 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด symbol_bug , compute_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 4 คะแนน) 151

ตารางที่ 15 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 4 คะแนน) 152

ตารางที่ 16 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด devising_bug 154

ตารางที่ 17 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย symbol_subskill, ... 157

ตารางที่ 18 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย equation_subskill . 157
ตารางที่ 19 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย lookback_subskill . 158
ตารางที่ 20 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของ concept_skill และ process_skill .. 160
ตารางที่ 21 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ (solving) 161
ตารางที่ 22 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหา..... 163
ตารางที่ 23 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนด symbol_bug
compute_bug, property_bug, equation_bug, carrying_bug,
lookback_bug ที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดที่ 0.5 (3 คะแนน) 169
ตารางที่ 24 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug,
devising_bug ที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดที่ 0.5 (3 คะแนน) 170
ตารางที่ 25 คะแนนจุดตัดของโหนดข้อบกพร่อง (bug nodes) ที่กำหนดโดยวิธีการใช้ทฤษฎี 172
ตารางที่ 26 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด symbol_bug 174
ตารางที่ 27 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด compute_bug,
property_bug , equation_bug , carrying_bug , lookback_bug..... 175
ตารางที่ 28 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug,
devising_bug 176
ตารางที่ 29 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การคิดออกเสียง 181
ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีวินิจฉัย ... 183
ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางทาง
คณิตศาสตร์ระหว่างการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับการวินิจฉัยโดยใช้การ
คิดออกเสียง 185

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแนวคิดตามแนวการใช้โมเดลการจำแนกวินิจฉัย 32
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบโมเดล ซึ่งเป็นโมเดลแบบ 3 มิติระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบโมเดลการตอบสนองข้อสอบ และ โมเดลการจำแนกวินิจฉัย 35
ภาพที่ 3 directed graph (ซ้าย) undirected graph (กลาง) และ การเชื่อมโยงความน่าจะเป็นเงื่อนไขที่มีแต่ละโหนด (ขวา) 40
ภาพที่ 4 ไอคอนของ Netica Application 43
ภาพที่ 5 ความน่าจะเป็นของโหนด ในเครือข่ายเบย์จากการวิเคราะห์ด้วย Netica Application 43
ภาพที่ 6 เครือข่ายเบย์ของสถานการณ์ Weather ที่เป็นสาเหตุของการทำให้สนามหญ้าเปียก 44
ภาพที่ 7 แสดงเครือข่าย Asia ซึ่งเป็นการวินิจฉัยการสาเหตุของผลการ x-ray ปอด 45
ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการเชื่อมโยงในเครือข่ายเบย์ 45
ภาพที่ 9 Main Window เมื่อเปิดใช้งาน Netica Application 46
ภาพที่ 10 หน้าต่างข้อความหลังจากเกิดการประมวลผลแล้วหลายขั้นตอน 47
ภาพที่ 11 แสดงแถบเมนูฟังก์ชั่นของการใช้งานของ Netica Application 47
ภาพที่ 12 แสดงปุ่มของแถบเครื่องมือของการใช้งานของ Netica Application 48
ภาพที่ 13 หน้าต่างเครือข่าย 2 หน้าต่างของการใช้งานของ Netica Application 48
ภาพที่ 14 กล่องโต้ตอบโหนด ของการใช้งานของ Netica Application 50
ภาพที่ 15 โหนดและการเชื่อมโยงระหว่างโหนดก่อนการรวมโหนดในเครือข่ายเข้าด้วยกัน 50
ภาพที่ 16 โมเดลแบบ Between – and within-item multidimensionality 65
ภาพที่ 17 ฟังก์ชันการตอบข้อสอบจากโมเดล MIRT 2 มิติ แบบสามารถทดแทนกันได้และ 67
ภาพที่ 18 กรอบแนวคิดในการพัฒนาโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน 89
ภาพที่ 19 กรอบแนวคิดในการวิจัย 90
ภาพที่ 20 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย 92
ภาพที่ 21 ร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 22 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน 122
ภาพที่ 23 ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 134
ภาพที่ 24 โหนดข้อสอบในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 149
ภาพที่ 25 โหนดข้อบกพร่องในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดคะแนน
จุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ 156
ภาพที่ 26 โหนดทักษะย่อยในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 159
ภาพที่ 27 โหนดทักษะหลักในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 161
ภาพที่ 28 โหนดทักษะหลักในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 162
ภาพที่ 29 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนด
คะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ 167
ภาพที่ 30 โหนดข้อบกพร่องในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด
คะแนนจุดตัดด้วยวิธีเจาะจงจุดตัด 171
ภาพที่ 31 โหนดข้อบกพร่องในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดคะแนน
จุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส 178
ภาพที่ 32 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนด
คะแนนจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัด 179
ภาพที่ 33 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนด
คะแนนจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส 180

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยทักษะและกระบวนการที่เป็นขั้นตอน โดยการแก้ปัญหานั้นเริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหา (Solver) ต้องมีความเข้าใจว่าปัญหานั้นคืออะไร แล้วใช้ความรู้และประสบการณ์มาวางแผนเพื่อเลือกวิธีการที่จะนำไปใช้ดำเนินการแก้ปัญหาและเมื่อได้คำตอบของปัญหาแล้วควรมีการตรวจสอบว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นในขั้นตอนใดของการแก้ปัญหาหรือไม่และตรวจสอบถึงความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้เช่นกัน แต่จากผลการประเมินสมรรถนะของนักเรียนวัย 15 ปี หรือชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ ปีที่ 3 ที่ใช้วัดความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริง โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment; PISA) ซึ่งจัดขึ้นโดย องค์กรความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development; OECD) ที่มีการประเมินความสามารถของกลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิก 50 ประเทศ ด้วยการทดสอบ 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ สอบทุก 3 ปี ซึ่งผลจากการทดสอบในปี 2009 เด็กไทยมีความสามารถต่ำเป็นลำดับที่ 50 จาก 56 ประเทศ (ได้คะแนนเฉลี่ยในการทดสอบด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 419 คะแนน) โดยมีเด็กนักเรียนเพียง 8% ที่มีขีดความสามารถและทักษะทางคณิตศาสตร์, วิทยาศาสตร์ และความสนใจต่อการอ่านหนังสือ ระดับสูงได้มาตรฐาน OECD ส่วนผลการประเมินในปี 2012 มีการขยับคะแนนด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ขึ้นเล็กน้อยเป็น 427 คะแนน และจากการวิเคราะห์ผลการประเมิน PISA ปี 2012 ระบุว่าปัญหาของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์หมวดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ค่าเฉลี่ยนักเรียนไทยมีจุดอ่อนที่สุดในกระบวนการคิดวิธีการ หรือการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (สสวท., 2552; 2554; 2557) นอกจากนี้ในจากการรายงานผลการประเมิน PISA ปี 2003 ที่มีการประเมินเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของนักเรียนซึ่งเป็นการประเมินนักเรียนในด้านของการระบุบอกปัญหาในสถานการณ์ที่ข้ามสาขาวิชาของหลักสูตรในโรงเรียน ระบุบอกถึงข้อจำกัดหรือความยุ่งยากซับซ้อนของปัญหา แสดงทางเลือกหลายทางในการ

แก้ปัญหา เลือกวิธีหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหา ตรวจสอบ คิดวิเคราะห์การแก้ปัญหา และ สื่อสารผลการแก้ปัญหาที่แตกต่างไปจากวิธีเดิม รวมทั้งวิธีที่เรียนในโรงเรียน พบว่านักเรียนไทยมีการแก้ปัญหาอยู่ในกลุ่มต่ำ มีคะแนนเฉลี่ย (425 คะแนน)ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (500 คะแนน) และเมื่อพิจารณาผลการสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test; O-NET) ซึ่งในปีการศึกษา 2554 , 2555 และ 2556 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบวิชาคณิตศาสตร์ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ 22.73 , 26.95 และ 25.45 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อาจในด้านเนื้อหาความรู้ ด้านทักษะกระบวนการหรือมีข้อบกพร่องทั้งสองด้าน โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นทักษะกระบวนการที่สำคัญ เช่น ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นถ้าครูมีสารสนเทศเพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับตนเอง นักเรียน ผู้ปกครอง เกี่ยวกับข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นอุปสรรคในการเรียนก็จะช่วยให้การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สารสนเทศและข้อมูลย้อนกลับที่จะระบุถึงข้อบกพร่องในการเรียนของนักเรียนได้มาจากกระบวนการที่เรียกว่า การวินิจฉัย (Diagnosis) ซึ่งแบ่งเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางแรกเป็นการวินิจฉัยจากการวิเคราะห์แบบแผนการตอบข้อสอบ (item response patterns) เป็นการวินิจฉัยจากรูปแบบการตอบข้อสอบของนักเรียน ดังเช่น วิธีการวินิจฉัยก่อนการพัฒนา Rule space Model (1980) เป็นการวินิจฉัยแบบแผนความผิดปกติของแบบแผนการตอบ เพื่อค้นหาโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจากแบบการคิดที่ผิด ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ในบางครั้งนักเรียนเปลี่ยนแบบการคิดในการเลือกคำตอบโดยไม่มีเหตุผลและไม่สามารถบอกได้ว่าทำไมจึงเลือกคำตอบนั้น ทำให้ไม่สามารถวินิจฉัยสาเหตุของการเลือกคำตอบจากแบบการคิดที่ผิดของนักเรียนได้ Tatsuoka (1983) ได้เปลี่ยนแนวคิดในการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนจากการวิเคราะห์แบบการคิดที่ผิดมาเป็นการวินิจฉัยที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับจุดเด่นจุดด้อยซึ่งเป็นการตรวจสอบสถานะความรอบรู้จากการพิจารณาว่าการทำข้อสอบได้ถูกต้องนั้นต้องใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางปัญญาใดบ้าง โดยการกำหนดคุณลักษณะเพื่อจำแนกแบบแผนทางสถิติที่เรียกว่าRule spaceโดยใช้จุดในเวกเตอร์สเปซสองมิติ ซึ่งแบ่งเป็นแกนความสามารถของผู้สอบ (Theta : θ) และแบบแผนการตอบที่ผิดปกติ (Zata : ζ) แต่วิธีนี้ยังมีข้อจำกัด คือเป็นการวินิจฉัยที่ดำเนินการหลังจากสร้างแบบสอบการจำแนกคุณลักษณะที่ต้องใช้ในการตอบข้อสอบแต่ละข้ออาจไม่ครอบคลุมคุณลักษณะหรือความรอบรู้แต่ละเรื่องที่ผู้สอบต้องมี และการคำนวณมีความยุ่งยาก แนวทางการวินิจฉัยแนวทางที่สองเป็นการวินิจฉัยจากการวิเคราะห์คะแนนรวม (test score) เป็นการวินิจฉัยจากคะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัยเป็นฉบับ หรืออาจแยกเป็นตอนย่อย ๆ ดังเช่น วลี เฉลยสมัย (2539) ได้สร้างแบบสอบวินิจฉัย 2ฉบับคู่ขนานฟอร์มข้อสอบ โดยมีสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนคำนึงถึงสภาพจริง แบ่งเป็น 3 ตอน คือ

วัดความเข้าใจวิธีการแก้โจทย์ปัญหา (C) วัดความสามารถในการคิดคำนวณ (T) และวัดความสามารถในการให้คำตอบที่ใช้ได้กับสภาพที่เป็นจริง (R) มีการกำหนดคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์แต่ละมิติเท่ากับ 4 คะแนน จาก 6 คะแนน ผลจากการวินิจฉัยจะแบ่งนักเรียนเป็น 8 กลุ่ม แยกเป็น 3 มิติ เช่น กลุ่ม 1 มีผลการประเมินเป็น C+ T+ R- หมายถึงว่า นักเรียนไม่บกพร่องด้านความเข้าใจวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และการคิดคำนวณ แต่บกพร่องในการให้คำตอบที่ใช้ได้กับสภาพที่เป็นจริง ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ วินิจฉัยได้ทีละเนื้อหาย่อย ต่อมาอมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์ (2551) ได้พัฒนาโมเดลลำดับขั้นคุณลักษณะ สามารถให้ทั้งคะแนนรวมและสารสนเทศการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญาแก่ผู้สอบว่าควรแก้ไขข้อบกพร่องในคุณลักษณะใด เน้นขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือการประเมินโดยใช้ CAT ช่วยลดเวลาในการทำข้อสอบ แต่ก็มีข้อจำกัดคือ การสร้างหรือพัฒนาโปรแกรมทำได้ยาก ไม่สามารถวินิจฉัยคำตอบผิดซึ่งเกิดจากการไม่รอบคอบของผู้สอบได้ จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าวิธีวินิจฉัยมีการพัฒนาการขึ้นเรื่อย ๆ โดยในระยะหลังได้มีการนำโมเดลทางพุทธิปัญหาเข้ามาช่วยในการวินิจฉัยเพื่อให้ผลการวินิจฉัยมีความถูกต้องและวินิจฉัยได้ในเวลารวดเร็วมากขึ้น

โมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Diagnostic Classification Models; DCMs) หรือโมเดลการวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (Cognitive Diagnostic Models; CDMs) เป็นโมเดลที่แสดงการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างพฤติกรรมและคุณลักษณะ (Attribute) ที่แยกเป็นหมวดหมู่ อาจอยู่ในรูปของผลการตอบข้อสอบ (item response) พฤติกรรมที่สังเกตได้ (observable behaviors) หรือการปฏิบัติ (performance) มีการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างตัวแปรแฝงแบบจัดประเภทกับข้อมูลที่รวบรวมจากการตอบที่สังเกตได้ของผู้สอบแต่ละคน โดยโมเดลประเภทนี้จะใช้หลักการของความน่าจะเป็นเพื่อบ่งชี้ว่าผู้ตอบแต่ละคนนั้นมีคุณลักษณะตามเกณฑ์การวินิจฉัยที่มีการกำหนดหรือไม่อย่างไร โดยจะพิจารณาว่าผู้ตอบนั้นควรอยู่ในกลุ่มผู้ที่มีความบกพร่องหรือไม่มีความบกพร่องและพิจารณาละเอียดลึกลงไปว่าในแต่ละมิติหรือคุณลักษณ์แฝงใดบ้างที่มีความบกพร่อง และความบกพร่องนั้นเกิดขึ้นเพียงองค์ประกอบเดียว หรือมากกว่านั้น (Lee & Corter, 2003 ; 2011) . Rupp และ Templin (2008) ได้กล่าวว่าโมเดลที่มีรูปแบบและจัดอยู่ในโมเดลการจำแนกวินิจฉัยมีหลายโมเดล แยกตามชนิดของโมเดล (จำแนกเป็น โมเดลปฏิสัมพันธ์การทดแทน กับ การไม่ทดแทนกันได้ของพหุมิติ) แยกตามประเภทของตัวแปรแฝง (จำแนกเป็นแบบค่าต่อเนื่อง หรือ แบบจัดประเภท) และแยกตามประเภทของคำตอบที่สังเกตได้ (จำแนกเป็น การให้คะแนนแบบ 2 ค่า กับ การให้คะแนนแบบหลายค่า) โมเดลหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกประเภทของการจำแนกวินิจฉัย และเป็นโมเดลที่ถูกนำไปใช้และพบได้บ่อยในการวินิจฉัยทั้งทางด้านการศึกษาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ภาษาอังกฤษ วิทยาศาสตร์ ด้านการแพทย์ และด้านอื่น ๆ คือ เครือข่ายเบย์เซียน (Bayesian Networks หรือ Bayesian Inference Networks; BNs หรือ BINs)

เครือข่ายเบย์เซียน หรือ เครือข่ายการอนุมานแบบเบย์เซียน (Bayesian Networks or Bayesian Inference Networks) เป็นโมเดลที่ประกอบด้วยโครงสร้างความน่าจะเป็นอย่างเต็มรูปที่ช่วยให้มีการประมาณค่าทุกพารามิเตอร์ร่วมกัน การวิเคราะห์มีเป้าหมายเพื่อคำนวณความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นภายหลัง (posterior probability) สำหรับพารามิเตอร์ทั้งหมดของข้อมูล โดยผลการวิเคราะห์นำมาเพื่อใช้ในการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในคุณลักษณะต่าง ๆ ของนักเรียน (Mislevy et al., 2001) เครือข่ายเบย์เซียนที่นำมาใช้ในการวินิจฉัยประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นโมเดลกราฟิกหรือทฤษฎีกราฟ (Directed Acyclic Graph; DAG) เป็นส่วนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงกับตัวแปรที่สังเกตได้ หรือคุณลักษณะที่ต้องการวัด โดยตัวแปรที่อยู่ในโมเดลเรียกว่า โหนด (node) มีเส้นที่มีลูกศร (arcs) ใช้แสดงทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเครือข่าย และส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข (conditional probability) นำไปสู่การคำนวณหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นภายหลังเพื่อการตัดสินการมีข้อบกพร่องหรือไม่บกพร่องของนักเรียน เครือข่ายเบย์เซียนนี้เหมาะที่จะนำมาใช้ในการวินิจฉัยหรือการหาข้อบกพร่องในการเรียนโดยเฉพาะข้อบกพร่องนั้นเป็นคุณลักษณะที่เกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอน (procedural skill) มีธรรมชาติไม่แน่นอน (Unstable nature) มีความซับซ้อน ดังนั้นการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จึงเหมาะสมกับกรอบการดำเนินงานของเครือข่ายเบย์เซียน ซึ่งจากงานวิจัยของ Shin และ Kuo (2005) ; Lee และ Corter (2003, 2011) ได้สร้างโมเดลการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยการนำเครือข่ายเบย์เซียนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโมเดล ทำการศึกษาการกำหนดคะแนนจุดตัด (cut-off score หรือ cut-off point หรือ cutscores) ด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การกำหนดคะแนนจุดตัดแบบเจาะจง (fixed) การใช้เปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) และการใช้อัตราฐาน (base rate) ว่าวิธีใดจะทำให้การวินิจฉัยถูกต้องแม่นยำ และตรวจสอบถึงความน่าเชื่อถือของผลที่ได้จากการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียนคณิตศาสตร์จากโมเดลและคะแนนจุดตัดในวิธีต่าง ๆ ซึ่งจากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าวิธีการได้มาซึ่งคะแนนจุดตัดที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อความถูกต้องแม่นยำของการวินิจฉัย

วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดสามารถทำได้หลายวิธี (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543) เช่น การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยใช้วิธีการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ วิธีการเชิงประจักษ์ และวิธีการกำหนดแบบผสมนอกจากนี้จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการกำหนดคะแนนจุดตัดพบว่ายังมีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น การกำหนดโดยใช้ร้อยละ เปอร์เซ็นต์ไทล์ หรือการเจาะจงจุดตัด (fixed) โดยวิธีการที่นิยมนำมาใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัดคือ กำหนดโดยใช้ร้อยละ (ส่วนใหญ่จะใช้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 หรือ 60) การกำหนดจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ และการใช้ทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision-Theoretic Approach) Hambleton และ Suen (Hambleton, 1980 ; Suen, 1990) ได้เสนอแนวทางในการกำหนดคะแนนจุดตัดไว้พอสรุป

กว้าง ๆ ได้ดังนี้คือ 1)การกำหนดโดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในเนื้อหา ซึ่งวิธีนี้จะได้คะแนนจุดตัดคงที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามคะแนนของผู้สอบซึ่งเป็นการกำหนดจุดตัดแบบสัมบูรณ์ (Absolute) ได้แก่ วิธีของนีเดลสกี (Nedelsky's Method) วิธีของอีเบล (Ebel's Method) และวิธีพัฒนาจากวิธีของแองกอฟ (Modified Angoff's Method) 2) การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยอาศัยข้อมูลจากการสอบของกลุ่มผู้สอบ (Empirical Model) ซึ่งวิธีนี้จะมีค่าแปรเปลี่ยนหรือสัมพันธ์กับคะแนนจากการสอบของผู้สอบ ได้แก่ วิธีของลิฟวิงสตัน (Livingston' s Method) และวิธีของไครวิล (Kriewal's Method) 3) การกำหนดจุดตัดโดยใช้การตัดสินของผู้เชี่ยวชาญร่วมกับคะแนนจากการสอบของผู้สอบ (Combination Model) วิธีของลิฟวิงสตันและซายกี (Livingston and Zieky's Method) วิธีหาจุดสมดุลระหว่างเกณฑ์สัมบูรณ์กับเกณฑ์สัมพันทธ์ของบูค (Beuk's Method) วิธีการตัดสินใจโดยอาศัยสารสนเทศประกอบ (Informed Judgment) วิธีของบลอค (Block's Method) เป็นต้น แกลส (1978) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบต่าง ๆ ไว้ว่า วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดที่อาศัยข้อมูลจากการสอบของกลุ่มผู้สอบโดยการพิจารณาความสามารถของผู้สอบคนอื่น ๆ แล้วกำหนดเป็นจุดตัดนั้น เป็นวิธีที่ไม่แตกต่างจากการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม สำหรับบางวิธีที่อาศัยข้อมูลจากการสอบนำไปสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอกอื่นๆ เช่น วิธีของบลอค (Block's Method) จะใช้ได้ผลดีก็ต่อเมื่อตัวเกณฑ์ภายนอกกับคะแนนจากแบบสอบมีความสัมพันธ์กันแบบสัมบูรณ์ ส่วนวิธีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญนั้น แกลสมีความเห็นว่าปัญหาที่สำคัญของการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีนี้คือ ความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดความสามารถขั้นต่ำของผู้เรียนและความสอดคล้องหรือความเที่ยงในการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นแกลสจึงได้เสนอวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดขึ้น เรียกว่า ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ซึ่งเป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีการเชิงประจักษ์ นำเกณฑ์ภายนอกมาร่วมในการพิจารณาตัดสินใจคัดเลือกคะแนนเกณฑ์ (criterion score) เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น จากการศึกษาและงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดมีหลายลักษณะ ทั้งแบบอิงเกณฑ์ อิงผู้เชี่ยวชาญ อิงทฤษฎีและแบบผสมผสานกัน ซึ่งแนวคิดของการกำหนดจุดตัดแต่ละแบบนั้นมีความแตกต่างกัน โดยส่วนมากที่พบจะเป็นการเปรียบเทียบวิธีการกำหนดจุดตัดที่ใช้แนวคิดเดียวกัน เช่น การเปรียบเทียบวิธีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีแองกอฟกับวิธีบุ๊คมาร์คหรือวิธีกำหนดจุดตัดที่ใช้แนวคิดในลักษณะที่ได้จากการกำหนดจากผู้เชี่ยวชาญแบบอื่น ๆ (Buckendahl et al., 2002 ; Green et al., 2003) ซึ่งมีแนวคิดในการกำหนดจุดตัดโดยอิงผู้เชี่ยวชาญ

นอกจากวิธีการกำหนดจุดตัดของคะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัยแล้วเครื่องมือวินิจฉัยที่สำคัญ คือ แบบสอบวินิจฉัย โดยแบบสอบที่นำมาใช้อาจเป็นฉบับหรือแยกเป็นตอนย่อย ๆ ตามองค์ประกอบย่อยที่จะวินิจฉัย แต่ก่อนได้มาซึ่งแบบสอบจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพก่อนการนำมาใช้ (สมชาย บุญรักษา, 2536; สุนิสา พงษ์ประยูร, 2543; ทศพร ทักษิมา, 2545) ซึ่งจาก

งานวิจัยหลายงานที่ผ่านมาจะนำเพียงทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพอันก่อให้เกิดจุดอ่อนในการที่ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบผันแปรตามกลุ่มผู้สอบ และคะแนนที่สังเกตได้หรือค่าประมาณความสามารถของผู้ตอบไม่เป็นอิสระหรือขึ้นอยู่กับข้อสอบ และแบบสอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550) จึงได้หันมาให้ความสนใจมากขึ้นในการนำแนวคิดเกี่ยวกับการทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern Test Theory หรือ MTT) ซึ่งพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม บุกเบิกโดยเทอร์สโตน (Thurstone, 1927, 1928 อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2550) ซึ่งจำแนกอออกเป็น 2 แนวทางที่สำคัญ ได้แก่ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด (Generalizability Theory) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) เป็นทฤษฎีนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญคือค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเป็นค่าเฉพาะของกลุ่มผู้สอบและเป็นอิสระจากความสามารถของผู้สอบ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement) เป็นค่าเฉพาะของประชากร และเป็นค่าเดี่ยวคงที่สำหรับทุกคนที่เป็นสมาชิกของประชากรนั้น รวมทั้งการเปรียบเทียบคะแนนหรือคุณภาพของแบบสอบ สามารถกระทำได้ก็ต่อเมื่อคุณสมบัติเป็นคู่ขนาน แต่ทฤษฎีนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า แบบสอบมุ่งวัดคุณลักษณะเดียว (Unidimensionality) ซึ่งเป็นข้อจำกัดประการสำคัญ เนื่องจากคุณลักษณะที่มุ่งวัดหรือวินิจฉัย มักจะมีลักษณะที่เกิดจากการรวมกันขององค์ประกอบย่อย เช่นความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสู่โมเดลคุณลักษะแฝงมากกว่า 1 องค์ประกอบหรือหลายมิติ โดยขยายโมเดลให้สามารถรองรับ θ หลายองค์ประกอบ ซึ่งการพิจารณาถึงความสามารถหลายมิติของบุคคลน่าจะช่วยทำให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550) ทฤษฎีนี้เรียกว่า ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory หรือ MIRT) MIRT เป็นโมเดลที่พัฒนาจากแนวคิดของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ และการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน นำมาใช้ในการประเมินความสามารถต่าง ๆ (Embretson, 1987; Reckase, 1990) เหมาะสำหรับการนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะแฝงของบุคคลมากกว่า 1 องค์ประกอบที่ส่งผลต่อการตอบข้อสอบ (ชัยวิชิต เชียรชนะ, 2552) MIRT ให้พื้นฐานทางความคิดสำหรับการสร้างโมเดลการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้วัดความสามารถที่มีความซับซ้อน มีหลายมิติ พร้อมในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้ใน MIRT ยังให้แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบด้วยพารามิเตอร์ของความสามารถของผู้สอบและแบบสอบซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการวัดความแตกต่างระหว่างบุคคล เช่น วัดผลสัมฤทธิ์ วัดความสามารถ วัดความถนัด หรือวัดข้อบกพร่อง ซึ่งแบบสอบถูกออกแบบให้ครอบคลุมสารสนเทศที่ต้องการวัดเกี่ยวกับ ความรู้ ความสามารถ ทักษะ ดังนั้น MIRT จึงมีความเหมาะสมมากที่จะนำมาใช้

วิเคราะห์คุณลักษณะแฝง ของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะหลายมิติหรือความสามารถที่เกิดจากองค์ประกอบมากกว่า 1 องค์ประกอบมารวมกัน

จากเหตุผล ความจำเป็น งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวินิจฉัยพบว่าทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาในการเรียนของนักเรียน คือ ทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะและกระบวนการขั้นต้นทางคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบด้านการใช้เนื้อหา และการใช้กระบวนการแก้ปัญหา แต่ละองค์ประกอบมีองค์ประกอบย่อย และมีความไม่คงที่ของพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละคน ทำให้การวินิจฉัยข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทำได้ยาก เมื่อพิจารณาเนื้อหาที่นักเรียนมีความบกพร่องมากที่สุดเรื่องหนึ่งคือ การแก้สมการและโจทย์ปัญหาสมการ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (สุวิมล เสวกสุริยวงศ์, 2553; สุภาวดี กิตติวิศิษฏ์, 2537; นงคราญ ตันตะละ, 2534 ; ถวัลย์ สุนทรา, 2533) ซึ่งเป็นเนื้อหาสำคัญในการเรียนเนื้อหาอื่น ๆ ใช้ในการเรียนต่อในระดับสูงขึ้น ช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานทางความคิดในการแก้ไขสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการเพื่อช่วยให้ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษา โดยวิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนี้ได้แนวคิดจากเครือข่ายเบย์เซียนด้วยการวินิจฉัยจากโมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดตัวแปรแฝงกับตัวแปรที่สังเกตที่ได้ โดยโมเดลที่พัฒนาขึ้นนี้ประกอบด้วยโหนดของข้อสอบ (Item nodes) โหนดข้อบกพร่อง(Bug nodes) โหนดทักษะย่อย (Subskill nodes) โหนดทักษะหลัก (Skill nodes) และโหนดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node) มีการกำหนดความน่าจะเป็นที่เกิดก่อนด้วยคะแนนที่ได้จากการสำรวจรอบแรกให้กับโหนดข้อสอบ กำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขที่ได้จากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดให้กับโหนดข้อบกพร่อง กำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขให้กับโหนดทักษะย่อย โหนดทักษะหลัก และโหนดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในการหาคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย เปรียบเทียบความถูกต้องของการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ (อิงผู้เชี่ยวชาญ) วิธีการเจาะจงจุดตัด (อิงเกณฑ์) และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส (อิงทฤษฎี) รวมทั้งตรวจสอบความตรงของผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียง

คำถามการวิจัย

1. วิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมีลักษณะอย่างไร

2. วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด 3 วิธี คือ วิธีของแองกอฟ วิธีการเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส วิธีการใดให้คะแนนจุดตัดที่ใช้วินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ดีที่สุด

3. การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนมีคุณภาพเพียงใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

2. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

3. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีหลายกลยุทธ์ด้วยกัน เช่น กลยุทธ์การเดาและการตรวจสอบ กลยุทธ์การเขียนรูป กลยุทธ์การแจกแจงรายการหรือสร้างตาราง แต่กลยุทธ์ที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหา และมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมากที่สุดกลยุทธ์หนึ่ง คือ การแก้ปัญหาที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ ผู้วิจัยจึงพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยวินิจฉัยเฉพาะความบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ววิธีที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ และปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการวินิจฉัยนักเรียนนั้นจะเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนพบเจอได้ในชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ที่นักเรียนอาจพบเจอได้ในชั้นเรียน แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับพื้นฐานเป็นปัญหาที่ต้องใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ อันประกอบด้วย การบวก การลบ การคูณ หรือการหาร เพียงขั้นตอนเดียวก็สามารถหาคำตอบของปัญหานั้นได้ และปัญหาระดับประยุกต์เป็นปัญหาที่ต้องใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์สองขั้นตอน จึงจะสามารถหาคำตอบของปัญหานั้นได้

2. แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอนสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ประกอบด้วย นักวัดผล ครูและนักเรียนในโรงเรียนที่เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยเป็นนักเรียนที่อยู่ในโรงเรียนใน

เขตภาคกลาง ทั้งโรงเรียนแบบขยายโอกาส โรงเรียนมัธยมศึกษา เพื่อได้กลุ่มประชากรที่มีความหลากหลายและมีความแตกต่างกันในบริบทของการจัดการเรียนการสอน และเป็นโรงเรียนที่ยินดีให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการหาคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ที่นักเรียนนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อยดังนี้

1) การเปลี่ยนประโยคภาษา เป็นประโยคสัญลักษณ์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเปลี่ยนจากประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

2) การคำนวณ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการหาผลบวก

3) ผล

ลบ ผลคูณ ผลหาร จากโจทย์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

4) การใช้สมบัติของการเท่ากัน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำสมบัติของการเท่ากัน อันได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติสะท้อน สมบัติการบวก และสมบัติการคูณไปใช้ได้อย่างถูกต้อง

5) การแก้สมการ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการหาคำตอบของสมการที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

3. กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินการในการหาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ตามแนวคิดของ Polya ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาโดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 องค์ประกอบย่อยคือ 1) การสรุปได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และ2) การสรุปได้ว่าอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้

ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนที่นักเรียนคิดวางแผนการแก้ปัญหา โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 องค์ประกอบย่อย คือ 1) การสรุปได้ว่าข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ

และ 2) การวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ เพื่อนำไปใช้หาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้ถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ พิจารณาจากการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาที่ได้วางไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง นั่นคือการแก้สมการจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนที่นักเรียนตรวจสอบย้อนกลับ พิจารณาจากการมองย้อนกลับไปที่กระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใดทั้ง 3 ขั้นตอนข้างต้นหรือไม่

4. โมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Diagnostic classification models; DCMs) เป็นโมเดลที่ใช้อธิบายถึงสาเหตุของการตอบสนองข้อสอบแต่ละข้อว่าการที่จะตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องจะต้องใช้คุณลักษณะใดบ้าง โดยในโมเดลนี้จะใช้การวินิจฉัยด้วยการตัดสินจากการวิเคราะห์ผลการทำข้อสอบหรือพฤติกรรมที่สังเกตได้เทียบกับคุณลักษณะที่จำเป็นหรือคุณลักษณะประจำข้อสอบแต่ละข้อ พัฒนาขึ้นโดย Rupp และ Templin (2008)

5. เครือข่ายเบย์เซียน หมายถึง โมเดลกราฟิกที่แสดงด้วยแผนภาพอันประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ทฤษฎีกราฟ และทฤษฎีความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข ในเครือข่ายเบย์เซียนประกอบด้วยโหนดของตัวแปรแฝงอันเป็นตัวแทนขององค์ประกอบที่สำคัญของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ (ทักษะหลักและทักษะย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์) กับตัวแปรสังเกตได้(ข้อสอบ) และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างโหนดต่าง ๆ ในเครือข่าย

6. ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ หมายถึง ทฤษฎีที่มุ่งอธิบายลักษณะข้อสอบจากการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบวินิจฉัย ซึ่งได้แก่ค่าความยาก (Thresholds; b) และค่าอำนาจจำแนก (Discriminant ; a) เพื่อสามารถทำนายโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของแต่ละบุคคลในข้อสอบแต่ละข้อ ใช้วัดคุณลักษณะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มี 2 องค์ประกอบคือ การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ การใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

7. วิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน หมายถึง วิธีที่ใช้วินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนผ่านโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนซึ่ง ในโมเดลประกอบด้วยโหนดที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างโหนดของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node) โหนดของทักษะหลักที่ใช้ในแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Skill nodes) โหนดของทักษะย่อยที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Subskill nodes) ข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Bug nodes) และ

กลุ่มของข้อสอบที่ใช้วัดข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Item nodes) โดยใช้ความน่าจะเป็นเบื้องต้นและความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำแต่ละโหนดเป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัยว่านักเรียนมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รวมถึงวินิจฉัยได้ถึงการมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในแต่ละทักษะหลัก/ทักษะย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

8. ข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะความบกพร่องของนักเรียนที่ไม่สามารถหาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ได้ ซึ่งแบ่งเป็นข้อบกพร่องได้ดังนี้

1) ความบกพร่องในการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้สมการ ประกอบด้วยความบกพร่องย่อย ๆ ดังนี้

(1) ความบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ คือ นักเรียนเปลี่ยนจากประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

(2) ความบกพร่องในการคำนวณ คือ นักเรียนหาผลลัพธ์ด้วยการบวก การลบ การคูณ และการหาร จากโจทย์ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง

(3) ความบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน คือ นักเรียนนำสมบัติของการเท่ากัน ได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติสะท้อน สมบัติการบวก และสมบัติการคูณไปใช้ไม่ถูกต้อง

(4) ความบกพร่องในการแก้สมการ คือ นักเรียนหาคำตอบของสมการที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง

2) ความบกพร่องในการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya ประกอบด้วยความบกพร่องย่อย ๆ ดังนี้

(1) ความบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา คือ นักเรียนไม่สามารถสรุปได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และ/หรืออะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้

(2) ความบกพร่องในการวางแผนแก้ปัญหา คือ นักเรียนไม่สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ และ/หรือไม่สามารถการวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ เพื่อนำไปใช้หาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้

(3) ความบกพร่องในการดำเนินการตามแผน คือ นักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาที่ได้วางไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง นั่นคือนักเรียนแก้สมการที่ได้วางแผนไว้ไม่ถูกต้อง

(4) ความบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับ คือ นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่ากระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบมีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใดหรือไม่

9. แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบสอบที่ใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ฉบับ คือ แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา ลักษณะของแบบสอบทั้งสองฉบับเป็นแบบเลือกตอบที่มีตัวเลือก 5 ตัวเลือก โดยกำหนดให้มีตัวเลือกสุดท้ายเป็นปลายเปิด

10. คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัย หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการนำแบบสอบวินิจฉัยที่นำไปใช้วินิจฉัย ซึ่งแสดงหลักฐานความเที่ยงด้วยการวิเคราะห์วิธีพหุมิติ พิจารณาจากค่า EAP Reliability และ ความถูกต้องแม่นยำของการนำแบบสอบวินิจฉัยไปใช้วินิจฉัยได้ตรงกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแสดงหลักฐานด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

11. คุณภาพของข้อสอบวินิจฉัย หมายถึง การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแต่ละข้อตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบทั้งแบบเอกมิติและแบบพหุมิติ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a) และ ค่า threshold (b) และแนวคิดการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยการประมาณค่าอำนาจจำแนก และค่าความยาก

12. คะแนนจุดตัด หมายถึง คะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนว่ามีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นำมาใช้กำหนดเป็นค่าความน่าจะเป็นเบื้องต้น (Prior probability) ประจำโหนดข้อบกพร่อง(Bug nodes) ซึ่งการกำหนดคะแนนจุดตัดมี 3 วิธี คือ

1) วิธีของแองกอฟ (Angoff) กำหนดคะแนนผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำจากการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ การวัดผลและประเมินผลเป็นผู้พิจารณาข้อสอบแต่ละข้อ ร่วมกับสารสนเทศเกี่ยวกับคุณภาพของข้อสอบแล้วตัดสินประมาณค่าร้อยละหรือความน่าจะเป็นของกลุ่มผู้สอบที่มีผลการเรียนในระดับคาบเส้นหรือมีผลการเรียน 0 หรือ 1 จะสามารถทำข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้ถูกต้อง

2) วิธีการเจาะจงจุดตัด (Fixed cutpoint) กำหนดคะแนนการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของแต่ละโหนดข้อบกพร่อง(Bug nodes) เท่ากับ 0.50 โดยนักเรียนที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต้องตอบถูกอย่างน้อยร้อยละ 50 คิดเป็นคะแนนจุดตัดที่ 0.50 หรือคิดเป็นคะแนนสอบ 3 คะแนน จากคะแนนสอบเต็ม 6 คะแนน

3) วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส (Glass) กำหนดคะแนนการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำโดยการนำเกณฑ์ภายนอก ซึ่งคือ ผลการเรียนใน รายวิชา ค21101 มาใช้โดยการผ่านเกณฑ์ภายนอก โดยนักเรียนต้องได้ผลการเรียนระดับ 2 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นผู้ผ่านเกณฑ์ภายนอก และนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำกว่า 2.0 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก เทียบกับการผ่านเกณฑ์จากการ

ทำแบบสอบ (3 , 4 และ 5 คะแนน) และพิจารณาค่าฟังก์ชันความสัมพันธ์ของคะแนนจุดตัดกับเกณฑ์ภายนอกที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการจำแนกกลุ่มผู้สอบน้อยที่สุดเป็นคะแนนจุดตัดของแต่ละโหนดข้อบกพร่อง

13. การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการคิดออกเสียง หมายถึง การค้นหาว่านักเรียนบกพร่องหรือไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนหาคำตอบของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นที่อยู่ในแบบสอบวินิจฉัย จากการให้นักเรียนรายงานความคิดด้วยการพูดถึงสิ่งที่ตนเองคิดและเขียนออกมา มีการบันทึกและจัดกลุ่มนักเรียนโดยผู้วิจัย

14. ความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม หมายถึง ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน เทียบกับผลการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง พิจารณาจากค่าร้อยละของการเห็นตรงกัน (percentage agreement)

15. คุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน หมายถึง ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. **ประโยชน์เชิงปฏิบัติการ** ได้เห็นถึงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ ได้วิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการที่ง่ายต่อการนำไปใช้ สามารถนำสารสนเทศที่ได้จากการวินิจฉัยไปใช้วางแผนการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียน อันจะทำให้นักเรียนได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการเรียนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีการเขียนสมการสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว นอกจากนี้ยังได้แนวทางไปประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยกลยุทธ์อื่น หรือในเนื้อหาอื่น ๆ ได้
2. **ประโยชน์เชิงวิชาการ** ได้แนวทางในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยคุณลักษณะแฝงที่มีลักษณะหลายมิติและคุณลักษณะแฝงนี้มีลักษณะไม่คงที่ มีการนำแนวทางของการสร้างโมเดลเครือข่ายเบย์เซียนมาใช้ออกแบบเพื่อสร้างโมเดลการวินิจฉัยในลักษณะต่าง ๆ มีการนำทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และเทคนิคการวิเคราะห์พหุมิติ มาใช้ในการออกแบบการวินิจฉัย เกิดหลักฐานแสดงความสอดคล้องของโมเดลที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หลักฐานแสดงความตรงของ

ผลการวินิจฉัย ได้เกิดการเปรียบเทียบการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีที่แตกต่างกันในการกำหนดเกณฑ์การวินิจฉัยที่ชัดเจน และจำแนกนักเรียนที่มีข้อพร่องและไม่มีข้อบกพร่องได้อย่างถูกต้อง รวมถึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการวินิจฉัยในประเด็น คุณลักษณะ หรือทักษะอื่น ๆ ทางคณิตศาสตร์ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร บทความและงานวิจัย แล้วนำมาสรุปรวบรวม จำแนกเป็น 4 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยทางการศึกษา ตอนที่ 3 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ตอนที่ 4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด และส่วนสุดท้ายเป็นการนำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัย แต่ละตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ 1.1) ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1.2) องค์ประกอบของความสามารถและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1.3) การประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1.4) การคิดออกเสียงกับคณิตศาสตร์ และ 1.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1) ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 1989) Reeff และคณะ (2006) Mayer และ Wittrock (2006) ได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยสรุปได้ว่า การแก้ปัญหา หมายถึง การคิด การกระทำ หรือ การมีส่วนร่วมในสถานการณ์ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่ได้พบเห็นเป็นปกติ แต่เป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ที่ไม่ได้พบเห็นหรือรู้ล่วงหน้ามาก่อน โดยแต่ละคนจะมีความสามารถในการเข้าใจและรับรู้ในปัญหาได้มากน้อยแตกต่างกัน ผู้แก้ปัญหา (Problem solver) จะต้องนำความรู้ความเข้าใจ และมีทักษะพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนและใช้เหตุผลซึ่งถือเป็นกระบวนการของการแก้ปัญหา Connell , Sheridan และ Gardner (Koeppen & et al., 2008) ได้สรุปลักษณะของการแก้ปัญหาว่า "ความสามารถในการตระหนักถึง" ในส่วนขององค์กรความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (OECD) ผู้จัดการประเมิน PISA ได้กล่าวถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาว่า คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลที่จะเข้าร่วมในการประมวลผลการเรียนรู้ที่จะเข้าใจและแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่วิธีการของการแก้ปัญหายังไม่รู้ชัดเจนทันที ซึ่งจะรวมถึงความเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหากับสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อให้บรรลุศักยภาพของความเป็นพลเมืองที่สร้างสรรค์ Mayer (1978) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ คือ การประมวลผลความรู้ ความเข้าใจโดยตรงที่เปลี่ยนสถานการณ์ให้อยู่ในสถานการณ์ที่ต้องการเมื่อไม่มีวิธีการที่ชัดเจนของการแก้ปัญหาที่สามารถใช้ได้เพื่อแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการทางพุทธิปัญญาที่เกิดจากความรู้ความเข้าใจของผู้แก้ปัญหา มีการประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่ ในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ และมีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

1.2) องค์ประกอบของความสามารถและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะสำคัญอันจะส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีการทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบดังกล่าวโดยใช้แนวทางหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดย Mayer และ Hegarty (1996) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของการแก้ปัญหาและสามารถสรุปองค์ประกอบของการแก้ปัญหาประกอบด้วย (1) การแปลความ (2) การบูรณาการ (3) การวางแผน (4) การดำเนินการ Mayer และ Wittrock (2006) ได้เสนอองค์ประกอบที่จะนำไปสู่การประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหามี 4 ประการ คือ (1) รู้ข้อเท็จจริง เกี่ยวกับลักษณะขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเหตุการณ์ (2) รู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่เป็นความรู้เกี่ยวกับหมวดหมู่ กฎเกณฑ์ หรือ โมเดล ต่าง ๆ (3) รู้ขั้นตอนการดำเนินการ (4) ความเชื่อที่จะแก้ไขปัญหาได้ และยังมีงานวิจัยที่น่าสนใจของ Wu และ Adams (2006) ที่ได้สกัดองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทาง โดยเขาได้สกัดองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (1) ความสามารถในการอ่าน หรือ ความสามารถในการสกัดข้อมูลทั้งหมดออกมาจากปัญหา หรือ คำถาม (2) การมีสามัญสำนึก และ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหากับสถานการณ์ในชีวิตจริง (3) การเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผล (4) ทักษะในการคำนวณและความระมัดระวังในการคำนวณคณิตศาสตร์ จากการศึกษาโมเดลซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์ (Clark, 2010) พบว่าประกอบด้วย (1) ความเข้าใจในมโนทัศน์เบื้องต้น (2) ทักษะ ความชำนาญของนักเรียนที่จำเป็นในการเรียนรู้และการประยุกต์ใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ (3) กระบวนการ ในการให้เหตุผล การสื่อความหมาย และการเชื่อมโยงทักษะต่าง ๆ เกี่ยวกับการคิด และการสร้างแบบจำลอง (4) เจตคติ ประกอบด้วย ความเชื่อ ความสนใจ การเห็นคุณค่า ความเชื่อมั่นในตนเอง และความขยันหมั่นเพียร (5) อภิปัญญาโดยสามารถตรวจสอบความคิดของตัวเองในการเรียนรู้ ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยมีการศึกษาเพื่อหาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อ

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดย สมเดช บุญประจักษ์ (2540 : 33) ได้กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ควรมีดังนี้ (1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น ทักษะการอ่านและความละเอียดรอบคอบ โดยผู้เรียนต้องอ่านอย่างรอบคอบ วิเคราะห์และทำความเข้าใจกับปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับศัพท์ บทนิยาม มโนมติ และข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อที่จะได้ตัดสินใจว่าควรจะทำอะไรและอย่างไร เป็นการแสดงออกถึงศักยภาพทางสมองของผู้เรียนในการระลึก การนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่ (2) ทักษะในการแก้ปัญหา การเผชิญกับปัญหาที่แปลกใหม่ การเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมจะเป็นการสั่งสมประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม (3) ความสามารถในการคำนวณและความสามารถในการใช้เหตุผล (4) แรงขับซึ่งได้มาจากความสนใจ เจตคติ แรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ ความสำเร็จ ตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา (5) ความยืดหยุ่น ในการคิด ไม่ยึดติดกับรูปแบบการแก้ปัญหาแบบใดแบบหนึ่ง สามารถบูรณาการ ความเข้าใจ ทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ (6) ความรู้พื้นฐานที่ดีพอสามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสาระของปัญหา และระดับสติปัญญา (7) การอบรมเลี้ยงดูจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย ให้โอกาสแสดงความคิดเห็น คิดและตัดสินใจได้ด้วยตนเอง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่เลี้ยงแบบปล่อยปละละเลย หรือเข้มงวดเกินไป (8) วิธีสอนของผู้สอน ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ นอกจากนี้ การจัดสภาพแวดล้อม ก็มีผลที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน สาคร พิมพ์ทา (2552) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าปัจจัยที่มีผลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประกอบด้วยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความเชื่อมั่นในตนเองและพฤติกรรมการสอนของครู ส่วนปัจจัยที่มีผลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์คือ แรงจูงใจและ ประสิทธิภาพของแต่ละบุคคล

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่าโดยสรุปแล้วองค์ประกอบที่สำคัญทางของการที่จะสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะด้านพุทธิปัญญา ประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานหรือมโนทัศน์เบื้องต้นทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการนำมาใช้แก้ปัญหา ทักษะทางคณิตศาสตร์ เช่น ทักษะการให้เหตุผล ทักษะคำนวณ ทักษะการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม เจตคติ หรือแรงจูงใจในการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กระบวนการหรือขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยในการวางแผนการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งมีนักการศึกษาทางคณิตศาสตร์หลายท่านได้ระบุถึงกระบวนการ/ขั้นตอนที่ใช้ในการที่จะแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังเช่น Polya (1957) ได้แบ่ง

กระบวน การแก้ปัญหาออกเป็น 4 ขั้น คือ (1) ทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาสามารถสรุปได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้ (2) วางแผนแก้ปัญหา (Devising a plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ และ วางแผนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้ (3) ดำเนินการตามแผน (Carrying out the plan) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ (4) ตรวจสอบคำตอบ (Looking back) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาสามารถพิจารณาจากการมองย้อนกลับไปที่กระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใดทั้ง 3 ขั้นตอนข้างต้นหรือไม่ และจากแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya นี้ได้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในการสอนให้นักเรียนทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นขั้นตอน ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการที่ได้เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาโดยใช้พื้นฐานจากกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ได้แก่ Schoenfled (1983) ได้แบ่งกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ขั้น คือ (1) อ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ (2) วิเคราะห์ (3) สืบสวนวินิจฉัย (4) วางแผนและปฏิบัติ (5) พิสูจน์และยืนยันคำตอบ Troutman และ Lichtenberg (1995) ได้เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้น ซึ่งก็ใช้แนวคิดจากกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya เช่นกัน ซึ่งกระบวนการทั้ง 6 ขั้น ประกอบด้วย (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) กำหนดแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา (3) ดำเนินการตามแผน (4) ประเมินแผนและคำตอบที่ได้ (5) ขยายปัญหาเพื่อค้นหารูปแบบทั่วไปของคำตอบของปัญหา (6) บันทึกการแก้ปัญหาเพื่อจะได้กลับมาทบทวนความพยายามของเขาซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาต่อไป

จากการทบทวนเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เห็นว่าแยกการศึกษาได้กระบวนการ/ขั้นตอนของการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา(Steps or procedure to Problem solving) ยังคงยึดแนวของ Polya คือ กระบวนการหรือขั้นตอนที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการบอกลำดับขั้นตอนทีละขั้นตอนในการแก้ปัญหาซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยเริ่มจาก (1) การอ่านเพื่อทำความเข้าใจในปัญหา มี 2 องค์ประกอบคือ สรุปได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้ การสรุปว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้ (2) วิเคราะห์โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดมาให้มี 2 องค์ประกอบย่อย คือ สรุปได้ว่าข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ และ วางแผนการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้ (3) วางแผนและดำเนินการตามแผนในการแก้โจทย์ (4) ตรวจสอบและยืนยันผลที่ได้จากการแก้ปัญหา แต่อาจแตกต่างที่มีการแยกเป็นขั้นตอนย่อย ๆ เพิ่มขึ้น

1.3) การประเมินการแก้ปัญหา

การประเมินการแก้ปัญหาเป็นการตัดสินความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งในมาตรฐานการประเมินของ NCTM (1989) มาตรฐานที่ 5 ระบุว่า การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหามีประเด็นพิจารณาดังนี้ (1) สร้างปัญหาได้ (2) ประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาได้หลากหลาย (3) แก้ปัญหาได้ (4) ตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายผลลัพธ์ที่เกิดจากการแก้ปัญหาได้ (5) สร้างแบบรูป หรือ รูปทั่วไปของคำตอบได้ Baker และ Mayer (1999) ได้เสนอประเด็นในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่าให้พิจารณาใน 3 ประเด็นต่อไปนี้ คือ (1) สิ่งที่จะทดสอบ (What to test) ควรจะทดสอบในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา (2) วิธีที่จะทดสอบ (How to test) ควรจะทำสอบปัญหาที่แปลกใหม่ และ (3) ที่ที่จะทดสอบ (Where to test) ควรเป็นสถานการณ์จริง สำหรับการประเมินผลความสามารถทางคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ ของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) มีจุดหมายที่มองไปในอนาคตมากกว่าการจำกัดอยู่ที่การวัดและประเมินผลตามหลักสูตรที่นักเรียนได้เรียนในปัจจุบัน และการประเมินผลก็มุ่งความชัดเจนที่จะหาคำตอบว่านักเรียนสามารถนำสิ่งที่ได้ศึกษาเล่าเรียนในโรงเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่นักเรียนมีโอกาสที่จะต้องพบเจอในชีวิตจริงได้หรือไม่ โดยได้แบ่งกลุ่มของสมรรถนะในการแก้ปัญหา ดังนี้ คือ (1) การทำใหม่ (Reproduction) (2) การเชื่อมโยง (Connection) และ (3) การสะท้อนและการสื่อสาร (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,2552)

ZANZALI และ NAM (n.d.) ได้ศึกษาถึงระดับของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศมาเลเซีย มีขั้นตอนที่เป็นมาตรฐาน และทักษะการแก้ปัญหาถูกประเมินจากการเขียนตอบของพวกเขา การประเมินนี้ใช้โมเดลของ polya เป็นพื้นฐานในการออกแบบการประเมิน คำถามที่ใช้เป็นส่วนใหญ่จะนำมาจากหลักสูตรในโรงเรียนและคำถามที่นำมาจากคณะศึกษาศาสตร์ของมหาวิทยาลัย Ohio แต่จะปรับให้เหมาะสมกับนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินเป็นการให้นักเรียนตอบแบบสอบแบบปรนัย (Objective test) แบบสอบถามแบบให้เลือกตอบ (Structured questions) และจากการสัมภาษณ์ (Interviews) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการในการแก้ปัญหาของ จากการวิจัยพบว่านักเรียนมีการใช้ความรู้และทักษะที่ดี แต่ไม่ได้แสดงกลวิธีในการแก้ปัญหา ไม่สามารถใช้สัญลักษณ์ทางคณิตสาสตร์ได้ถูกต้องเหมาะสม ให้คำอธิบายในการให้เหตุผลและอธิบายขั้นตอนของการแก้ปัญหาไม่ได้ และจากผลการวิจัยที่ได้กล่าวถึงระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ 5 ระดับ ดังนี้ (1) หาแนวทางแก้ไขปัญหาเดียวในการแก้ไขปัญหาขั้นตอนเดียว (2) สร้างทางเลือกของขั้นตอนในการแก้ปัญหา (3) เลือกจากสองขั้นตอนวิธีการที่จะหาทางออกให้กับปัญหาที่เกิดขึ้นหลายขั้นตอน (4)

ดัดแปลงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งขั้นตอนวิธีการที่จะหาทางออกให้กับปัญหาที่เกิดขึ้นหลายขั้นตอน และ (5) สร้างขั้นตอนวิธีการเดิมที่จะหาทางออกให้กับปัญหาที่เกิดขึ้นหลายขั้นตอน

Wu และ Adams (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยในงานวิจัยของพวกเขาได้นำเสนอด้วยเนื้อหาที่ประกอบด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรกได้ทำการพัฒนากรอบการทำงานของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะใช้เป็นพื้นฐานของการพัฒนาข้อสอบ และอีกส่วนหนึ่งคือ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการตอบข้อสอบซึ่งจะแสดงโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis) นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการหลายท่าน (เช่น Carroll, 1945; Hambleton & Rovinelli, 1986 ; Heim, 1975; McDonald & Ahalawat, 1974; Nandakumar, 1994) ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบ exploratory factor analysis และเขาได้ใช้แนวคิดในการศึกษาจากการตอบข้อสอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของนักเรียนในการหาคำตอบที่ถูกต้องว่าไม่ได้เป็นเนื่องมาจากที่นักเรียนไม่สามารถที่จะปฏิบัติตามกระบวนการแก้ปัญหาได้ แต่ความผิดพลาดเกิดจากความคลาดเคลื่อนของนักเรียนมากกว่า เช่น การไม่เข้าใจข้อความของปัญหา หรือ จากการไม่ระมัดระวังขณะคำนวณ ซึ่งแหล่งความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ได้ค้นพบจากมิติของความสามารถต่าง ๆ กัน จากการศึกษาพบว่า มีมิติที่เกี่ยวข้องกับกรอบของการแก้ปัญหา 4 มิติ คือ (1) มิติของการอ่าน / การสกัดสารสนเทศทั้งหมดจากคำถาม (2) มิติของการนำไปเชื่อมโยงกับชีวิตจริงและการเลือกวิธีการแก้ปัญหา (3) มิติของการมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลที่ถูกต้องตามหลักการของคณิตศาสตร์ และ (4) มิติของทักษะการคิดคำนวณและความละเอียดรอบคอบในการดำเนินการคำนวณ เพื่อค้นหาหลักฐานของมิติต่าง ๆ ของข้อมูล จำนวนการวิเคราะห์ในมิติตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติถูกดำเนินการและถูกพิจารณาถึงโมเดลที่เหมาะสมที่สุด การวิเคราะห์โดยมีพื้นฐานการใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติรูปแบบทั่วไปที่เหมาะสมคือ Multidimensional Random Coefficient Multinomial Logit Model โดยใช้โมเดล between-item dimensionality ซึ่งวิธีการนี้ข้อสอบแต่ละข้อจะนำมาใช้วัดในมิติที่แตกต่างกันได้หลายมิติ และในการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้โมเดลเกี่ยวกับลำดับข้อความเหมาะสมของข้อสอบในมิติต่าง ๆ ได้แก่ Three-dimensional model ซึ่งเป็นโมเดลที่ประกอบด้วยการแบ่งข้อสอบออกเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่หนึ่งประกอบด้วยข้อสอบที่เน้นการวัดด้านการอ่านและการสกัดข้อมูลจากสถานการณ์ที่เป็นปัญหา กลุ่มที่สองประกอบด้วยข้อสอบที่เน้นการใช้สามัญสำนึกทางคณิตศาสตร์ (common-sense mathematics) หรือข้อสอบที่ไม่ได้มีอยู่ในโรงเรียน กลุ่มที่สามประกอบด้วยคลังข้อสอบที่เหลือซึ่งเป็นข้อสอบที่มีหรือพบเห็นได้ทั่วไปในโรงเรียนและข้อสอบที่เน้นการให้เหตุผล ในโมเดลนี้มิติที่สามและมิติที่สี่ของกรอบการทำงาน มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคิดคำนวณจะรวมเป็นมิติเดียวกันเป็นหนึ่งมิติในโมเดลการตอบสนองข้อสอบ เนื่องจากไม่มีข้อสอบข้อใดมีวัดแต่ทักษะทางด้าน

การคำนวณเพียงอย่างเดียว สำหรับ Two-dimensional model ถูกสร้างขึ้นโดยนำกลุ่มที่สองและกลุ่มที่สามรวมเข้าด้วยกัน ส่วน One-dimensional model จะรวมทุกกลุ่มเข้าด้วยกันเป็นมิติเดียว เพื่อประเมินความสัมพันธ์กันของความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 3 รูปแบบนี้จะมีการเปรียบเทียบความเบี่ยงเบน (deviances) จากความเหมาะสมของทั้งสามโมเดล ในส่วนของการสร้างเกณฑ์ในการประเมินเกี่ยวกับการแก้ปัญหาพบว่า Egodawatte (2010) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric สำหรับการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหางานทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินตนเองและเพื่อนประเมินสำหรับนักเรียนระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งเขาได้เสนอการประเมินเป็นด้านทั้งหมด 4 ด้าน ดังนี้ (1) ด้านความเข้าใจ แนวคิด และการเชื่อมโยง (2) ด้านกลยุทธ์และการให้เหตุผล (3) ด้านการคำนวณ/การปฏิบัติให้สำเร็จ (4) ด้านการสื่อสารสื่อความหมาย โดยแต่ละด้านจะมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ ตั้งแต่ 0 ถึง 4

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ามีการเสนอแนวทางในการประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้สรุปแยกเป็นประเด็นต่างตามจุดเน้นของการประเมิน ได้ดังนี้ คือ (1) เน้นไปที่การใช้เครื่องมือ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือแบบสอบมีทั้งแบบสอบที่เป็นแบบปรนัย แบบสอบที่เป็นแบบอัตนัย รวมถึงมีการประเมินถึงเจตคติโดยการใช้แบบสอบถาม แบบวัดเจตคติ เป็นต้น แต่ในการทดสอบโครงการ PISA ได้มีการประเมินด้านเจตคติในวิชาคณิตศาสตร์โดยออกแบบร่วมกับข้อสอบที่ใช้ในการทดสอบนักเรียน (2) เน้นไปที่วิธีการประเมิน ซึ่งวิธีการที่นำมาใช้การประเมินนั้นใช้วิธีที่แตกต่างกัน บางครั้งมีการใช้วิธีหลายวิธีร่วมกัน เช่น การประเมินโดยการให้นักเรียนทำแบบสอบประเภทต่าง ๆ (เช่น แบบปรนัย อัตนัย) หรือ การประเมินโดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการประเมินคือ การประเมินโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน เห็นจากการใช้คอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์สำคัญในการประเมิน มีการเขียนโปรแกรมสำหรับให้นักเรียนได้ทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหา หรือบางสถานการณ์ใช้วิธีการประเมินโดยให้เขียนสถานการณ์หากเจอปัญหาตามที่กำหนด หรือ ใช้การสัมภาษณ์ถามข้อมูลในเชิงเจาะลึกถึงเทคนิควิธีหรือแนวคิดที่นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหา (3) เน้นไปที่จุดเน้นที่จะประเมิน เช่น การประเมินที่เน้นไปที่ระดับความสามารถในการแก้ปัญหา พิจารณาว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับใด จะมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric หรือการประเมินที่เน้นประเมินขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การประเมินที่เน้นประเมินสมรรถนะในองค์ประกอบต่าง ๆ ของสมรรถนะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และประเด็นสุดท้ายคือประเมินที่เน้นศึกษาไปที่ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปให้เห็นได้ว่าการประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะประเมินทั้งองค์ประกอบ ที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา รวมถึงประสิทธิผลโดยพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาประกอบกันโดยต้องมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนสามารถระบุความสามารถของ

นักเรียนได้เพื่อเป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ในการระบุถึงจุดเด่น จุดด้อยของนักเรียนแต่ละคนอันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนได้อย่างสูงสุด

1.4) การคิดออกเสียงกับคณิตศาสตร์

การคิดออกเสียงจึงเป็นเทคนิคที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการอธิบายประสบการณ์การเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ ของแต่ละบุคคล อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ฝึกนักเรียนให้รู้จักการคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนในทางปฏิบัติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นได้มีผู้นำเทคนิคการคิดออกเสียงมาเพื่อช่วยในการเรียนการสอน ปรับปรุงการเรียนการสอน หรือประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งแนวคิดของเทคนิคการคิดออกเสียงนั้นประกอบด้วยการถามให้นักเรียนได้อธิบายความคิดออกมาเป็นถ้อยคำ ขณะที่นักเรียนกำลังจะปฏิบัติภาระงานหรือแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

แนวคิดพื้นฐานของการคิดออกเสียง

การคิดออกเสียง (Think Aloud ; TA) เป็นวิธีการเชิงประจักษ์ ซึ่งทำให้เข้าใจถึงความคิดของนักเรียนเพื่อใช้ในการศึกษาความคิดหรือระบวนการคิด (Cognitive process) หรือพฤติกรรมด้านจิตใจ (Nielsen & Yssing , 2004) การคิดออกเสียงเป็นเทคนิคที่ได้นำมาใช้ครั้งแรกในด้านจิตวิทยา โดยเก็บรวบรวมผ่านการสังเกตและการรายงานด้วยคำพูดของนักจิตวิทยาที่ได้รับการฝึกอบรมแล้ว จะเห็นว่าผู้ที่ทำการสังเกตหรือรายงานผลนั้นจะต้องมีความรู้ความเชี่ยวชาญในด้านนั้นจึงจะสามารถทำให้วิธีการนี้ประสบความสำเร็จได้ โดยอาจมีการใช้แถบบันทึกเสียงหรือแถบบันทึกภาพ วีดิทัศน์บันทึกพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ซึ่ง Boren และ Ramey (2000) ได้เสนอว่าในขณะที่ตอบได้แสดงความคิดเห็นของตน ผู้สังเกตหรือรายงานผลควรมีการพูดคุยเพื่อกระตุ้นให้ผู้ตอบได้อธิบายถึงความคิดหรืออธิบายถึงปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่กังวล ซึ่งเทคนิคนี้นิยมนำมาใช้ทั้งการศึกษาจิตวิทยาคลินิก การศึกษากระบวนการคิดในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ (อรนุช เศวตรัตนเสถียร, 2556)

รูปแบบการคิดออกเสียง ได้มาจากการเรียนรู้ประสบการณ์ โดยการรายงานความคิดด้วยคำพูด ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์การประมวลข้อมูล (Retrospective Protocol) ซึ่งสิริมาศ สิทธิหล่อ (2534) ได้กล่าวถึงรูปแบบการคิดออกเสียง โดยการายงานด้วยคำพูด ว่ามี 3 วิธี คือ (1) การพูดโดยตรง (Direct verbalization) เป็นการพูดข่าวสารออกมาอย่างง่าย ๆ ซึ่งอยู่ในความจำระยะสั้นของผู้พูด โดยพูดมาตามความคิดและจะพูดกับตัวเขาเองอย่างเป็นธรรมชาติ ขณะกำลังแก้ปัญหาเป็นการแสดงด้วยภาษาโดยตรง ผู้ที่ได้รับการทดสอบจะได้รับการแนะนำหรือสอนให้รู้จักการพูดออกเสียงอย่างเป็นธรรมชาติ (2) การบันทึกเนื้อหาของการจำระยะสั้น (Recording the contents of a short-term memory) เป็นการพูดประกอบในการรายงานเป็นคำพูด การอธิบายในเนื้อหาของความจำระยะสั้น เมื่อสิ่งเหล่านั้นยังไม่ออกมาเป็นถ้อยคำ ดังนั้นผู้ที่ได้รับการทดสอบได้รับการสอนให้พูดออกเสียงขณะกำลังปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับจินตนาการ อันอาจจะบันทึกได้ในบางส่วนของการจำ

ก่อนที่จะสามารถรายงานออกมาเป็นคำพูด (3) การอธิบาย (Explanation) เป็นการพูดที่ประกอบด้วยการรายงานเป็นคำพูด ซึ่งเป็นกระบวนการที่นอกเหนือจากการบันทึกอย่างง่าย เช่นการถามให้ผู้รับการทดสอบอธิบายความคิดของเขา อาจจะมีผลต่อความพยายามของเขาในการอธิบายอย่างต่อเนื่อง เมื่อถูกให้พูดถึงกระบวนการในแต่ละขั้นตอน ขณะที่ทองหล่อ วงษ์อินทร์ (2537) และอรนุช เศวตรัตนเสถียร (2556) ได้กล่าวถึงประเภทของการคิดออกเสียงเป็น 2 ประเภท คือ (1) การคิดออกเสียงขณะปฏิบัติงาน เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยให้ผู้เข้าร่วมปฏิบัติงานและพูดสิ่งที่ตนคิดไปพร้อม ๆ กัน (2) การคิดออกเสียงภายหลังการปฏิบัติงาน เป็นการรวบรวมข้อมูลโดยให้ผู้เข้าร่วมปฏิบัติงานให้เสร็จก่อนโดยไม่ต้องพูดไปพร้อม ๆ กับการปฏิบัติงาน และทันทีหลังจากที่ปฏิบัติงานเสร็จแล้วจึงให้พูดถึงสิ่งที่ตนเองคิดในขณะที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ เพื่อไม่รบกวนสมาธิในขณะทำงาน แต่บางสิ่งที่ไม่ใช่ความคิดที่เกิดขึ้นขณะแก้ปัญหาอาจเกิดขึ้นในช่วงการทบทวนหลังการปฏิบัติงานได้ จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการคิดออกเสียงเป็นเทคนิคที่สามารถปฏิบัติได้ทั้งขณะปฏิบัติงานหรือขณะสอนหรือทำภายหลังจากเสร็จสิ้นแล้ว และเน้นให้มีการกระตุ้นจากผู้เก็บข้อมูลเพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลพูดแสดงสิ่งที่คิดออกมาให้ได้มากที่สุด และผู้เก็บข้อมูลอาจใช้เครื่องบันทึกต่าง ๆ ช่วยขณะเก็บข้อมูล

การนำเทคนิคการคิดออกเสียงนั้นควรใช้สถานที่ที่มีความเป็นส่วนตัว ไร้เสียงรบกวนจะได้ไม่รบกวนความคิดและดึงดูดความสนใจของผู้ตอบขณะรายงานความคิด เริ่มด้วยให้ผู้เก็บข้อมูลควรทำความรู้จักและคุ้นเคยกับผู้ตอบ ให้ผู้ตอบหรือนักเรียนได้อ่านสถานการณ์ที่เป็นปัญหาแล้วให้เวลานักเรียนคิด ครูหรือผู้เก็บข้อมูลกระตุ้นให้นักเรียนพูดสิ่งที่คิด ทั้งที่เกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา ถ้านักเรียนเงียบหรือไม่ตอบควรมีการกระตุ้นด้วยคำถาม เช่น อ่านโจทย์แล้วคิดอย่างไร นักเรียนคิดเห็นอย่างไร ขอให้พูดออกมาไม่ต้องกลัวว่าถูกหรือไม่ แล้วยังไงต่อ มีอะไรอีกไหม เป็นต้น แต่ถ้านักเรียนบอกว่าไม่เข้าใจ ทำไม่ถูก ไม่รู้จะแก้ปัญหาอย่างไร ผู้เก็บข้อมูลต้องพยายามให้นักเรียนค่อย ๆ คิด ค่อย ๆ พูด อาจพูดว่า “ให้นักเรียนลองพยายามใหม่” “ลองอ่านโจทย์หรือสถานการณ์อีกครั้ง ไม่ต้องรีบร้อน” เป็นต้น ถ้านักเรียนมีการข้ามขั้นตอน ผู้เก็บข้อมูลอาจถามนักเรียนว่า “ นักเรียนได้คำตอบนี้มาได้อย่างไร ช่วยอธิบายขั้นตอนหรือวิธีการคิดให้ฟังหน่อย” และสิ่งสำคัญคือ ในขณะที่ทดสอบ ผู้เก็บข้อมูลต้องให้ความสำคัญและสนใจในทุกคำพูดของผู้ตอบ แสดงการรับรู้ ยอมรับ และเห็นด้วยกับสิ่งที่พูด เพื่อเป็นกำลังใจให้ผู้ตอบกล้าแสดงคำตอบออกมา

ข้อดีและข้อจำกัดของการคิดออกเสียง

ในการนำเทคนิคการคิดออกเสียงมาใช้ในการวิจัยนั้น ผู้วิจัย ควรทราบถึงข้อดีและข้อเสียเพื่อวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ได้ข้อมูลที่เป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาซึ่ง อรนุช เศวตรัตนเสถียร (2556) ได้รวบรวมจากเอกสารและงานวิจัยไว้ดังนี้

ข้อดีของเทคนิคการคิดออกเสียง พอสรุปได้ดังนี้คือ ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมด้วยการคิดออกเสียงจะมีลักษณะเป็นเชิงลึกและได้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก (Rich Data) ซึ่งอาจไม่สามารถรวบรวม

ได้จากการเก็บข้อมูลด้วยวิธีอื่น เช่น การใช้แบบสอบ แบบสอบถาม ซึ่งไม่สามารถให้ข้อมูลที่เกี่ยวกับปฏิกิริยาตอบกลับ (Reaction) หรือถ้าต้องการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึก ผู้ตอบจะสามารถแสดงออกมาให้สังเกตเห็นได้ดีกว่าการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือชนิดอื่น ในส่วนของจำนวนผู้ตอบที่ผู้ที่ให้ข้อมูลไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนมาก (Hughes & Parkes, 2003) ซึ่ง Nielsen และ Yssing (2004) กล่าวว่า ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงนั้น มีผู้ร่วมเพียงจำนวน 5-8 คน หรือ อาจเป็น 10-30 คนเท่านั้น (Hoppmann, 2009) อีกทั้งในการรวบรวมข้อมูลก็สามารถกระทำได้ง่าย เพราะเป็นการดำเนินการที่ตรงไปตรงมา ไม่จำเป็นต้องมีทักษะขั้นสูงใด ๆ ผู้ตอบหรือผู้ให้ข้อมูลมักจะพูดถึงสิ่งที่ตนเองคิดไปพร้อม ๆ กับการปฏิบัติงานได้ตามปกติ ข้อมูลที่รวบรวมได้เป็นข้อมูลที่ได้จากผู้ใช้จริงโดยตรงซึ่งเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด และเป็นข้อมูลที่สะท้อนออกมาจากการปฏิบัติจริงของผู้ตอบ จึงถือเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือและมีประโยชน์ในการสะท้อนประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง Fulkerson et al. (1984) ได้นำวิธีการคิดออกเสียงเมือนำมาวัดสิ่งที่คิดจะช่วยให้ผู้แก้ปัญหาลดการลืมสิ่งที่คิดในขณะแก้ปัญหา

ข้อจำกัดของการคิดออกเสียง ในภาพรวมของการนำเทคนิคการคิดออกเสียงมาใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการคิดและกระบวนการทำงานนั้น ไม่สามารถนำไปใช้รวมกับข้อมูลที่เป็นกระบวนการอัตโนมัติต่าง ๆ เช่น การจดจำคำพูดหรือภาพที่คุ้นเคยได้โดยไม่รู้ตัว และข้อมูลการประมวลผลที่เกิดขึ้นในระหว่างการปฏิบัติงานซึ่งผ่านไปเร็วมากจนพูดไม่ทัน (อรนุช เศวตรัตนเสถียร, 2556) สำหรับประเด็นของผู้ให้ข้อมูลอาจประสบปัญหาเมื่อผู้ตอบรู้สึกว่าไม่แน่ใจ ลังเล หรือไม่สะดวก เมื่อมีการบันทึกการคิดออกเสียง ข้อจำกัดที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือด้านการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต้องอาศัยผู้เก็บข้อมูลที่มีความชำนาญในเรื่องนั้น ๆ และต้องใช้เวลาและแรงงานมากกว่าการเก็บข้อมูลด้วยวิธีอื่น ๆ

การนำเทคนิคการคิดออกเสียงมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำเทคนิคการคิดออกเสียงมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเช่น Muth (1993) ได้ใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การพัฒนาเกี่ยวกับความรู้ความคิดในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา และได้กล่าวว่า กระบวนการคิดออกเสียงเป็นวิธีการที่ดีเยี่ยมที่ครูจะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านกระบวนการคิด และความรู้สึกในระหว่างการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยครูคณิตศาสตร์สามารถให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดออกเสียงในการแก้ปัญหาได้ตลอดภาคเรียน เริ่มโดยให้นักเรียนฝึกเป็นกลุ่มเล็ก หลังจากนั้นก็ให้ฝึกเป็นรายบุคคล และครูคอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในสิ่งที่นักเรียนบกพร่องในการ สุดารัตน์ มนต์นิมิต (2545) ได้ใช้เทคนิคการคิดออกเสียงเป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์เพื่อจัดสอนซ่อมเสริมให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งก่อนสอนซ่อมเสริมได้มีการทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการคิด

ออกเสียง แล้วนำขอมูลจากการทดสอบ เช่น กระดาษคำตอบ ร่องรอยการทด แบบบันทึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาและเทปบันทึกเสียง มาทำการวิเคราะห์กระบวนการคิดและวิธีคิดของนักเรียนในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์และทำการวิเคราะห์กระบวนการคิดและวิธีคิดของนักเรียนหลังการสอนซ่อมเสริม ซึ่งผลปรากฏว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดบ้างแต่ไม่มากนั้น นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคการคิดออกเสียงมาใช้ในการวินิจฉัยการเรียนทางคณิตศาสตร์อีกหลายเรื่อง เช่น การบวกเลขจำนวนเต็มลบระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ศิริเดช สุชีวะ, 2538) การบวกลบเศษส่วนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 (อมรรัตน์ สร้อยสังวาล, 2551) จากที่กล่าวมาจะพบว่ามีการนำเทคนิคการคิดออกเสียงมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะเป็นการนำมาใช้ช่วยในขณะการจัดการเรียนการสอนแบบปกติหรือการนำมาใช้ภายหลักจากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติในชั้นเรียน

1.5) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่ามีสองแนวทาง ได้แก่ การศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (มะลิวรรณ โคตรศรี , 2547; Wu and Adams, 2006 ; สาคร พิมพ์ทา, 2552) และการศึกษาถึงวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Callingham and Griffin, 2005 ; Reeff et al., 2006 ; Wu and Adams, 2006 ; Egodawatte, 2010)

งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบ ได้แก่ มะลิวรรณ โคตรศรี (2547) ได้พัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 420 คน ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วยตัวแปรแฝง 6 ตัว ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบการคิด ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามข้อมูลพื้นฐาน แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แบบวัดแบบการคิด แบบวัดความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแบบเก็บข้อมูลเกรดวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม SPSS และ LISREL 8.50 ในการวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลการวิจัยพบว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 63 ตัวแปรที่มีอิทธิพล

ทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบการคิด ความวิตกกังวลในวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และความรู้พื้นฐานเดิมทางคณิตศาสตร์

สาคร พิมพ์ทา (2552) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาและตรวจสอบโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1,028 คน โดยศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ แบบสอบถาม ใช้การวิเคราะห์เส้นทางในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาแบ่งเป็นปัจจัยทางตรงที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความนับถือตนเอง และพฤติกรรมการสอนของครู ส่วนปัจจัยทางอ้อม คือ แรงจูงใจ และความสามารถเฉพาะของตัวบุคคล

Wu และ Adams (2006) ได้ทำการตรวจสอบคำตอบของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และประยุกต์ใช้โมเดล MIRT กับระดับของประเภทคำตอบของนักเรียน ในการทำเช่นนั้นเพื่อเป็นการระบุกระบวนการทางพุทธิพิสัยและโมเดล ผ่านโมเดลการตอบข้อสอบเพื่อที่จะสกัดสารสนเทศได้มากขึ้นกว่าการใช้โมเดลแบบดั้งเดิมในการให้คะแนนข้อสอบ การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย สองส่วน ส่วนแรกคือส่วนที่เกี่ยวกับการพัฒนากรอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้เหตุผลทางทฤษฎี การศึกษาจากงานวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษา และจิตวิทยาปัญญา ส่วนที่สองเกี่ยวกับการวิเคราะห์การตอบข้อสอบของนักเรียน ซึ่งถูกแสดงให้เห็นโดยใช้โมเดล MIRT ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือที่ทรงอำนาจในการสกัดสารสนเทศจากจำนวนการตอบข้อสอบที่จำกัด รายละเอียดของการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคนจะถูกสร้างจากผลของ IRT scaling

งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาถึงวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ Callingham และ Griffin (2005) ได้เสนอวิธีที่ใช้ในการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ใช้วิธีการประเมินโดยใช้เกณฑ์อ้างอิง (criterion-referenced approach) ซึ่งใช้การตัดสินโดยการถูกสร้างมาจากพื้นฐานของการเปรียบเทียบด้วยลำดับของการกำหนดมาตรฐานของการปฏิบัติหรือมาตรฐานของความสามารถ (defined standards of performance or competence) วิธีนี้ใช้เทคนิคการวัดผลของ Rasch โดยใช้ Rasch Model และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้สอน และข้อสอบเพื่อกำหนดตำแหน่งของคนและข้อสอบในสเกลการวัดแบบเดี่ยว Egodawatte (2010) ได้กล่าวว่า การมีส่วนร่วมของนักเรียนต่อการประเมินตนเอง (self-assessment) สามารถช่วยเพิ่มการสะท้อนและอภิปัญญา (metacognition) ต่อกระบวนการเรียนรู้ บนพื้นฐานความคิดนี้ การประเมินตนเองมีวัตถุประสงค์ 3

ประการ คือ ผลจากการประเมินตนเองสามารถถูกใช้เป็นผลการศึกษาไปได้ นอกจากนี้ผลที่ได้จากการประเมินยังใช้เป็นเครื่องมือหรือนำไปใช้เป็นกลยุทธ์การเรียนรู้อย่างหนึ่ง และในประการสุดท้าย คือ การประเมินตนเองยังเป็นการแสดงความเกี่ยวข้องของความฉลาดที่มีอยู่ในตัวบุคคล เขาจึงได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อประเมินตนเองเกี่ยวกับสถานการณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมหาวิทยาลัย วัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานครั้งนี้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน เครื่องมือการประเมินประกอบด้วย 3 ส่วน ส่วนแรกคือแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน เกณฑ์การประเมินผลการวิเคราะห์ (an analytic evaluation rubric) และ กำหนดการการประเมินตนเอง (a self assessment schedule) ซึ่งเครื่องมือในส่วนนี้จะประกอบด้วยสี่ส่วน ส่วนแรกจะถามถึงวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา ต่อด้วย การพิจารณาว่ามีสิ่งใดที่จะทำได้บ้างในขณะนี้ จากนั้นก็ทำการวางแผนว่าจะทำสิ่งใดบ้าง โดยต้องทำสิ่งใดก่อนหลัง ตามลำดับ ตามด้วย การปฏิบัติ และพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง และ/หรือ จะพัฒนาผลลัพธ์ได้อีกหรือไม่ ควรสอบว่าได้ทำตามแผนหรือไม่ เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีการประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) รวมอยู่ด้วยเพื่อเป็นกระบวนการได้ข้อมูลที่ถูกต้องยิ่งขึ้น เกณฑ์การให้คะแนน (rubric) มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ คือ 1) นักเรียนสามารถใช้เกณฑ์การประเมินเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ของตนเองได้ 2) ใช้เป็นเครื่องมือในการสอนของครู และ 3) ใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งจากวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาเหล่านี้ทั้งหมดล้วนเพื่อใช้พัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนมากกว่าการให้แค่ระดับผลการเรียนของนักเรียน

งานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่ประกอบด้วยสิ่งที่น่าสนใจศึกษาเช่น ขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา การประเมินการแก้ปัญหาทั้งในรูปแบบของแบบสอบ แบบประเมิน มีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อทำให้การประเมินมีความเที่ยงและผลการประเมินน่าเชื่อถือ

ตอนที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยทางการศึกษา

แนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยทางการศึกษาประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 2.1) มโนทัศน์เบื้องต้น 2.2) โมเดลการจำแนกวินิจฉัย 2.3) แนวคิดการประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนในการวินิจฉัย และ 2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) มโนทัศน์เบื้องต้น

ความหมาย

การวินิจฉัย (Diagnosis) เป็นกระบวนการในการค้นหาอุปสรรคหรือข้อบกพร่องในการเรียนรู้

มีการระบุเจาะจง จำแนก แยกแยะ เปรียบเทียบ หรือทดสอบ ถึงความรู้ความเข้าใจ ทักษะ หรือพฤติกรรม มีการแปลความหมายข้อมูลเพื่อนำมาใช้กำหนดสาเหตุที่เป็นปัญหาหรืออาจก่อให้เกิดปัญหา โดยการกำหนดลักษณะ (profile) ของแต่ละบุคคลเทียบกับบรรทัดฐานหรือเกณฑ์ที่ได้รับการยอมรับ เพื่อช่วยในการตัดสินใจโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของสารสนเทศที่ได้ (Baron & Bernard, 1958; Good, 1973; Gregory, 1995; Rupp & Templin, 2008; อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551) มีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสนเทศที่ได้มาใช้ปรับปรุงการเรียนการสอนโดยอาจปรับวิธีการสอน เปลี่ยนลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ส่งผลไปถึงประสบการณ์ของผู้เรียนและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน อย่างไรก็ตามการประเมินการวินิจฉัยมีลักษณะมองย้อนหลังมากกว่าที่จะไปข้างหน้า ประเมินสิ่งที่เรียนรู้แล้ว และ/หรือลักษณะของปัญหาที่ผู้เรียนอาจจะมีซึ่งถ้าไม่ได้มีการวินิจฉัยอาจจะไปจำกัดหรือขัดขวางการเรียนรู้ใหม่ของนักเรียน ซึ่งการประเมินวินิจฉัยมักจะใช้ก่อนที่จะสอนหรือเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นเพราะใช้เป็นกระบวนการในการค้นหา อุปสรรคหรือข้อบกพร่องในการเรียนรู้

จากที่ได้กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าจุดเน้นในการวินิจฉัยสามารถแยกเป็นประเด็นดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการประเมินวินิจฉัย เพื่อค้นหาอุปสรรคหรือข้อบกพร่องทั้งทางด้านความรู้ ทักษะกระบวนการที่ส่งผลในการเรียนรู้ของนักเรียน และนำมาปรับปรุงประสบการณ์และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
2. สิ่งที่จะทำการวินิจฉัย คือ สิ่งที่เป็นปัญหาของนักเรียน ซึ่งสามารถทำการวินิจฉัยได้ทั้งด้านความรู้ (พุทธพิสัย) ทักษะกระบวนการ (ทักษะพิสัย) และพฤติกรรมของนักเรียน
3. วิธีการในการนำมาวินิจฉัย มีหลากหลาย อันได้แก่ การระบุเจาะจง จำแนก เปรียบเทียบลักษณะของนักเรียนแล้วนำมาเปรียบเทียบกันเองหรือเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้
4. ผลที่ได้จากการวินิจฉัย คือ สารสนเทศที่เป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับนักเรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำมาปรับปรุงการเรียนการสอน
5. คุณค่าหรือประโยชน์ของการวินิจฉัย คือ แก้ไขจุดบกพร่องให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้เต็มศักยภาพของตนเอง

วิธีการวินิจฉัย

วิธีการวินิจฉัยที่ให้ข้อมูลสารสนเทศในการวินิจฉัยที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ลักษณะ คือ การวิเคราะห์การตอบสนองของนักเรียน (response analyses) พิจารณาจากการตอบสนองของนักเรียนกับชุดของข้อสอบที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนและการให้สารสนเทศเกี่ยวข้องต่อเนื่อง เกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน และ / หรือความรู้และทักษะในปัจจุบันของนักเรียน การวิเคราะห์การตอบสนองของนักเรียนต่อปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้เพื่อปรับการเรียนการสอน เพื่อให้เป็นเพื่อแก้ไขความ

เข้าใจผิดในปัจจุบันนักเรียน อย่างไรก็ตามสารสนเทศที่จำกัด เกี่ยวกับความผิดพลาดที่มีมาก่อน และข้อผิดพลาดทางด้านการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียน อาจจะแสดงให้รายละเอียดจากการวิเคราะห์เหล่านี้ ซึ่งตรงกันข้ามกับการประเมินวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (cognitive diagnostic) ที่มีศักยภาพในการให้การประเมินจาก กระบวนการทางความรู้ที่มีโครงสร้างบนพื้นฐานของทฤษฎีความรู้ความเข้าใจและสถิติ การสร้างแบบจำลองของรูปแบบการตอบสนอง สารสนเทศเหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อให้สารสนเทศทางการเรียนการสอนที่มีคุณค่า ที่จำเป็นในการออกแบบโปรแกรมการเรียนการสอนซ่อมเสริมหรือ การแทรกแซงในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดดังนี้ (Ketterlin Leanne R., 2009)

(1) การวิเคราะห์การตอบสนอง (response analysis)

เทคนิคของการวิเคราะห์การตอบสนองต่อคำตอบมี 2 เทคนิค คือ การวิเคราะห์ทักษะ (skill analysis) และการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (error analysis) ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะแตกต่างกันจุดเน้นและการนำไปใช้ ในทั้งสองกรณีเป็นการวิเคราะห์เฉพาะประเภทของรายการที่ได้รับการออกแบบเพื่อช่วยในการจำแนกวินิจฉัย ดังมีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์ทักษะ (skills analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่การมุ่งเน้นไปที่จุดแข็งและผลในการประเมิน จากระดับที่เกิดจากการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจงครอบคลุมทักษะย่อยของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (error analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่มุ่งเน้นไปที่จุดอ่อนและช่วยให้ครูผู้สอน จำแนกความผิดพลาดของนักเรียน การวิเคราะห์ความผิดพลาดนี้เป็นกระบวนการของการตรวจสอบ เพื่อระบุรูปแบบของการเข้าใจผิดของนักเรียน ซึ่งข้อผิดพลาดที่ได้แบ่งเป็น 2 หมวดหมู่ คือ slips (เป็นความผิดพลาดอย่างสุ่ม เกี่ยวกับความรู้ กระบวนการหรือขั้นตอนของนักเรียน ซึ่งไม่ได้เป็นผลมากจากความเข้าใจผิดที่มีมาก่อน) และ bugs (เป็นความผิดพลาดเกี่ยวกับตัวแทนของความเข้าใจที่ผิดเกี่ยวกับความรู้ หรือทักษะเฉพาะอย่าง ที่ขัดขวางการแสดงออกในความสามารถของนักเรียน เช่น การดำเนินการผิดในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การใช้การดำเนินการไม่เหมาะสม บกพร่องในลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา เป็นต้น) ซึ่งโดยทั่วไปทางการประเมินเพื่อวินิจฉัยจะให้การสนใจความผิดพลาดประเภทนี้ หรืออาจเรียกว่า การวินิจฉัยข้อบกพร่องจากแบบแผนการตอบ (Item score response pattern หรือ Item score response pattern)

การวินิจฉัยข้อบกพร่องจากแบบแผนการตอบที่สามารถระบุจุดเด่น จุดด้อย และสาเหตุของความบกพร่องของผู้เรียนแต่ละคนได้อย่างชัดเจนโดยนำคำตอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับแบบแผนการตอบที่สร้างขึ้น โดยได้มาจากการพัฒนาตัวบ่งชี้ความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบ โดยการเทียบผลการตอบข้อสอบของนักเรียนกับแบบแผนคะแนนการตอบที่มี

ลักษณะเป็นกัตแมนสมบูรณ์ (perfect Guttman) หากแบบแผนการตอบของผู้สอบแตกต่างจากแบบแผนคะแนนการตอบที่มีลักษณะเป็นกัตแมนสมบูรณ์เพียงใด ก็แสดงว่ามีความผิดปกติของแบบแผนคะแนนการตอบมากเพียงนั้น

(2) การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา (cognitive diagnostic)

เป็นวิธีการวินิจฉัยที่มีวัตถุประสงค์ที่จะให้ข้อเสนอแนะการวินิจฉัยแบบก้าวหน้า ผ่านการรายงานที่ละเอียดของผู้เรียนที่มีโปรไฟล์การเรียนรู้ ทักษะใช้ในการวินิจฉัยสำหรับการเรียนการสอน การตัดสินใจต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปแบบของการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียน การวินิจฉัยทางพุทธิปัญญา เป็นการกำหนดคุณลักษณะทางพุทธิพิสัย วิธีการนี้ได้รวมทฤษฎีของความรู้กับแบบจำลองทางสถิติเพื่อให้การหาข้อสรุปเกี่ยวกับสถานะการรอบรู้ของนักเรียนสำหรับทักษะที่ผ่านการทดสอบทักษะการเรียนรู้หรือคุณลักษณะจะอ้างสรุปไปถึง กระบวนการและกลยุทธ์ที่ผู้สอบใช้ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง โปรไฟล์ของผู้สอบได้สรุปสมรรถนะของผู้เรียนในทักษะที่ผ่านการทดสอบ

จะพบว่าวิธีการวินิจฉัยมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการหาข้อบกพร่องเพียงจากแบบแผนการตอบข้อสอบ หรือต้องการหาข้อบกพร่องจากรูปแบบการเรียนรู้ซึ่งอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะทางพุทธิพิสัยของสิ่งที่ต้องการวินิจฉัยที่จะทำให้ผลที่ได้จากการวินิจฉัยเกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

2.2) โมเดลการจำแนกวินิจฉัย

โมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Diagnostic classification models; DCMs) หรือที่เรียกว่าโมเดลการวินิจฉัยแบบพุทธิปัญญา (cognitive diagnostic models; CDMs) พัฒนาขึ้นโดย Rupp และ Templin (2008) เป็นโมเดลที่ใช้อธิบายถึงสาเหตุของการตอบสนองข้อสอบหรือพฤติกรรมที่สังเกตได้ที่ได้มาจากผู้สอบ ซึ่งการที่ผู้สอบจะสามารถตอบหรือแสดงพฤติกรรมใดได้นั้นถูกต้องใช้หรือมีคุณลักษณะใด หรือกล่าวว่า เป็นโมเดลที่การตัดสินใจได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมที่สังเกตได้กับคุณลักษณะที่ต้องมีประจำข้อสอบแต่ละข้อหรือพฤติกรรมแต่ละพฤติกรรมที่แสดงออก ซึ่งในโมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะมีโมเดลย่อย 2 ส่วน คือ โมเดลการวัด (Measurement Model) ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีตอบแบบสอบที่มีโปรไฟล์วินิจฉัยแตกต่างกันดำเนินการบนชุดของแบบสอบวินิจฉัย และโมเดลเชิงโครงสร้าง (Structural Model) ที่ช่วยตรวจสอบความน่าเชื่อถือของโปรไฟล์วินิจฉัยจากแบบสอบที่สังเกตได้ ได้รับการสนับสนุนจากนักจิตวิทยา ว่าเป็นทางเลือกในการสร้างแบบจำลองที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการตอบสนองในสถานการณ์ที่เป็นการจำแนกแบบหลายตัวแปรของผู้ตอบแบบสอบที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานของคุณลักษณะหรือตัวแปรแฝงที่มี

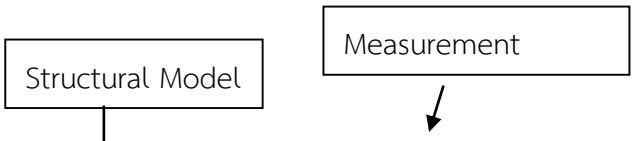
ลักษณะเป็นพหุมิติเพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจวินิจฉัยที่ละเอียด ดังนั้นจะกล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับโมเดลการจำแนกวินิจฉัย ดังนี้

(1) มโนทัศน์เบื้องต้นเกี่ยวกับโมเดลการจำแนกวินิจฉัย

โมเดลการจำแนกวินิจฉัยสามารถนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับธรรมชาติของกระบวนการตอบสนองของผู้ตอบกับรายการการประเมินข้อสอบ หรือแบบสอบถามที่แม่นยำ กล่าวได้ว่าเป็นแนวโน้มปัจจุบันในการประเมินผลการศึกษา ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของจิตที่มีส่วนร่วมในกระบวนการของการตอบสนองและลักษณะที่องค์ประกอบเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์ได้ในกรณีนี้ของบริบทการประเมินการศึกษาเป็นที่เชื่อกันทั่วไปว่าการระบุองค์ประกอบทางจิตเหล่านี้จะช่วยในการระบุเส้นทางการเรียนรู้ การซ่อมเสริมที่มีต่อกับองค์ประกอบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนและมีความหมายทางการศึกษากับผู้ตอบ (DiBello, Stout, & Roussos, 1995)

โมเดลการจำแนกวินิจฉัยเป็นโมเดลที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็นของตัวแปรแฝงเชิงยืนยันด้วย loading structure อย่างง่ายหรือซับซ้อน ที่เหมาะกับการสร้างแบบจำลองของตัวแปรแบบจัดประเภท (ตัวแปรที่ไม่ใช่ตัวแปรต่อเนื่อง) ทั้งที่สามารถสังเกตได้หรือเป็นตัวแปรแฝงไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยมีการแปลผลเทียบกับเกณฑ์ที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับการวินิจฉัยที่ละเอียดบนพื้นฐานของทฤษฎี การประมวลผลการตอบสนอง (response processing) โมเดลนี้จะให้การเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างตัวแปรแฝงแบบจัดประเภท ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงกับข้อมูลที่รวบรวมจากการตอบที่สังเกตได้ของผู้ตอบแต่ละคน ผู้ตอบจะถูกให้รายละเอียดความน่าจะเป็นที่จะบ่งชี้ว่าพวกเขามีคุณลักษณะตามเกณฑ์การวินิจฉัยตามลักษณะแฝงเพียง 1 ลักษณะ หรือมากกว่า

ลักษณะของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะเป็น โมเดลที่กำหนดความน่าจะเป็นของเวคเตอร์ (Xi) การตอบสนองที่สังเกตได้ จากผู้ตอบคนที่ r โดย η_c คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบจะมาจาก class c (c = 1,2,3,...,C) π คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบที่มาจาก class c จะตอบถูกในข้อที่ I (i = 1,2 ,...,I) ดังสมการ

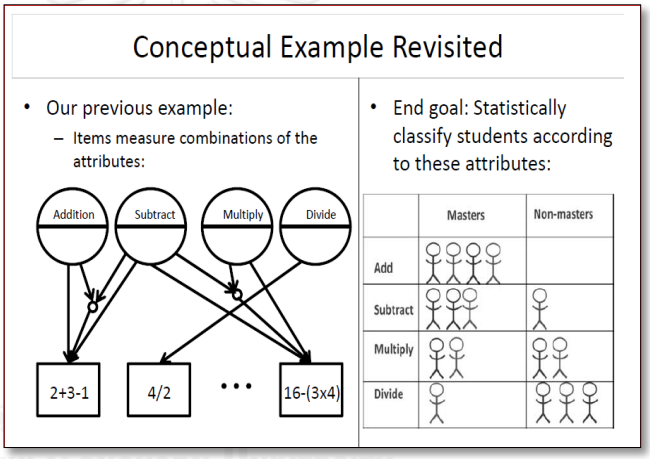


$$P(X_i) = \sum_{c=1}^{C} \eta_c \prod_{i=1}^{I} \pi_{ic}^{X_{ri}} (1-\pi_{ic})^{(1-X_{ri})}$$

- Structural Model กล่าวถึงในส่วนของสารสนเทศจากผู้ตอบที่เกี่ยวข้องกับสัดส่วนของผู้ตอบด้วยการวินิจฉัยเทียบกับประชากร รวมถึงความสัมพันธ์กันระหว่างคุณลักษณะ (attributes) ที่จะวินิจฉัย

- Measurement Model กล่าวถึงในส่วนที่เป็นพารามิเตอร์ของข้อสอบซึ่งจะช่วยกำหนดลักษณะของข้อสอบที่จะใช้จำแนกผู้ตอบด้วย Diagnostic Profiles

ลักษณะสำคัญของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยที่เป็นโมเดลในการใช้จำแนกคนเป็นหมวดหมู่ (รอบรู้/ไม่รอบรู้) เกี่ยวข้องกับการจำแนกคุณลักษณะหรือตัวแปรแฝง จะเป็นโมเดลที่เชื่อมโยงโดยตรงระหว่างพฤติกรรมและคุณลักษณะที่แยกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งพฤติกรรมที่ใช้ คือ คำตอบที่ได้จาก การตอบของผู้สอบ โมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะให้การเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างตัวแปรแฝงแบบจัดประเภทที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงกับข้อมูลที่รวบรวมจากการตอบที่สังเกตได้ของผู้ตอบแต่ละคน ผู้ตอบจะถูกให้รายละเอียดความน่าจะเป็นที่จะบ่งชี้ว่าพวกเขามีคุณลักษณะตามเกณฑ์การวินิจฉัยตามลักษณะแฝงเพียง 1 ลักษณะ หรือมากกว่านั้น นอกจานี้อาจใช้เชื่อมโยงกับพฤติกรรมที่สังเกตได้ หรืออาจเป็นการปฏิบัติ ดังจะแสดงให้เห็นจากตัวอย่างของโครงสร้างและแนวคิดการใช้โมเดลการจำแนกวินิจฉัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแนวคิดตามแนวการใช้โมเดลการจำแนกวินิจฉัย

ที่มา : Templin และ Bradshaw. (2013)

(2) การเปรียบเทียบโมเดลการจำแนกวินิจฉัยและโมเดลตัวแปรแฝงประเภทอื่น

จากนิยามที่ได้เสนอในข้างต้นของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยสามารถถูกไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบ โมเดลการจำแนกวินิจฉัย กับโมเดลตัวแปรแฝงประเภทอื่น ๆ ที่คุ้นเคยโดยเฉพาะ ลักษณะสำคัญของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของโมเดลที่เป็นแบบพหุมิติ

เนื่องจากว่าโมเดลการจำแนกวินิจฉัย จะประกอบด้วยพหุตัวแปรแฝง ซึ่งการจัดทำดัชนีแต่ละคนจากสมมติฐาน จำนวนของตัวแปรแฝงจะขึ้นอยู่กับจำนวนทักษะที่นักวิจัยหวังว่าจะเป็นตัวเลขที่เชื่อถือได้ในการแยกลักษณะด้วยการวินิจฉัย เช่นเดียวกับโมเดลพหุมิติแบบอื่น ๆ จำนวนทักษะที่มี

ขนาดใหญ่กว่าจะมีความท้าทายในการแยกให้ชัดเจนมากกว่าทักษะที่มีขนาดเล็ก นอกจากการรวมตัวกันอย่างง่าย ๆ ของพหุตัวแปรแฝงที่อยู่ในระดับเดียวกันแล้ว สำหรับตัวแปรแฝงแบบลำดับขั้นก็ได้ถูกนำเสนอคล้ายกับโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบแบบลำดับขั้น และ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบลำดับขั้นอีกด้วย

2. ความซับซ้อนของ structure loading

ในโมเดลของการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันและในโมเดลการตอบสนองข้อสอบจะมี structure loading อย่างง่าย ๆ ที่ไม่ซับซ้อน ในลักษณะที่ข้อสอบแต่ละข้อจะโหลดอยู่บนมิติใดมิติหนึ่งเพียงมิติเดียว ซึ่งในมิตินี้จะเป็นตัวแทนที่ไม่ค่อยละเอียดในการใช้อธิบายลักษณะหรือโครงสร้างของการประเมิน ซึ่งมีโอกาสที่จะเป็นไปได้ในการชี้แนะผู้พัฒนาข้อสอบให้เขียนข้อสอบให้มีเพียงมิติเดียว แต่ในทางกลับกัน โมเดลการจำแนกวินิจฉัยสามารถนำไปใช้กับตัวแปรแฝงที่มีลักษณะที่ไม่กว้างมี structure loading อย่างง่าย ทักษะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตอบสนองเพื่อที่ข้อสอบจะกำหนดทักษะองค์ประกอบแบบพหุมิติ การนำไปสู่การมีโครงสร้างที่ซับซ้อนที่รู้จักกันใน Within - item multidimensionality จะถูกอ้างในรูปแถวของ เมทริกซ์ Q ซึ่งจะทำให้โมเดลการจำแนกวินิจฉัยมีโครงสร้างคล้ายกับโมเดลในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ นอกจากนี้โมเดลการจำแนกวินิจฉัยนี้เหมาะกับที่จะนำมาใช้กับการวินิจฉัยคุณลักษณะที่มี structure loading ที่มีความซับซ้อนและการจัดประเภทผู้ตอบ

3. ประเภทที่เหมาะสมที่ใช้เป็นตัวแปรการตอบสนองที่สามารถสังเกตได้

มีโมเดลการจำแนกวินิจฉัยหลายลักษณะที่ออกแบบเพื่อใช้กับข้อสอบทั้งแบบประเภทที่มีคำตอบ 2 แบบ (dichotomous response) และข้อสอบแบบให้ตอบได้หลายคำตอบ (polytomous response) และบางโมเดลก็สามารถใช้ได้เพียงกับข้อสอบประเภทให้คะแนนแบบ 2 ค่า เท่านั้นในมุมมองนี้โมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะมีความคล้ายคลึงกับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบดั้งเดิมหรือโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบที่ใช้ tetrachoric หรือ polychoric correlation matrices ซึ่งโมเดลนี้มีวิธีที่เป็นทางเลือกที่หลากหลายสำหรับนำมาใช้กับข้อสอบแบบให้คะแนนแบบหลายค่า ซึ่งถูกวางแผนไว้สำหรับโมเดลการจำแนกวินิจฉัยบางโมเดล เช่น โมเดล reduced noncompensatory reparameterized unified model (reduced NC-RUM) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ประโยชน์จากคะแนนสูตรความน่าจะเป็นสะสม (cumulative score probability formulation) และอีกวิธีหนึ่งที่ใช้รูปแบบทวินาม (binomial model) (Henson,Templin, & Porch, 2004; Templin et al., 2003) ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกใช้โมเดลเพื่อนำไปใช้จำแนกประเภทให้เหมาะสมกับลักษณะของตัวแปรแฝงที่ต้องการจำแนก

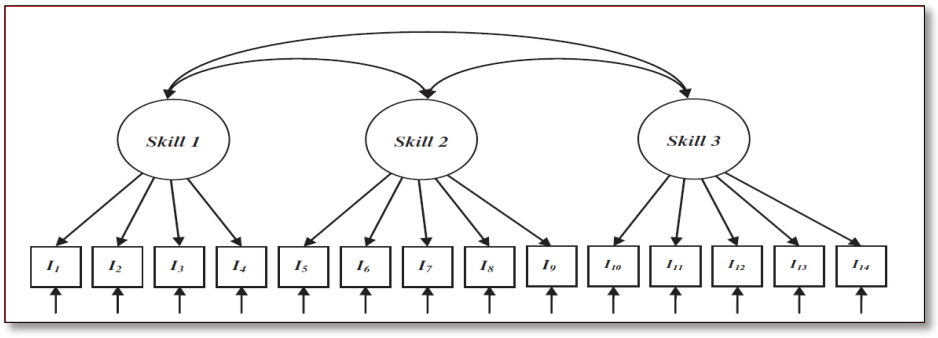
4. ชนิดของตัวแปรแฝงที่มีในโมเดล

โมเดลการจำแนกวินิจฉัยส่วนใหญ่จะประมาณค่าเพียงแค่ตัวแปรแฝงแบบทวิลักษณะ (dichotomous latent variables) เช่น การใช้โปรแกรมซอฟแวร์ MDLTM ที่ใช้สำหรับโมเดลการวินิจฉัยแบบทั่วไป (General diagnostic model : GDM) และโปรแกรมซอฟแวร์ Arpeggio ที่ใช้สำหรับ full NC-RUM ซึ่งใช้ได้ทั้งกับตัวแปรแฝงแบบทวิลักษณะ และแบบพหุลักษณะ (Templin, Roussos &Stout, 2003) ดังนั้นการจัดประเภทของผู้สอบในหมวดหมู่ของการปฏิบัติที่มีหลายลักษณะ เช่น ผลการปฏิบัติไม่เพียงพอ ผลการปฏิบัติเพียงพอ หรือ ผลการปฏิบัติดีเด่น ก็สามารถใช้กับโมเดลนี้ได้

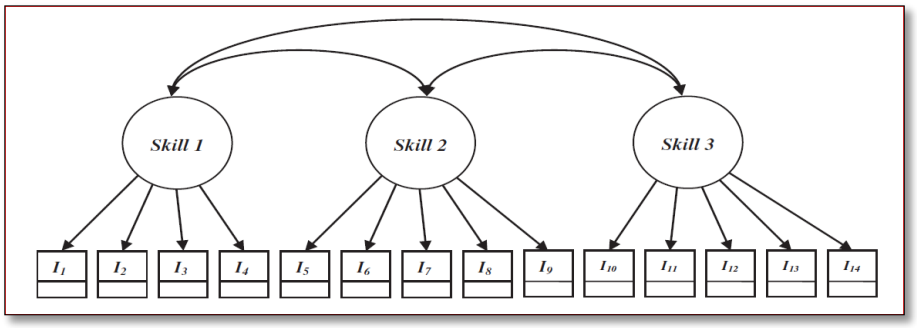
5. ลักษณะของการปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรแฝง

การปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงกับการสร้างการตอบสนองที่สังเกตได้ใช้แนวคิดกฎการรวมตัว (condensation rule) เป็นตัวกำหนดวิธีการที่การตอบสนองของตัวแปรแฝงแต่ละตัวว่าจะรวมกันเพื่อสร้างการตอบสนองที่สังเกตได้ มีโมเดลตัวแปรที่ทดแทนกันได้ ซึ่งหมายความว่าผู้ตอบแบบสอบสามารถที่จะถูกชดเชยผลการสอบที่ด้อยในหนึ่งทักษะด้วยทักษะอื่น ๆ ที่สูงกว่าได้ ในทางตรงกันข้ามโมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะมีการรวมของทั้งโมเดลที่สามารถทดแทนกันได้ (compensatory models) และโมเดลที่ไม่สามารถทดแทนกันได้ (noncompensatory models) แม้ว่า โมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะใช้กับตัวแปรแฝงที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีการเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงต่าง ๆ ที่อยู่ใน 3 โมเดล ซึ่งเป็นโมเดลแบบ 3 มิติระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ และ โมเดลการจำแนกวินิจฉัย ดังภาพที่ 2

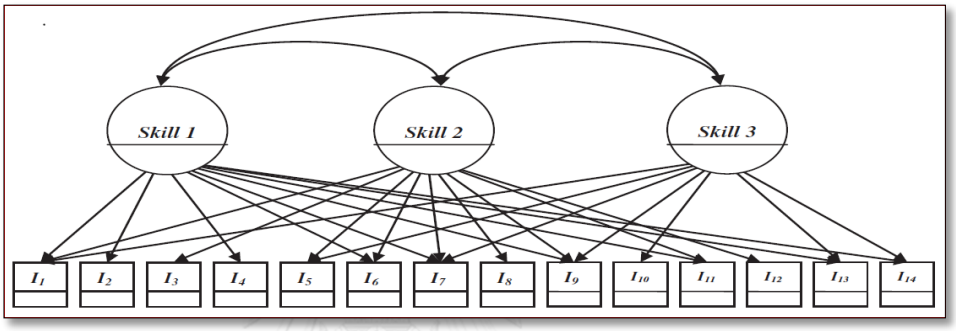
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



โมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบแบบ 3 มิติ ด้วย Simple Loading Structure



โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 มิติ ด้วย Simple Loading Structure



โมเดลการจำแนกวินิจฉัยแบบ 3 มิติ ด้วย Complex Loading Structure

ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบโมเดล ซึ่งเป็นโมเดลแบบ 3 มิติระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ และ โมเดลการจำแนกวินิจฉัย
ที่มา : Rupp และTemplin (2008)

จากภาพข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบโมเดลแบบพหุมิติที่ทดแทนกันได้ในแต่ละมิติของโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ และ โมเดลการจำแนกวินิจฉัยที่มี 3 มิติ (3ทักษะ) ซึ่งแทนด้วยรูปวงกลม จากข้อสอบจำนวน 14 ข้อ ซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรที่สังเกตได้ใช้สัญลักษณ์สี่เหลี่ยม ลูกศรสองทางที่ชี้ระหว่างทักษะแฝงแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างทักษะ(ตัวแปรแฝง) เหล่านั้น ส่วนลูกศรที่มีทิศทางเดียวจากตัวแปรแฝงที่ชี้ไปยังตัวแปรที่สังเกตได้แสดงถึงค่า loading ที่ร่วมกันและมีค่าเป็น 1 ในเมทริกซ์ Q การชี้ลูกศรไปยังรูปสี่เหลี่ยมในโมเดลแรกนั้นแสดงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัด เส้นตามขวางในรูปสี่เหลี่ยมของโมเดลที่ 2 และโมเดลที่ 3 แสดงถึง latent thresholds (เช่น ตัวแปรที่สังเกตได้แบบ 2 ค่า : binary observed variables) เส้นขวางในรูปวงกลมของโมเดลที่ 3 ชี้ถึง latent thresholds เช่นกัน (เช่น ทักษะที่เป็นตัวแปรแบบ 2 ค่า : binary latent skill variables) จากที่กล่าวมาจะเห็นความแตกต่างที่สำคัญระหว่างโมเดลกา

รวิเคระห์ตัวประกอบ โมเดล การตอบสนองข้อสอบ และ โมเดลการจำแนกวินิจฉัย คือ ลักษณะของตัวแปร โดย ใน 2โมเดลแรกจะใช้กับตัวแปรแฝงที่มีค่าต่อเนื่อง ส่วนโมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะใช้กับตัวแปรแฝงแบบจัดประเภทและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ในโมเดล

6. การแปลผลโดยใช้เกณฑ์อ้างอิง

โมเดลการจำแนกวินิจฉัยเป็นโมเดลทางสถิติที่ใช้สำหรับการแปลผลโดยใช้เกณฑ์อ้างอิงแบบพหุ การเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างอย่างกว้าง ๆ ของโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบแบบพหุ โมเดลการตอบสนองข้อสอบด้วยตัวแปรที่ใช้ต้องเป็นตัวแปรต่อเนื่อง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการแปลผลโดยอ้างอิงกับเกณฑ์ปกติ กรณีที่ง่ายที่สุดของการใช้การแปลผลโดยใช้เกณฑ์อ้างอิงคือ กรณีที่การวัดเป็นแบบเอกมิติที่ประกอบด้วยคะแนนจุดตัด (cut-point) ก็จะสามารถแบ่งตัวแปรออกเป็น 2 ประเภทที่ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน (เช่น ประเภทรอบรู้ / ไม่รอบรู้) แต่อย่างไรก็ตามการพัฒนาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินโดยใช้มาตรฐานเป็นเกณฑ์หรือการประเมินแบบ large-scale โดยมีการขยายคะแนนจุดตัดออกเป็นหลาย ๆ ช่วง (เช่น ต่ำกว่ามาตรฐาน พอดีกับมาตรฐาน และ เกินกว่ามาตรฐาน) โดย scale ที่ได้สร้างขึ้นผ่าน วิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบ หรือ วิธีการใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ การจัดประเภทที่มีการแบ่งเป็นหลายระดับนี้มิติของบุคคลจะถูกแยกผ่านทางการแยกประเภทของตัวแปรแฝงแบบหลายค่า ใน โมเดลการจำแนกวินิจฉัย ดังนั้นการแปลผลที่ใช้เกณฑ์อ้างอิงแบบพหุ มีความเป็นไปได้ในโมเดลการจำแนกวินิจฉัยอยู่ 2 นัยด้วยกัน โดยนัยแรกคือคะแนนจุดตัดแบบพหุลักษณะ (multiple cut-point) ที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับแต่ละมิติในโมเดลการจำแนกวินิจฉัยที่ประกอบด้วยตัวแปรแฝงแบบหลายค่า ส่วนอีกนัยหนึ่งในแต่ละมิติโดยจะประกอบด้วยตัวแปรแฝงแบบจัดประเภทแบบพหุมิติที่เป็นตัวแทนของทักษะต่าง ๆ เช่น การจัดแบ่งประเภทผู้สอบที่นำไปสู่การแปลผลของการจัดประเภทนี้ด้วยการอ้างอิงไปยังเกณฑ์ที่มีหลายเกณฑ์

7. แนวคิดเกี่ยวกับการอธิบายพฤติกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์เพื่อวินิจฉัยเกี่ยวกับพฤติกรรมจากการใช้เกณฑ์อ้างอิงกระบวนการในการตัดสินเชิงวินิจฉัยประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการจำแนกมีวัตถุประสงค์ที่จะระบุสิ่งที่เป็นปัญหาที่สำคัญและนำไปปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหา (treatment) ให้ประสบผลสำเร็จในผู้เรียนแต่ละคน การประเมินวินิจฉัยนั้นจะให้สารสนเทศที่ละเอียดในการะบุปัญหาที่เจาะจง เป็นเครื่องมือที่แม่นยำที่จะศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ผลที่ตามมาของการวินิจฉัยจะใช้การแทรกแซงเพื่อแก้ไขปัญหาที่เพื่อจะใช้ช่วยเหลือให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลด้วยการวินิจฉัยที่

อนุกรมวิธานของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย

เพื่อที่จะแยกความแตกต่างอย่างกว้าง ๆ ของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยหลัก ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์เพื่อร่วมกันพิจารณา จากลักษณะ 3 ลักษณะ ที่จะเป็นตัวกำหนดการเลือกโมเดลมาใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะที่ต้องการวินิจฉัย ประกอบด้วย 1) สเกลการวัดของตัวแปรการตอบสนองที่

สังเกต ซึ่งตัวแปรที่นำมาสร้างโมเดล (Observed response variables : dichotomous กับ polytomous) 2) สเกลการวัดของตัวแปรแฝง (latent predictor variables : dichotomous กับ polytomous) และ 3) ลักษณะรวมกันของตัวแปรแฝง (compensatory non-compensatory) ซึ่งจากลักษณะที่กล่าวมานั้นนำไปสู่กับจำแนกประเภท สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อนุกรมวิธานของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Rupp and Templin, 2008)

ตัวแปรการตอบสนองที่สังเกตได้	ตัวแปรแฝง		ชนิดของโมเดล
	Dichotomous	Polytomous	
Dichotomous	RSM AHM DINA HO-DINA MS-DINA NIDA BIN MCLCM NC-RUM RERUM	 BIN MCLCM NC-RUM	Noncompensatory
Dichotomous	DINO NIDO BIN MCLCM C-RUM GDM LCDM	 BIN MCLCM C-RUM GDM LCDM	Compensatory

ตารางที่ 1 อนุกรมวิธานของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Rupp and Templin, 2008) (ต่อ)

ตัวแปรการตอบสนองที่สังเกตได้	ตัวแปรแฝง		ชนิดของโมเดล
	Dichotomous	Polytomous	
Polytomous	RSM AHM BIN MCLCM NC-RUM	BIN MCLCM NC-RUM	Noncompensatory
Polytomous	BIN MCLCM C-RUM GDM LCDM	BIN MCLCM C-RUM GDM LCDM	Compensatory

หมายเหตุ : RSM = Rule-space method. AHM = Skill hierarchy method. BIN = Bayesian inference network. DINA = Deterministic inputs, noisy 'and' gate. HO-DINA = Higherorder DINA. MS-DINA = Multi-strategy DINA. LCDM = Loglinear Cognitive Diagnosis Model. DINO = Deterministic inputs, noisy 'or' gate. NIDA=Noisy inputs, deterministic 'and' gate. NIDO = Noisy inputs, deterministic 'or' gate. RUM = Reparametrized unified model / Fusion model. C-RUM = Compensatory RUM. NC-RUM = Non-compensatory RUM. GDM = General diagnostic model. LCDM = Loglinear cognitive diagnosis model.
MCLCM = Multiple classification latent class model.

สิ่งที่น่าสังเกตเกี่ยวกับตารางที่ 1 ประการแรกคือ โมเดลการจำแนกวินิจฉัยจำนวนมากสามารถนำไปใช้ได้สำหรับการตอบสนองที่มีการให้คะแนนแบบทวิลักษณะ (dichotomously) ประการที่สองคือ C-RUM, NC-RUM , LCDM และ GDM จะปรากฏในทุกช่องของตาราง แสดงให้เห็นว่าโมเดลเหล่านี้มีความยืดหยุ่นอย่างมากที่จะนำใช้ในการจำแนกวินิจฉัย เพราะโมเดลเหล่านี้เป็นพารามิเตอร์สำหรับข้อมูลแบบทั้ง dichotomous และ polytomous และจะเห็นว่า LCDM และ GDM สามารถมองเห็นได้โดยทั่วไปว่าเป็นตัวแทนของรูปแบบโมเดลที่เป็นแบบ Compensatory ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากข้อจำกัดที่วางอยู่บนพารามิเตอร์ในโมเดล ประการที่สาม MCLCM และ BIN จะปรากฏอยู่ในทุกช่องของตารางเพราะเป็นโมเดลที่เป็นตัวแทนการสร้างแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่นมาก เนื่องจากเป็นโมเดลที่สามารถรองรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงของประเภทที่แตกต่างกันได้ทั้งโมเดลแบบ Compensatory และ noncompensatory ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากตารางอนุกรมวิธานของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยจะเห็นว่าลักษณะของตัวแปรที่จะทำการจำแนกประเภทควรต้องเลือกโมเดลเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบเพื่อสร้างโมเดลที่จะนำมาใช้ในการจำแนกวินิจฉัยให้เหมาะกับลักษณะตัวแปรการตอบสนองที่สังเกตได้ ตัวแปรแฝง และลักษณะที่ตัวแปรแฝงจะร่วมกัน

2.3) แนวคิดการประยุกต์ใช้โมเดลเครือข่ายเบย์เซียนในการวินิจฉัย

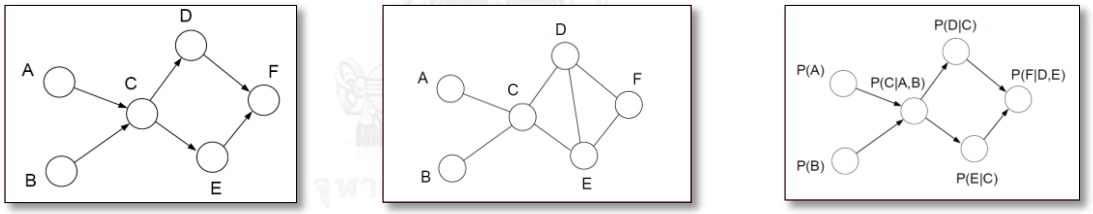
โมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนหรือเบย์ (Model Diagnostics for Bayesian Networks or Bayesian Inference Networks; BNs or BINs)

ผู้ใช้ผลการประเมินทางการศึกษามีความต้องการที่มากกว่าค่าทางสถิติที่สรุปถึงความสามารถของผู้ตอบเพียงอย่างเดียว แต่ต้องการที่จะดูรายละเอียดที่เป็นลักษณะที่แสดงถึงความหลากหลายของความรู้ ทักษะ และความสามารถของผู้ตอบหรือผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งเทคนิคสำหรับการให้คะแนนลักษณะนี้คือการใช้โมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน หรือเครือข่ายการอนุมานแบบเบย์เซียน (Bayesian Networks or Bayesian Inference Networks ; BINs or BNs)

เครือข่ายเบย์เซียนเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการประเมินโดยใช้แบบสอบซึ่งโมเดลจะแสดงให้เห็นว่าในการแก้ปัญหาข้อสอบแต่ละข้อต้องใช้ทักษะใดบ้างและใช้กี่ทักษะ ตัวแปรที่อยู่ในเครือข่ายเบย์เซียนจะเป็นระดับที่แบ่งแยกให้ขาดจากกัน(ตัวแปรแบบจัดประเภท)ที่นำมาใช้ระบุระดับความสามารถของผู้สอบ แนวคิดของเครือข่ายเบย์เซียน หรือ รู้จักกันดีในชื่อของ เครือข่ายการอนุมานแบบเบย์เซียนมีจุดเริ่มต้นมาจากทฤษฎีโมเดลกราฟิก (graphical model) ขั้นตอนต่อไปในคือ การอธิบายรูปแบบความน่าจะเป็นสำหรับการตอบสนองข้อสอบจากผู้สอบกับข้อสอบแต่ละข้อที่ขึ้นอยู่กับความสามารถจากทักษะของผู้ตอบที่ต้องใช้ในการแก้ข้อสอบข้อนั้น ๆ โมเดลที่ถูกกำหนดให้เป็น Directed Acyclic Graph ซึ่งในแต่ละโหนด (node) หมายถึงตัวแปรสุ่ม ซึ่งอาจเป็นตัวแปรทั้งแบบ dichotomous หรือ polytomous นักสถิติ ให้ความเห็นว่า เครือข่ายเบย์เซียนเป็นแบบจำลอง

ทางสถิติที่อธิบายถึงจำนวนของตัวแปรสังเกตได้จากกระบวนการด้วยความช่วยเหลือของตัวแปรแฝง (หรือ unobserved) ที่เป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (discreat) ในบริบทของการประเมินผลการศึกษา เครือข่ายเบย์เซียนมีความเหมาะสมเมื่อการวิเคราะห์ภาระงานของการประเมินแสดงให้เห็นว่าผู้สอบควรจะต้องมีจำนวนทักษะอย่างน้อยระดับหนึ่ง ตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตได้ (หรือตัวแปรแฝง) แทนระดับของทักษะในการสอบของผู้สอบที่มีผลต่อการกระจายความน่าจะเป็นของการตอบสนองที่สังเกตใน เครือข่ายเบย์ ซึ่งจะเรียกแบบนี้ก็เพราะว่าพวกเขาใช้กฎของเบย์เซียนในการอนุมาน

โมเดลกราฟิก (graphical model) ในเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการรวมกันระหว่างทฤษฎีกราฟ (หรือ โมเดลกราฟิก) และทฤษฎีความน่าจะเป็น โมเดลนี้ใช้ในการนำมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นเครือข่ายและรูปแบบเครือข่ายที่ใช้ที่เกี่ยวข้อง มุ่งเน้นไปที่ความเป็นอิสระตามเงื่อนไขและปัญหาการคำนวณ โมเดลกราฟิกประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ directed graph และ undirected graph น้ำหนักในเครือข่ายยืนยันเกี่ยวกับการวินิจฉัยระดับ local (เป็นระดับการวินิจฉัยที่ทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนของการดำเนินการแก้ปัญหา)ความสัมพันธ์ระหว่างโหนดข้างเคียง (โหนดใช้แทนตัวแปรแฝง) ซึ่งในภาพที่ 3 จะเป็นการแสดงให้เห็นถึงโมเดลกราฟิกและการเชื่อมโยงของความน่าจะเป็นของโหนดที่อยู่ในเครือข่าย



ภาพที่ 3 directed graph (ซ้าย) undirected graph (กลาง) และ การเชื่อมโยงความน่าจะเป็นเงื่อนไขที่มีแต่ละโหนด (ขวา)

ที่มา : Jordan , M. I. (1997)

พิจารณาการประเมินหนึ่งที่มีจำนวนผู้สอบ i มีข้อสอบจำนวน j และสมมติว่า X_{ij} หมายถึงการตอบสนองของผู้สอบคนที่ i ต่อข้อสอบข้อที่ j โดยทั่วไป X_{ij} เป็นเวกเตอร์ที่มีค่าเชิงปริมาณ นั่นคือ "ภาระงาน" เดียวอาจประกอบด้วยข้อสอบหลายข้อ อาจมีผลแบบ polytomous ได้เช่นกันแต่ในที่นี้ข้อสอบที่สร้างขึ้นมักนิยมเป็นแบบ dichotomous ซึ่งจะมีค่าเป็น 1 เมื่อการตอบสนองที่ถูกต้องและมีค่าเป็น 0 ถ้ามันไม่ถูกต้อง ถ้ากำหนดให้เวกเตอร์ของตัวแปรทักษะหรือความสามารถของผู้สอบ $\theta_i = (\theta_{i1}, \theta_{i2}, \ldots, \theta_{ip})'$, θ_{ik} แสดงถึงระดับความสามารถของผู้สอบสำหรับการสอบความสามารถหรือทักษะ k และเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ของข้อสอบสำหรับข้อสอบข้อที่ j คือ $\pi_i = (\pi_{j1}, \pi_{j2},$

... , π_{jm})′ เพื่อดำเนินการวิเคราะห์แบบเบยส์ของเครือข่ายเบย์เซียน พิจารณาสมการแสดงความน่าจะเป็นต่อไปนี้

$$p = \left(x_{ij}=1 \middle| \theta_i, \pi_j\right) = \begin{cases} \pi_{j1} \text{ ถ้าผู้สอบคนที่ i มีทักษะที่จำเป็นในการทำข้อสอบข้อที่ j} \\ \pi_{j0} \text{ ถ้าเป็นแบบอื่น} \end{cases} \quad (1)$$

เครือข่ายเบย์เซียนเป็นเครื่องมือสำหรับการหาเหตุผลภายใต้ความไม่แน่นอน(Uncertainty) เครือข่ายเบย์เซียนมีคุณสมบัติเป็น Directed Acyclic Graph (DAG) มีโหนดเป็นตัวแปรแบบสุ่มและเส้นเชื่อมระหว่างโหนดต้องเป็นอิสระ การที่จะหาค่า Condition Probability Distribution ของแต่ละโหนดในเครือข่ายเบย์เซียนต้องรู้ค่าความน่าจะเป็นจากแต่ละโหนดในเครือข่ายที่กำหนดให้ เรามักจะต้องการทราบว่า Joint Probability ของตัวแปรทั้งหมดเมื่อกำหนดค่าของแต่ละโหนด การหาค่า Joint Probability ของตัวแปรทั้งหมดในเครือข่ายเบย์เซียนสามารถคำนวณได้จากChaining Rule (สมพล สุนัยรัตนาภรณ์, 2551) ต่อไปนี้

$$p\left(X_i = x_1,...,x_n\right) = \prod_{i=1}^{n} p\left(X_i = x_i \middle| pa(x_i)\right) \quad (2)$$

เรียก $p\left(X_i = x_1,...,x_n\right)$ ว่า Joint distribution ซึ่ง x_i แสดงถึงค่าของตัวแปรที่พิจารณาจากตัวแปร x_i และ $p\left(X_i = x_i \middle| pa(x_i)\right)$ เรียกว่า local probability distribution ของตัวแปร X_i

เครือข่ายเบย์สำหรับระบบการวินิจฉัย

ในการที่จะระบุเครือข่ายเบย์จำเป็นต้องมีการกำหนดในส่วนของโครงสร้าง Structural part ซึ่งประกอบด้วย DAG (G) = (V , E) และส่วนของ parametric part ซึ่งประกอบด้วยตารางความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข ที่จำเป็นในการนำมากำหนด local distributions $p\left(X_i = x_i \middle| pa(x_i)\right)$ พารามิเตอร์จะเป็นสิ่งที่กำหนดตารางความน่าจะเป็นเงื่อนไขสำหรับ local probability distribution เงื่อนไขในการกำหนดค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของค่าสำหรับชุด P(Xi) เมื่อ local distributions จะถูกนำไปเป็นเงื่อนไข จำกัด ขั้นตอนที่พบในการลดจำนวนของพารามิเตอร์คือการ parameterize แต่ละโหนด, สอดคล้องกับความรู้ที่สำคัญและทฤษฎี ซึ่งสามารถลดจำนวนของพารามิเตอร์ที่จำเป็นสำหรับโหนดที่กำหนด (Almond et al., 2001; Almond, 2007) เมื่อมีการสร้างแบบจำลองระบบการประเมินโดยใช้เครือข่ายเบย์ จะแบ่ง เป็นสองส่วนที่ทับซ้อนกันและมีปฏิสัมพันธ์: 1) proficiency model เป็นโมเดลที่ประกอบด้วยโหนดที่เป็นตัวแทนของความรู้หรือความสัมพันธ์ของการตั้งสมมติฐานระหว่างความสามารถต่าง ๆ เช่น “ที่ต้องมีมาก่อน” "เป็นส่วนหนึ่งของ", "คือมี

ความสัมพันธ์กับ", "แนะนำ" และ "ตรวจสอบ;" 2) evidence model เป็นโมเดลที่จะกล่าวถึงในส่วนของสถานการณ์หรือสิ่งที่ต้องการวัดโดยจะอยู่ในรูปของตัวแปรที่สามารถสังเกตได้ ในกรณีของแบบจำลองเครือข่ายเบย์ยังมีความสามารถในการระบุการเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างสองตัวแปรที่สังเกตได้ ภายในภาระงานหรือสถานการณ์เดียวกันเท่าที่จำเป็นโดยการประยุกต์ โดยทั่วไปการทำแผนภาพจาก proficiencies ไป ตัวแปรที่สังเกตได้ งานเป็นจำนวนมากไปยังหลาย:สถานการณ์หรือภาระงานที่สังเกตได้สามารถวัดความสามารถได้หลากหลายและสำหรับความน่าเชื่อถือของการวัดความสามารถแต่ละคนมักจะมีการวัดจากหลายสถานการณ์หรือภาระงานที่สังเกตได้ วิธีการสร้างแบบจำลองความน่าจะเป็นถูกนำมาใช้ภายใต้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ X_i เป็นฟังก์ชันความสามารถของนักเรียน θ_n สำหรับนักเรียน n คน และ พารามิเตอร์ข้อสอบ ξ_i สำหรับข้อสอบ i ข้อ : $P(X_i = x_i \mid \theta_n, \xi_i)$. หนึ่งหรือทั้งสองพารามิเตอร์ θ_n และ ξ_i สามารถมีลักษณะเป็นพหุมิติ การให้คะแนนสอบกับผู้สอบแต่ละคนเป็นการหาค่าของ posterior probability distribution ของพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบแต่ละคน (θ_n)

ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรม Netica Application

(http://www.norsys.com/WebHelp/NETICA.htm)

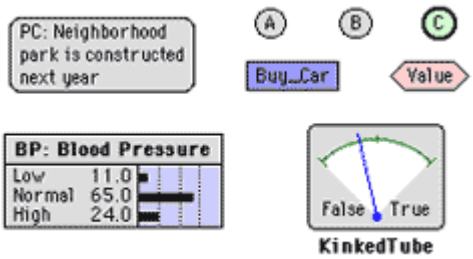
Netica Application เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งพัฒนาขึ้นจาก Norsys SOFTWARE CORP. ประเทศแคนาดา ซึ่งทำการพัฒนาซอฟต์แวร์เครือข่ายแบบเบย์ของโลก โดยการออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพสูง สำหรับการจัดการกับความไม่แน่นอนในการดำเนินธุรกิจด้านวิศวกรรม การแพทย์ นิเวศวิทยา และการศึกษา ถือว่าเป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับหลายบริษัทชั้นนำของโลก หน่วยงานราชการ ผู้ที่สนใจ และมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อสร้างความเข้าใจเบื้องต้นผู้วิจัยนำเสนอในประเด็นดังต่อไปนี้

(1) ลักษณะเบื้องต้นของ Netica Application

Netica Application มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานด้วยโปรแกรมที่สมบูรณ์สำหรับการทำงานกับ belief networks และมีอิทธิพลต่อแผนภาพความเชื่อ มีการโต้ตอบระหว่างโปรแกรมกับผู้ใช้ ที่ใช้งานง่ายสำหรับการวาดภาพ เครือข่าย (networks) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเครือข่าย ที่อาจจะเข้ามาในรูปแบบของความน่าจะเป็น หรือจากแฟ้มข้อมูล เมื่อสร้างเครือข่ายขึ้นสิ่งที่อยู่ในเครือข่าย สามารถย้ายไปยัง เครือข่าย อื่น ๆ ได้โดยการคัดลอก และนำไปวาง หรือบันทึกแบบแยกส่วนโดยการสร้างที่เก็บ (libraries) แล้วบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลหรือพิมพ์ออกมา Netica สามารถใช้เครือข่ายในการดำเนินการหลายชนิดเพื่อการอนุมานโดยใช้ขั้นตอนวิธีการที่เร็วและทันสมัย ภาพที่ 4 แสดงถึงไอคอนที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ของ Netica Application

ภาพที่ 4 ไอคอนของ Netica Application

การเริ่มต้นใช้งาน Netica Application โดยเริ่มต้นจากการสร้างสถานการณ์ (case) ที่เรามีความรู้จำกัดเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น Netica จะช่วยหาความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขสำหรับทุกตัวแปรที่ไม่รู้จักในสถานการณ์นั้นได้อย่างเหมาะสม จะมีการแสดงค่าของความน่าจะเป็นด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันได้ ทั้งกราฟแท่ง และ ไมค์ (meters) (ดังภาพที่ 5) สถานการณ์ที่ได้สร้างขึ้นใหม่นั้นสามารถจัดเก็บในรูปของไฟล์ข้อมูล เรียกกลับมาใช้ได้ตามที่ต้องการ หรือแม้จะเรียกมาใช้ในเครือข่ายอื่น ๆ ได้ และสามารถนำมาใส่ข้อมูลเพิ่มเติมเข้าไปในเครือข่ายได้ Netica สามารถใช้แผนภาพที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจ โดยการหาค่า expected values ของตัวแปรที่ต้องการ Netica สามารถสร้างหรือเปลี่ยนเครือข่ายได้หลายวิธี ตัวแปรที่ไม่สนใจศึกษาอาจถูกลบออกโดยไม่ต้องเปลี่ยนความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างตัวแปรที่เหลือ



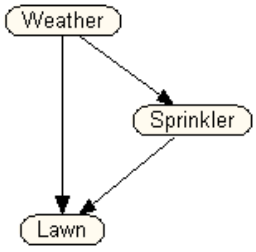
ภาพที่ 5 ความน่าจะเป็นของโหนด ในเครือข่ายเบย์จากการวิเคราะห์ด้วย Netica Application

(2) ลักษณะของเครือข่ายของเบส์ (Bayes net)

เครือข่ายของเบย์ หรือเครือข่ายเบย์เซียน เป็นเครือข่ายของความสัมพันธ์ และผู้คิดค้นขึ้นชื่อ "โทมัส เบย์" ซึ่งหลังจากที่นายโทมัสเบย์ (ค.ศ. 1702-1761) ชาวอังกฤษ ได้เขียนกฎพื้นฐานของความน่าจะเป็นที่ตอนนี้รู้จักกันอย่างแพร่หลาย เรียกว่ากฎของเบย์ ว่า สำหรับสองเหตุการณ์ คือ A และ B ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ B เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ A คือp (B|A) = p(A|B) × p(B)] / p(A) เครือข่ายของเบย์เป็นโมเดลที่สะท้อนให้เห็นถึงสถานะของบางส่วนของโลกที่สามารถสร้างแบบจำลองและอธิบายถึงวิธีการที่สถานะเหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นอย่างไร โมเดลเครือข่ายเบย์นี้นำไปใช้ในการตัดสินใจในชีวิตประจำวันได้ทุกสถานการณ์ เช่น การตัดสินใจ

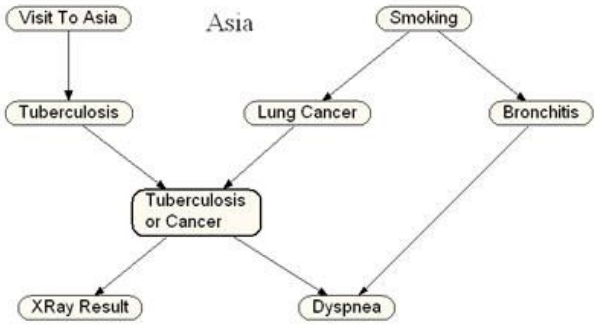
เกี่ยวกับการนำร่มเมื่อเราจะออกไปนอกบ้าน สาเหตุที่เครื่องยนต์รถสามารถวิ่งได้ตามปกติหรือมีปัญหา สาเหตุที่ร่างกายของคุณป่วยหรือมีสุขภาพดี สถานการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถจำลองเป็นโมเดลเครือข่ายเบย์ได้ สถานะบางอย่างจะมีแนวโน้มจะเกิดขึ้นได้มากกว่าสถานการณ์อื่น ๆ เช่น ถ้าเราป่วย โอกาสที่ร่างกายเราจะมีอาการน้ำมูกไหลจะเกิดขึ้นสูง หรือถ้ามีเมฆโอกาสที่ฝนจะตกก็จะสูงขึ้นกว่าฝนไม่ตก ซึ่งสถานการณ์ต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างของสถานการณ์ที่จำลองโดยใช้เครือข่ายเบย์

สภาพอากาศ (Weather) ที่มี 3 สถานะ คือ แดดจัด, มีเมฆ และ มีฝน และสถานะของสนามหญ้า (Lawn) มี 2 สถานะ คือ หญ้าเปียกหรือแห้ง และที่ฉีดน้ำ (Sprinker) มี 2 สถานะ คือเปิดหรือปิด ความสัมพันธ์แสดงดังภาพ สมมุติเหตุการณ์ว่าหน้านี้เป็นหน้าฝนแล้วจะทำให้หญ้าเปียกได้โดยตรง แต่ถ้าวันนั้นมีแดดจัดเป็นเวลานานจะสามารถทำให้หญ้าเปียกได้โดยเราน่าจะต้องเปิดที่ฉีดน้ำ เมื่อความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นจริงถูกป้อนเข้าในเครือข่ายเบย์จะสะท้อนความเป็นจริงของสภาพอากาศจริง สนามหญ้าและพฤติกรรมการใช้ที่ฉีดน้ำ โดยการใช้เครือข่ายเบย์ เราจะสามารถตอบคำถามที่มีประโยชน์ต่าง ๆ ได้ เช่น "ถ้าสนามหญ้าเปียก มีโอกาสเกิดจากฝนหรือโดยการฉีดน้ำ และ ถ้ามีโอกาสที่ฝนจะตกเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการที่จะตัดสินใจฉีดน้ำสนามหญ้า " ดังภาพที่ 6



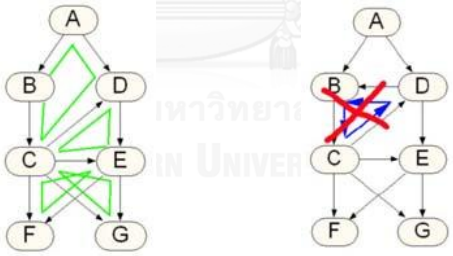
ภาพที่ 6 เครือข่ายเบย์ของสถานการณ์ Weather ที่เป็นสาเหตุของการทำให้สนามหญ้าเปียก

Asia เป็นโมเดลเครือข่ายเบย์ที่ใช้เป็นอีกตัวอย่างเพื่ออธิบายถึงการใช้เครือข่ายเบย์เพื่อการวินิจฉัยโรค ดังภาพที่ 7 เมื่อจะวินิจฉัยคนไข้ที่เดินเข้ามาในคลินิก แต่ละโหนดในเครือข่ายจะสอดคล้องกับสภาพของผู้ป่วย เช่น "Visit To Asia" บ่งชี้ว่าผู้ป่วยได้มีการไปเที่ยวที่เอเชีย ลูกศร (หรือที่เรียกว่าการเชื่อมโยง) ระหว่างสองโหนดแสดงให้เห็นว่าโหนดทั้งสองนั้นมีความน่าจะเป็นที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นการสูบบุหรี่ (Smoking) เพิ่มโอกาสของการเกิดมะเร็งปอด (Lung Cancer) และการเป็นโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ทั้งโรคมะเร็งปอดและหลอดลมอักเสบเพิ่มโอกาสในการหายใจลำบาก (Dyspnea) และทั้งโรคมะเร็งปอดและวัณโรคจะทำให้เกิดความผิดปกติของผลการ x-ray ปอด (XRay Result) แต่หลอดลมอักเสบไม่ทำให้เกิดความผิดปกติของผลการ x-ray ปอด เป็นต้น



ภาพที่ 7 แสดงเครือข่าย Asia ซึ่งเป็นการวินิจฉัยการสาเหตุของผลการ x-ray ปอดและการหายใจลำบาก

ทิศทางของการเชื่อมโยงด้วยลูกศรจะสัมพันธ์กับ ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ซึ่งโหนดที่อยู่สูงกว่า จะมีอิทธิผลต่อโหนดที่อยู่ทางหัวลูกศร หรือโหนดที่อยู่ด้านล่างของแผนภาพ (ภาพที่ 8) นั่นคือจุดที่สูงขึ้นในแผนภาพมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อผู้ที่อยู่ด้านล่างมากกว่า ในเครือข่ายเบย์การเชื่อมโยงอาจมีลักษณะเป็น loop แต่จะไม่มีลักษณะการเชื่อมโยงแบบ cycle ซึ่งจะเป็นการแสดงความหมายว่าไม่มีการจำกัดหรือไม่มีการสิ้นสุด ดังนั้นการสร้างเครือข่ายเบย์จะต้องระวังระวังไม่ให้เกิดการเชื่อมโยงแบบ cycle



เครือข่ายเบย์ที่ถูกต้อง เครือข่ายเบย์ที่ไม่ถูกต้อง

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการเชื่อมโยงในเครือข่ายเบย์

เครือข่ายเบย์นำมาใช้ประโยชน์โดยการสร้างเป็นแบบจำลองที่สะท้อนความเป็นจริงเพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของสถานะต่าง ๆ ที่อยู่ในสถานการณ์ที่ต้องการตัดสินใจ ทำนาย คาดการณ์ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นเรื่องง่ายที่จะทดสอบแบบจำลองเพื่อใช้เทียบกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้น นอกจากนี้เครือข่ายเบย์เป็นโมเดลที่ช่วยในการตัดสินใจ ใช้คาดการณ์ความเป็นจริงที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง มีการตัดสินใจที่

ผสมผสานระหว่างความน่าจะเป็นที่มีการวัดค่าเป็น เรียกว่า Decision Theory หรือ Utility Theory เครือข่ายเบส์สามารถขยายได้อย่างง่ายดายเพื่อประโยชน์ในการคำนวณเมื่อกำหนดระดับของความรู้พื้นฐานหรือข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์ที่ต้องการตัดสินใจ เครือข่ายเบส์ที่ถูกนำมาใช้สำหรับการสร้างโมเดลความเป็นจริงมักจะเรียกว่า "belief nets" ในขณะที่โมเดลที่มีการผสมกันของค่าของส่วนประกอบในโมเดลและการตัดสินใจ เรียกว่า "decision nets"

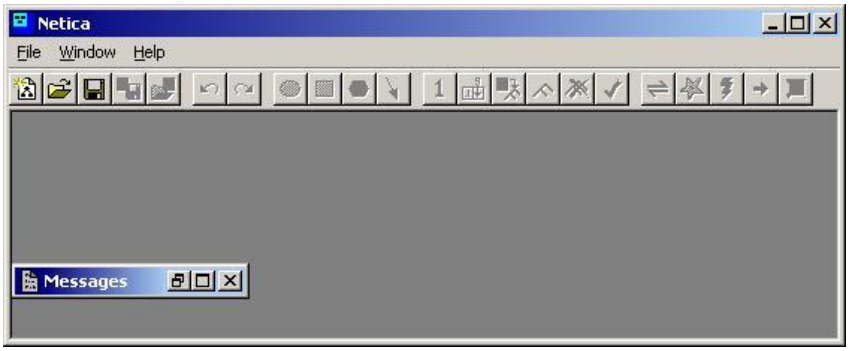
(3) ส่วนประกอบและการประยุกต์ใช้ในเครือข่ายเบย์ใน Netica Application

เครือข่ายเบย์เป็นเครือข่ายที่นำไปใช้ได้ในหลายลักษณะ เช่น ใช้ในการวินิจฉัย ใช้ในการช่วยตัดสินใจในการทำหรือไม่ทำสิ่งใด ใช้ในการวางแผนการลงทุน ดังนั้น การนำเครือข่ายเบย์มาใช้ในการวินิจฉัยถึงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงจะทำให้เกิดการวินิจฉัยที่ง่ายและถูกต้อง การใช้เครือข่ายเบย์มีส่วนประกอบและขั้นตอนการใช้เครือข่ายที่สำคัญดังนี้

ส่วนประกอบของการใช้งาน Netica Application

ในการใช้ Netica Application เพื่อการออกแบบและการตัดสินใจนั้น ควรต้องเรียนรู้ถึงส่วนประกอบที่สำคัญของ Netica GUI (Graphical User Interface) ซึ่งเป็นการใช้งานในรูปแบบที่คล้ายกับโปรแกรมสำเร็จรูปทั่ว ๆ ไป มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

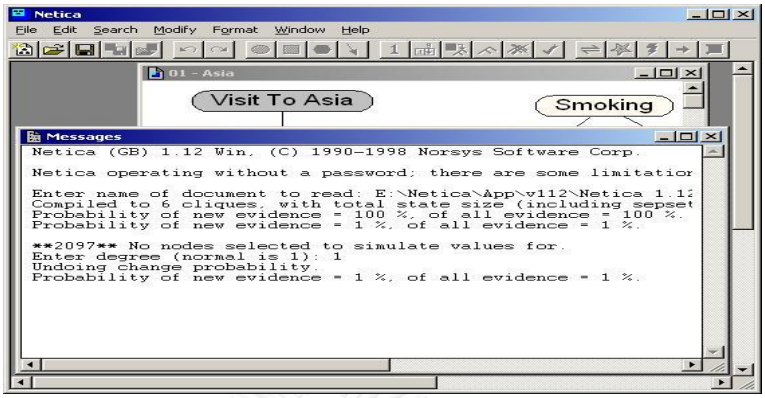
1) หน้าต่างหลัก (Main window) เป็นส่วนที่อยู่ส่วนนอกสุด มองเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปิดใช้งาน Netica Application ซึ่งเป็นหน้าต่างหลักและเป็นมาตรฐานคล้ายกับ Microsoft Windows สามารถปรับขนาดลดลง ปิด ลาก ฯลฯ ได้ เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นครั้งแรกหน้าต่างข้อความจะปรากฏขึ้นและฟังก์ชั่นการใช้งานจะเกิดขึ้น 3 ฟังก์ชัน ดังภาพที่ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 Main Window เมื่อเปิดใช้งาน Netica Application

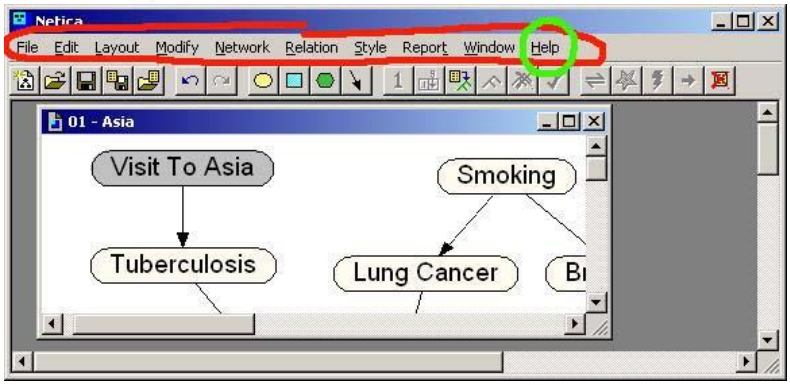
2) หน้าต่างข้อความ (Meassage window) จะใช้งานสำหรับการตรวจสอบสิ่งที่เกิดขึ้นขณะที่มีการทำงานของ Netica โดยแสดงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น หน้าต่างข้อความมีการ

แสดงขั้นตอนที่ละขั้นตอนเป็นข้อความที่แสดงเกี่ยวกับทุกขั้นตอนการประมวลผลหลักรวมถึงรายละเอียดที่มีประโยชน์ รวมทั้งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น Netica จะมีการรายงานการประมวลผลโดยการเขียนไปปรากฏที่หน้าต่างข้อความนี้ ดังภาพที่ 10



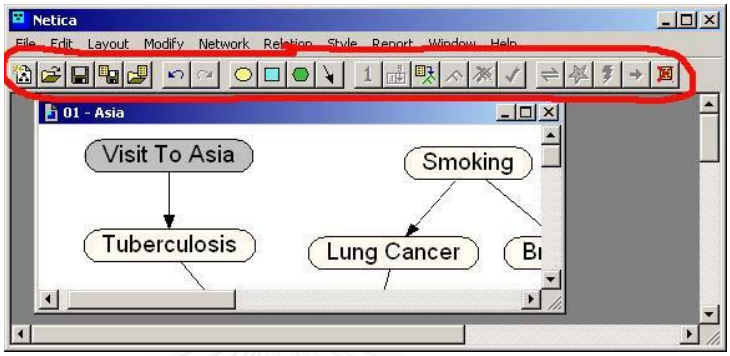
ภาพที่ 10 หน้าต่างข้อความหลังจากเกิดการประมวลผลแล้วหลายขั้นตอน

3) แถบเมนู (Menu bar) จะแสดงฟังก์ชั่นที่มีอยู่ของความสามารถในการใช้งานของ Netica Application สำหรับผู้ใช้เริ่มต้น Netica รายการเมนูที่สำคัญที่สุดคือ ความช่วยเหลือ (Help) Netica มีความสมบูรณ์ของหน้าจอในระบบช่วยเหลือ เมื่อมีคำถามใด ๆ เกี่ยวกับการใช้งานฟังก์ชั่นหรือวิธีการใช้งาน Netica สามารถเข้าไปที่ฟังชันก์ความช่วยเหลือ หรืออีเมล์ไปสอบถามไปยัง info@norsys.com ดังภาพที่ 11



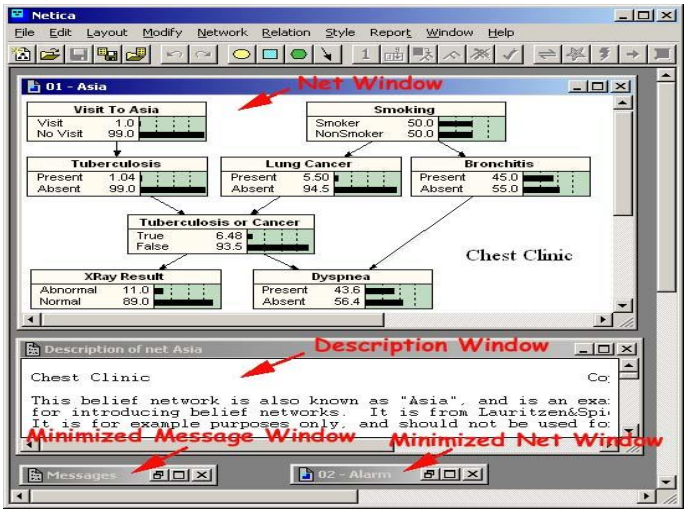
ภาพที่ 11 แสดงแถบเมนูฟังก์ชั่นของการใช้งานของ Netica Application

4) ปุ่มแถบเครื่องมือ (Tool bar) เป็นทางลัดที่สะดวกในการเรียกใช้ฟังก์ชั่นที่มีอยู่ในแถบเมนู จะเป็นปุ่มแถบเครื่องมือคือการบันทึกปุ่มหรือฟังก์ชันที่มีการใช้งานบ่อย ๆ เพื่อความสะดวกในการใช้งานฟังก์ชันโดยไม่ต้องเลือกที่แถบเครื่องมือ สามารถที่จะเพิ่มหรือลบปุ่มบางเพียงแค่เลือกหน้าต่าง -> "ปรับแต่งแถบเครื่องมือ"กล่องโต้ตอบปรับแต่งแถบเครื่องมือจะปรากฏขึ้นแสดงที่นี่และคุณสามารถเพิ่มและลบปุ่มได้ตามต้องการ ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงปุ่มของแถบเครื่องมือของการใช้งานของ Netica Application

5) หน้าต่างเครือข่าย (Net window) เป็นหน้าต่างที่แสดงการเชื่อมโยงระหว่างโหนดต่าง ๆ ในเครือข่ายที่สร้างขึ้น สามารถขยายหรือย่อลง แต่ละหน้าต่างสามารถเชื่อมโยงกับหน้าต่างข้อความพิเศษที่เรียกว่าหน้าต่างรายละเอียด ทางเลือกของตัวอักษรภายใต้เมนูรูปแบบยังสามารถปรับขนาดได้ตามต้องการเช่นกัน ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 หน้าต่างเครือข่าย 2 หน้าต่างของการใช้งานของ Netica Application

6) กล่องโต้ตอบโหนด (Node dialog box) จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการคลิกเลือกโหนดใด ๆ ซึ่งเป็นฟังชั่นก์สำคัญที่ใช้กำหนดคุณสมบัติต่าง ๆ ของโหนดในเครือข่าย ประกอบด้วย

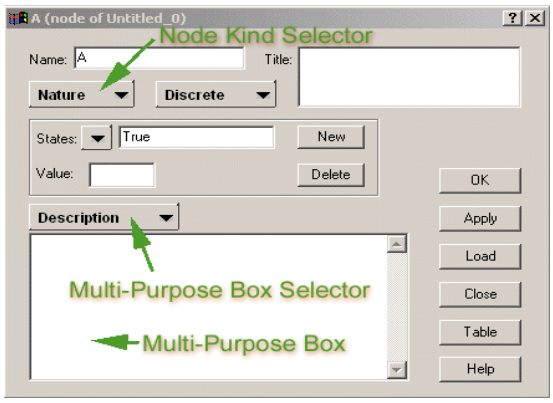
(1) ชื่อโหนดและชื่อเรื่อง (Name , Title) จะต้องมีชื่อที่เป็นเอกลักษณ์ ถูกจำกัดตัวอักษรให้ไม่เกิน30 ตัวอักษรและตัวอักษรตัวแรกต้องเป็นตัวอักษรตัวอักษร ที่เหลืออาจจะเป็นตัวอักษรตัวเลข (0-9) หรือขีดล่าง ('_') ชื่อไม่สามารถมีช่องว่างหรือเครื่องหมายวรรคตอนใด ๆ

(2) ชนิดของโหนด มี 3 ลักษณะ คือ Nature node Utility node และ Decision node ซึ่งโหนดส่วนใหญ่ในเครือข่ายมักจะเป็น Nature node เพราะเป็นโหนดที่แสดงความเป็นจริงทั่วไป ใช้แทนตัวแปรที่เราสนใจศึกษา ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมการเกิดขึ้นได้โดยตรงโดยผู้ตัดสินใจ ซึ่งจะเกิดจากความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันกับ parent node บางครั้งจะเรียกว่า deterministic node และถ้าความสัมพันธ์อยู่ในรูปของค่าความน่าจะเป็นจะเรียกว่า chance ในส่วนของ Utility node หรือ อาจเรียกว่า value node เป็นโหนดที่อยู่ใน Decision net ที่ค่า expected value เป็นค่าที่สูงสุดที่จะทำให้เกิดการตัดสินใจที่ดีที่สุด และ Decition node เป็นโหนดหนึ่งที่อยู่ใน Decision net ซึ่งใช้แสดงแทนตัวแปรหรือทางเลือกภายใต้การควบคุมของผู้ตัดสินใจเมื่อเครือข่ายนั้นถูกแก้ปัญหาที่สนใจ

(3) ลักษณะค่าของโหนด มี 2 ลักษณะคือ ค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) มีความหมายที่เป็นตัวแทนของจำนวนจำกัด ของค่าที่เป็นไป (เช่นร้อน / กลาง / เย็นขนาดใหญ่ / เล็ก 1/2/3 ฯลฯ) และ ค่าต่อเนื่อง (Continuous) มีความหมายที่เป็นตัวแทนของช่วงที่ไม่มีที่สิ้นสุดของค่าที่เป็นไปได้ (เช่น 0.5-3.4) ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษที่พิจารณาจากทฤษฎีของเบย์ โดย Utility node จะต้องเป็นค่าแบบต่อเนื่อง และ Decition node จะต้องเป็นโหนดที่เป็นค่าไม่ต่อเนื่อง

(4) สถานะของโหนด (States) โดยค่าเริ่มต้นโหนดถูกสร้างขึ้นด้วยสองสถานะเช่น จริง/เท็จ มี/ไม่มี สถานะของโหนดจะเป็นเงื่อนไขที่นำไปสู่การกำหนดความน่าจะเป็นแบบมเงื่อนไขของโหนดลูก ผู้ใช้สามารถกำหนดสถานะของโหนดได้เอง และสามารถเพิ่มสถานะของโหนดให้มีมากกว่า 2 สถานะได้

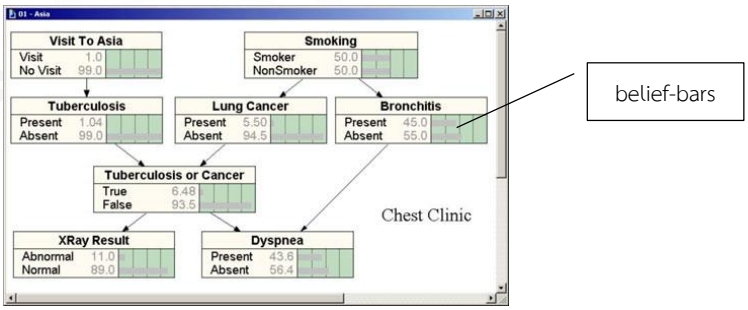
(5) การบรรยายลักษณะ (Description) โหนดจะได้รับการบรรยายเป็นข้อความหรือเอกสารที่มีประโยชน์รวมทั้งข้อมูลรายละเอียดหรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแต่ละโหนด



ภาพที่ 14 กล่องโต้ตอบโหนด ของการใช้งานของ Netica Application

(4) ขั้นตอนการที่สำคัญเพื่อการสร้างเครือข่ายเบย์ใน Netica Application

1) รวมโหนดในเครือข่ายเข้าด้วยกัน (compiling the net) เมื่อเปิดไฟล์ขึ้นใหม่สถานการณ์ที่แสดงด้วยเครือข่ายเบย์ยังไม่ได้มีการรวมโหนดหรือสถานะต่าง ๆ ในเครือข่ายเข้าด้วยกัน ความสัมพันธ์ของแต่ละโหนดยังเป็นเพียงแสดงค่าความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นก่อน (prior probabilities) ซึ่งแสดงถึงความน่าจะเป็นก่อนที่จะมีหลักฐานใด ๆ ใส่เพิ่มเติมเข้าไปในแต่ละโหนดในเครือข่าย และยังไม่มีการหาข้อสรุปของการเกิดสถานการณ์ในเครือข่ายนั้น ซึ่งแต่ละโหนดจะแสดงให้เห็น belief-bars เป็นสีเทา ภาพที่ 15



ภาพที่ 15 โหนดและการเชื่อมโยงระหว่างโหนดก่อนการรวมโหนดในเครือข่ายเข้าด้วยกัน

ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อสรุปเพื่อแสดงความน่าจะเป็นภายหลังจากเครือข่ายเบย์ จะต้องมีการรวมโหนดในเครือข่ายเข้าด้วยกัน ซึ่งสังเกตได้ที่ belief-bars จะเปลี่ยนเป็นเป็นสีดำ แต่อย่างอื่นยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เป็นเพราะเรายังไม่ได้ป้อนหลักฐานเพิ่มเติมใด ๆ เข้าไปในเครือข่าย เพื่อให้ได้ข้อสรุปในสถานการณ์ที่เราสนใจจึงต้องมีการป้อนหลักฐานที่พบเพิ่มเติมเข้าในเครือข่าย

2) การป้อนหลักฐานที่พบเพิ่มเติมเข้าในเครือข่าย โดยการคลิกเมาส์ทางขวาบนโหนดที่ต้องการป้อนข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่ได้จากการอ่านเอกสารและงานวิจัย หรือได้จากการสังเกต การนับสถิติ เป็นต้น

3) การนำหลักฐานที่ค้นพบออกจากเครือข่าย จะทำเมื่อต้องการนำสิ่งที่ค้นพบที่ใส่ในเครือข่ายออกจากโหนดใด ๆ อาจเกิดจากการพบหลักฐานใหม่หรือข้อมูลเพิ่มเติมใส่แทนที่ จึงต้องมีการนำหลักฐานเดิมที่เคยใส่ไว้นำออกจากเครือข่าย

2.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัย ได้มีการรวบรวมและสังเคราะห์ถึงประเด็นที่มีนักวิจัยและนักวิชาการให้ความสนใจเกี่ยวกับการวินิจฉัยทางการศึกษา(สุภาวดี กิตติวิศิษฎ์, 2537; วัลยา ธำรงลักษณ์รัตน์, 2546; วิยดา ซ่อนขำ, 2551; Ahmad , Al-Mashari and Al-Lawati, 2010; Yang , Liao and Huei, 2011; Tatsuoka and Corter, 2004; Lee and Corter, 2011; วลี เฉลยสมัย, 2539; ศิริเดช สุชีวะ, 2538; อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์, 2551) โดยจะชี้เฉพาะเกี่ยวกับการวินิจฉัยที่มีประเด็นเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้

งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวินิจฉัย

สุภาวดี กิตติวิศิษฎ์ (2537) ได้ทำการสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดนครราชศรีมา เพื่อนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นหาจุดบกพร่องของนักเรียนในการเรียนเรื่องสมการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 420 คน โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิสองขั้นตอน (Two – Stage Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ฉบับ ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่า แบบทดสอบวินิจฉัยฉบับที่ 1 การแก้สมการ มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .51 - .91 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .17 - .84 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ .9244 แบบทดสอบวินิจฉัยฉบับที่ 2 โจทย์สมการ มีค่าความยากตั้งแต่ .51 - .83 มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .18 - .53 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ .9545 แบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับมีความตรงเชิงเนื้อหาจริง นอกจากนี้เมื่อนำแบบทดสอบวินิจฉัยไปหาจุดบกพร่องของนักเรียนที่พบมาก 3 อันดับแรกคือ ลำดับขั้นในการใช้คุณสมบัติการเท่ากัน การใช้คุณสมบัติการหาร และการใช้คุณสมบัติการคูณ แบบทดสอบวินิจฉัยฉบับที่ 2 โจทย์สมการจุดบกพร่องของนักเรียนที่พบมาก 3 อันดับแรก คือ แปลความความโจทย์ผิด การแปลความหมายโจทย์ไม่ครบ และการเปลี่ยนประโยคภาษาที่ใช้ในการคูณ

วัลยา ธำรงลักษณ์รัตน์ (2546) ได้ทำการพัฒนาชุดเครื่องมือวินิจฉัย จุดอ่อน จุดแข็งทางด้านพุทธิปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2546 ของนักเรียนโรงเรียนชุมชนเปือย

หัวดง จังหวัดอำนาจเจริญ จำนวน 80 คน ซึ่งเครื่องมือวินิจฉัยประกอบด้วย 4 ด้าน คือ 1) เครื่องมือวินิจฉัยด้านความสามารถด้านภาษาและการรู้หนังสือ มี 5 ชุด ได้แก่ ชุดคำศัพท์ ชุดการฟัง ชุดการพูด ชุดการอ่าน และชุดการเขียน 2) เครื่องมือวินิจฉัยด้านความสามารถด้านตัวเลขและการคำนวณ มี 2 ฉบับ ได้แก่ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ และแบบแสดงวิธีทำ จำนวน 10 ข้อ 3) เครื่องมือวินิจฉัยด้านความสามารถด้านการใช้เหตุผล มี 5 ฉบับ ได้แก่ การจัดเข้าพวก การจัดไม่เข้าพวก การเปรียบเทียบแบบอุปมาอุปมัย การสรุปความแบบอุปนัย และการสรุปความแบบนิรนัย และ 4) เครื่องมือวินิจฉัยด้านความสามารถด้านการแก้ปัญหา เป็นแบบสอบเอ็ม อี คิว มี 3 กรณีศึกษา โดยคุณภาพของเครื่องมือแต่ละชุดนั้นมีค่าความเที่ยง .226 , .526 , .529 , .545 , .554 , .581 , .590 , .609 , .633 , .644 , .646 , .656 , .727 , .764 , .793 , .801 , .837 และ .840 ค่าความตรงจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 10 ท่านอยู่ระหว่าง .8 – 1.0 จากการสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ครูที่สอนชั้นอื่น และนักเรียนเกี่ยวกับเครื่องมือวินิจฉัยพบว่า เครื่องมือมีความน่าสนใจ ใช้สะดวก มีประโยชน์ต่อนักเรียนและมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ได้จริง และจากการสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ครูผู้สอนชั้นอื่น ผู้ปกครอง และนักเรียนเกี่ยวกับแบบรายงานผลการวินิจฉัยรายบุคคลและรายห้อง พบว่ามีประโยชน์ต่อนักเรียนมาก ทำให้นักเรียนได้ทราบจุดอ่อน และจุดแข็งในแต่ละด้านของตัวนักเรียนเองและช่วยให้ครูได้ทราบถึงศักยภาพโดยรวมของความสามารถของนักเรียนทั้งห้อง ด้านความสะดวกและความเข้าใจในการอ่านแบบรายงานผลอยู่ในระดับดี และคำชี้แจงของแบบรายงานผลมีความชัดเจนดีมาก

วิยดา ซ่อนขำ (2551) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ฉบับ คือ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้ปัญหา เพื่อใช้ค้นหาจุดบกพร่องและสาเหตุของความบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 226 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน การดำเนินการสร้างแบบทดสอบเริ่มจากการสร้างแบบทดสอบสำรวจชนิดให้เติมคำตอบและให้แสดงวิธีทำเพื่อค้นจุดบกพร่องในการทำแบบทดสอบ หลักจากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยนำคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดในแบบทดสอบสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวงแล้วนำไปทดสอบ 2 ครั้ง การทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อและคัดเลือกข้อสอบ ทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ผลการนำแบบทดสอบวินิจฉัยทั้ง 3 ฉบับมีค่าความยากของแบบทดสอบตั้งแต่ .31 - .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 - .56 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแต่ละฉบับคำนวณโดยใช้สูตรไบโนเมียลมีค่า .8711 , .6269 และ .6767 ตามลำดับ สำหรับคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบมีค่า 15 , 4 และ 7 ตามลำดับ

Ahmad , Al-Mashari และ Al-Lawati (2010) ได้ทำการสร้างเครื่องมือสำหรับการประเมินวินิจฉัยโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานในการนำไปใช้ช่วยในกระบวนการเรียนและการสอนซึ่งเครื่องมือที่

ถูกพัฒนาขึ้นนี้ทำให้สามารถวิเคราะห์เพื่อสร้างกลุ่มของลักษณะคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากคำตอบที่ได้รับ เครื่องมือการเรียนรู้การวินิจฉัยที่ใช้ซอฟแวร์แบบกราฟิก 'Visual Basic' นอกจากนี้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นได้จำลองให้เห็นถึงรูปแบบที่คลาดเคลื่อนของผลการทดสอบและนอกจากเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้จะทำการจำลองความผิดพลาดของผลการทดสอบที่ได้รับแล้ว ยังสามารถจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อช่วยในกระบวนการเรียนรู้ของเด็ก ๆ การทดสอบที่ทำการสร้างขึ้นของเครื่องมือนี้จะถูกออกแบบในลักษณะที่จะต้องพิจารณาความรู้กระบวนการจริงและแนวคิดของหัวข้อการเรียนรู้ เครื่องมือนี้จะให้การพิจารณาแง่มุมที่เกี่ยวข้องกับทั้งสองเรียนและผู้สอน มันสร้างรายงานการวินิจฉัยเพื่อนำไปใช้โดยผู้สอน นอกจากนี้ยังรายงานให้เห็นถึงการแนะนำ เพื่อซ่อมเสริมในการที่จะเพิ่มศักยภาพในกระบวนการของการเรียนรู้ ในกรณีที่ผู้เรียนประสบความยากลำบากการเรียนรู้อย่างมาก

Yang , Liao และ Huei (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการประเมินแบบออนไลน์วินิจฉัยโดยใช้ ทฤษฎีการตอบสนองระดับสูง (High-Order Item Response Theory;HO-IRT) ด้วยการใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบ (Constructed response items) ในบริบทของหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ระบบจะทำการเก็บข้อมูลกระบวนการแก้ปัญหาของการตอบข้อสอบจากข้อสอบแบบเขียนตอบ และการถ่ายทอดกระบวนการในการใช้รหัสในการตอบเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการตอบ กลไกการอนุมานอยู่บนพื้นฐานการสร้างได้ดำเนินการกับระบบที่จะวินิจฉัยข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ปัญหาแบบอัตโนมัติ การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ, "คูณของเศษส่วน" การทดสอบถูกสร้างและบริหารการสอบกับนักเรียนในไต้หวันถึง 158 คน การศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของการจัดหมวดหมู่ข้อบกพร่องดังกล่าวข้างต้นเป็น 97% ซึ่งหมายความว่าระบบที่เสนอจะระบุข้อบกพร่องพิงได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพนอกเหนือจากการแสดงข้อผิดพลาดในการการแก้ปัญหาแล้ว ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบระดับสูง (HO-IRT) ถูกนำไปใช้ในการประมาณการโดยรวมและความสามารถทั้งหมด ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการประมาณด้วย ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบระดับสูง และจำนวนของความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์สูงซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมจากความคลาดเคลื่อนของความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตน

งานวิจัยเกี่ยวกับการวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเรียน

Tatsuoka และ Corter (2004) การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากกลุ่มตัวอย่าง 20 ประเทศที่เข้าร่วม Third International Math and Science Study–Revised (TIMSS-R, 1999) โดยใช้วิธี rule-space method ความรอบรู้ของนักเรียนจะถูกวัดในเนื้อหาความรู้ 23 เรื่องและกระบวนการของทักษะย่อย ๆ ที่จะประเมินภายใต้คะแนนจากการทำข้อสอบของนักเรียน คะแนนเฉลี่ยของความรอบรู้ของนักเรียนจะถูกเปรียบเทียบกับประเทศที่ได้รับเลือก 20 ประเทศ

ความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างประเทศที่ทำการศึกษา พบว่า ในรูปแบบของผลสัมฤทธิ์ทางการทักษะย่อย นักเรียนสหรัฐมีความรอบรู้ในเนื้อหาบางส่วน และทักษะการอ่าน แต่อ่อนแอกว่าประเทศอื่น ๆ ในเรื่องเกี่ยวกับ เรขาคณิตอย่างเห็นได้ชัด ความน่าสนใจเกี่ยวกับความสำเร็จในเรขาคณิตที่พบจะเกี่ยวข้องอย่างมากกับตรรกะเหตุผลและทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ ผ่านประเทศที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

Lee และ Corter (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (bugs หรือ misconceptions) ในทักษะที่เป็นขั้นตอน มีความยุ่งยากเนื่องจากว่าธรรมชาติที่เป็นความไม่แน่นอน การศึกษาครั้งนี้ได้กล่าวถึงปัญหาเหล่านี้โดยการเสนอและประเมินวิธีการโดยใช้พื้นฐานความน่าจะเป็นที่วินิจฉัยมโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนในทักษะที่เกี่ยวกับการแสดงการลบที่มีพหุแถวของนักเรียนโดยการใช้เครือข่ายเบย์เซียน วิธีการนี้ยอมรับความสัมพันธ์เครือข่ายเชิงสาเหตุ (causal network) ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครือข่ายจะถูกประเมินโดยใช้สถานการณ์การทดสอบหนึ่งที่ใช้ข้อมูลที่เป็นลักษณะข้อสอบที่เป็นการให้คะแนนแบบถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง) และ การจำลองรูปแบบการทดสอบแบบปรนัยที่มีการใช้การวินิจฉัยของคำตอบผิดที่เฉพาะ เจาะจง ผลลัพธ์สี่ประเภทของเครือข่ายเบย์เซียนจะถูกประเมินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวินิจฉัยข้อผิดพลาด ทั้งหมดสี่เครือข่ายที่สร้างขึ้นแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีด้วยแม้เครือข่ายที่ง่ายที่สุด (โหนดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของข้อมูลแบบ Binary) ให้อัตราการวินิจฉัยปัญหาโดยรวมของเวลาอย่างน้อย 85% การทำนายที่ดีที่สุดคือมีเครือข่ายที่ซับซ้อนมากที่สุด (ข้อผิดพลาดและ ทักษะย่อยโหนดที่ใช้ในการวินิจฉัยผิดพลาดของคำตอบที่เฉพาะเจาะจง) ซึ่งอัตราการวินิจฉัยที่ถูกต้องถึง 99% ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่าการวินิจฉัยข้อบกพร่องที่มีเสถียรภาพและเชื่อถือได้สามารถทำได้โดยใช้กรอบการทำงานของเครือข่าย เบย์เซียน แต่ที่มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพของการวินิจฉัยจะเพิ่มขึ้นเมื่อเครือข่ายรวมถึงการครอบคลุมทักษะย่อยที่แฝงนอกเหนือไปจากข้อบกพร่องที่เป็นปัจจัยเชิงสาเหตุและเมื่อคำตอบที่ผิดโดยเฉพาะที่ใช้สำหรับ วัตถุประสงค์ในการวินิจฉัย

งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีหรือเทคนิคที่ใช้ในการวินิจฉัย

วลี เฉลยสมัย (2539) ได้ทำการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่คำนึงถึง สภาพที่เป็นจริงของนัก เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่คำนึงถึงสภาพที่เป็นจริงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และตรวจสอบความตรง ความเที่ยงของวิธีการที่พัฒนาขึ้นประชากรในการวิจัยมี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538 จำนวน 1,567 คน และกลุ่มครูผู้สอนคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 37 คน ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอพระนครศรีอยุธยา จำนวน 33 โรงเรียน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบที่ใช้เป็นแบบสอบปรนัยเลือกตอบ 5 ตัวเลือก มี จ เป็นตัวเลือกปลายเปิด จำแนกเป็น 3 ตอนดังนี้ ตอนที่ 1 เป็น

ข้อสอบที่ใช้สำหรับวัดความเข้าใจวิธีการแก้โจทย์ปัญหา เป็นโจทย์ ธรรมดา หาคำตอบโดยการเขียนประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดคำนวณ เป็นโจทย์ สัญลักษณ์ตัวเลขให้หาผลลัพธ์จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 3 เป็นข้อสอบที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการให้คำตอบที่ใช้ได้กับสภาพที่ เป็นจริง เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องคำนึงถึงสภาพที่เป็นจริงให้หาผลลัพธ์จำนวน 6 ข้อ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการวินิจฉัยโดยครูให้นักเรียนใช้วิธีคิดแบบออกเสียงกับคะแนนการวินิจฉัยด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น จำแนกตามรายมิติโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation) และทดสอบนัยสำคัญทาสถิติของความสัมพันธ์ด้วย t-test ผลการศึกษาพบว่าในการตรวจสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ของวิธีการที่พัฒนาขึ้นโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยของครูโดยให้นักเรียนใช้วิธีการคิดออกเสียง พบว่ามีความสอดคล้องกันคิดเป็นร้อยละ 86.67 จากการตรวจสอบความเที่ยงพบว่า วิธีการนี้มีความสอดคล้องในการวินิจฉัยโดยมีนักเรียนที่มีผลการวินิจฉัยจากวิธีการที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกันในข้อสอบที่มีฟอร์มข้อสอบเดียวกันจำนวน 370 คน จากนักเรียนที่เข้าสู่การวิจัยจำนวน 452 คน คิดเป็นร้อยละ 81.86

ศิริเดช สุชีวะ (2538) ได้พัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง : แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองใช้วิธีการวินิจฉัย เป็นนักเรียน ม.2 ตัวแทนของนัก เรียนในเมือง (กทม.) และนักเรียนชานเมือง (นนทบุรี) จำนวน 940 คน 2. กลุ่มตัวอย่างที่วินิจฉัยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตรวจสอบความตรง เป็นครูที่สอนคณิตศาสตร์ให้ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 940 คนในปัจจุบัน จำนวน 10 คน 3. กลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินวิธีการที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ ครูที่ร่วมทดลองใช้วิธี การวินิจฉัย 7 คน ผู้ทรงคุณวุฒิมีทางการวัดและประเมินผล 7 คน กลุ่มตัวอย่างได้จากการเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้เพราะ การวิจัย นี้จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างเป็นอย่างสูง จึงต้องเป็นผู้ที่ เต็มใจร่วมมือเท่านั้นการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยออกเก็บข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ 1. เก็บข้อมูลเพื่อวินิจฉัยในรอบ Exploratory Diagnosis และรอบ Confirmatory Diagnosis กับนักเรียน 940 คน และครู 10 คน 2. เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความเห็นของครูและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อวิธีการที่พัฒนาขึ้น 3. เก็บข้อมูลจากนักเรียนและครูในการทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความถี่ สัดส่วน สถิติทดสอบ Z และ Cramer's V Chi-Square Test ผลสรุปที่ได้ วิธีการที่พัฒนาขึ้นมีความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์กับผล การวินิจฉัยของ ครูด้วย Chi-Square Test มีนัยสำคัญที่ .01 ขนาดความสัมพันธ์ Craner's V เป็น .98 มีความ เที่ยงจากสัดส่วนความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยจาก ข้อสอบที่มีรูปแบบข้อสอบเดียวกันเป็น .86 เมื่อ เทียบกับผลการวินิจฉัยจากวิธีการ ของ Rule Sqace Model พบว่า มีนัยสำคัญที่ .01 โดยมีขนาด ความสัมพันธ์

Cramer's Vเป็น.98 ความเที่ยงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์ (2551) ได้ทำการพัฒนาวิธีการประเมินวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประเมินสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิด เรื่องการบวกลบเศษส่วน และศึกษาคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัย รวมถึงเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ 1) การพัฒนาชุดของข้อสอบ แบบทดสอบแบบเขียนตอบขนกระดาษคำตอบและคลังข้อสอบ 2) การพัฒนาชุดของข้อสอบและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการประเมินวินิจฉัย 3) การประเมินเชิงวินิจฉัยสถานะความรู้และการคิดที่ผิดในการบวก ลบเศษส่วน และ 4) การศึกษาคุณภาพและความคิดเห็นที่มีต่อวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น ผลการวิจัยพบว่าวิธีการประเมินวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีคุณภาพ โดยให้ผลการประเมินเชิงวินิจฉัยสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิดที่มีความเที่ยงและความตรงรวมทั้งมีจำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ในการทดสอบไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพตามเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินความรอบรู้ที่ต่างกันพบว่า มีความเที่ยง ความตรงและจำนวนข้อสอบที่ใช้ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่มีจำนวนเวลาที่ใช้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทางการศึกษาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	แนวคิด และ การดำเนินการ	การวิเคราะห์ หรือ สถิติที่ใช้
Tatsuoka และ Corter (2004)	วิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	วินิจฉัยในเนื้อหาความรู้ 23 เรื่อง และกระบวนการ ของทักษะย่อย ๆ ที่จะประเมินภายใต้คะแนนจากการทำข้อสอบ คะแนนเฉลี่ยของความรอบรู้ของนักเรียน	ใช้วิธี rule-space method

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	แนวคิด และ การดำเนินการ	การวิเคราะห์ หรือ สถิติที่ใช้
Ahmad , Al-Mashari และ Al-Lawati (2010)	สร้างเครื่องมือสำหรับการประเมินวินิจฉัยโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐานในการนำไปใช้ช่วยในกระบวนการเรียนและการสอน	เครื่องมือการเรียนรู้การวินิจฉัยที่ใช้ซอฟแวร์ได้รับการพัฒนาโดยใช้ส่วนติดต่อผู้ใช้ภาษาการออกแบบสภาพแวดล้อมแบบกราฟิก 'Visual Basic'	วิเคราะห์เพื่อสร้างกลุ่มของลักษณะคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากคำตอบที่ได้รับ
Lee และ Corter (2011)	เสนอวิธีการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนในทักษะที่เกี่ยวกับการแสดงการลบที่มีพหุแถวของนักเรียน	ใช้เครือข่ายเบย์เซียนมาออกแบบโมเดลเพื่อการวินิจฉัย วิธีการนี้ยอมรับความสัมพันธ์เครือข่ายเชิงสาเหตุ (causal network) ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	ศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครือข่ายที่พัฒนาขึ้นจากความตรงของผลการวินิจฉัย
Yang , Liao และ Huei (2011)	พัฒนาระบบการประเมินวินิจฉัยโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองระดับสูง	การพัฒนาระบบการประเมินแบบออนไลน์ด้วยการใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบ	การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบจากค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของการจัดหมวดหมู่ข้อบกพร่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา(ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	แนวคิด และ การดำเนินการ	การวิเคราะห์ หรือ สถิติที่ใช้
สุภาวดี กิตติวิศิษฎ์ (2537)	สร้างแบบทดสอบวินิจฉัย วิชาคณิตศาสตร์	เพื่อนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นหาจุดบกพร่องของนักเรียนในการเรียนเรื่องสมการ	วิเคราะห์หาค่าความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบสอบตามทฤษฎีการสอบแบบดั้งเดิม
ศิริเดช สุชีวะ (2538)	พัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์	วิธีนี้มี 3 องค์ประกอบ คือ 1.การได้มาซึ่งแบบการคิด 2.การสร้างแบบสอบวินิจฉัย 3.วิธีวินิจฉัย มี 2 ขั้นตอนคือ การวินิจฉัยเชิงสำรวจแบบการคิดและ การวินิจฉัยเพื่อยืนยัน มีแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่มคือ – มีมโนทัศน์ถูกแต่สะเพร่า – มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน – ไม่มีมโนทัศน์ คำตอบเกิดจากการเดาสุ่ม	ความถี่ สัดส่วน สถิติทดสอบ Z และ Cramer's V Chi-Square Test

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	แนวคิด และ การดำเนินการ	การวิเคราะห์ หรือ สถิติที่ใช้
วลี เฉลยสมัย (2539)	พัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่คำนึงถึง สภาพที่เป็นจริง	1.ศึกษานำร่องเพื่อหามิติที่จะทำการประเมิน สรุปได้ว่าการแก้ปัญหาประกอบด้วย3มิติคือ ความเข้าใจโจทย์ , คิดคำนวณ,การให้คำตอบที่ใช้ได้กับสภาพที่เป็นจริง 2.กำหนดผังข้อสอบ ออกข้อสอบแบบ 5 ตัวเลือกให้ตัวเลือก จ. เป็นแบบปลายเปิดเพื่อให้นร.มีอิสระในการตอบ 3.สร้างแบบสอบวินิจฉัย 2ฉบับคู่ขนานฟอร์ม	สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation) และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ด้วย t-test
วัลยา ธำรงลักษณ์รัตน์ (2546)	พัฒนาชุดเครื่องมือวินิจฉัยจุดอ่อน จุดแข็งทางด้านพุทธิปัญญา วินิจฉัย 4 ด้าน คือ ด้านภาษาและการรู้หนังสือ ด้านตัวเลขและการคำนวณ ด้านการใช้เหตุผล และด้านการแก้ปัญหา	ใช้รายงานผลการวินิจฉัยรายบุคคลและรายห้อง มีการสอบถามความคิดเห็นต่อผลการรายงานการวินิจฉัยจากครูผู้สอน นักเรียนและผู้ปกครอง	วิเคราะห์หาค่าความยาก อำนาจจำแนก ของข้อสอบ และวิเคราะห์ผลการแสดงความคิดเห็นต่อผลการรายงานการวินิจฉัย

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการศึกษา (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	แนวคิด และ การดำเนินการ	การวิเคราะห์ หรือ สถิติที่ใช้
วิยดา ซ่อนขำ (2551)	พัฒนาชุดเครื่องมือวินิจฉัย จุดอ่อน จุดแข็งทางด้านพุทธิปัญญา 3 ฉบับเพื่อวินิจฉัยทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการแก้ปัญหา	ดำเนินการสร้างแบบทดสอบจากการสร้างแบบทดสอบสำรวจชนิดให้เติมคำตอบและให้แสดงวิธีทำ หลักจากนั้นนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยนำคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิดในแบบทดสอบสำรวจมาสร้างเป็นตัวลวง	วิเคราะห์หาค่าความยาก อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของแบบสอบ และคะแนนจุดตัดของแบบสอบทุกฉบับ
อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์ (2551)	พัฒนาวิธีการประเมินวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประเมินสถานะความรู้และแบบการคิดที่ผิด	ศึกษาคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัย รวมถึงเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น	ความเที่ยงและความตรงของผลการวินิจฉัย

ตอนที่ 3 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติประกอบด้วย 3.1)ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 3.2) วิธีและโปรแกรมการประมาณค่าพารามิเตอร์ 3.3) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และ 3.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

Lord & Novick (1968 อ้างถึงใน พัชรี จันทร์เพ็ง ,2550) ได้เสนอโมเดลพื้นฐานของ MIRT ที่บ่งชี้ถึงนิยามของมิติคุณลักษณะแผงได้อย่างสมบูรณ์ และข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระ ซึ่งความเป็นอิสระในที่นี้หมายถึงคุณลักษณะของกลุ่มผู้สอบต่าง ๆ ที่มีค่าเหมือนกันของมิติความสามารถ $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots \theta_k$ เป็นการกระจายของคะแนนผลการตอบข้อนั้นของผู้สอบแต่ละคนไม่สัมพันธ์กัน เมื่อ *k* คือจำนวนของมิติ ส่วน θ ในที่นี้เป็นเวคเตอร์มิติคุณลักษณะที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ Lord & Novick ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลปกติสมสะตามทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติและโมเดลองค์ประกอบร่วมอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ Samejima (1974) ได้เสนอสูตรที่ใช้โดยทั่วไป โดยมีข้อตกลงว่าการตอบที่มีลักษะการตรวจให้คะแนนแบบ *2* ค่า หรือมากกว่า 2 ค่า เป็นผลมาจากการแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ จากการตอบของตัวแปรที่ต่อเนื่อง แสดงได้ดังการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$P_{Z_i}(\theta) = 2\pi^{-1/2^{a_i}} \int_{-\alpha}^{(\theta - b_i)} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \qquad (3)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากแนวคิดและการเปรียบเทียบดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น สามารถเปรียบเทียบวิธีการของการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบซึ่งถือว่าแนวคิดทั้งสองมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก แต่ก็มีข้อที่แตกต่างกันสามารถสรุปดังดังนี้ (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2550)

พัฒนาการของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

ในช่วงปลายปี ค.ศ. 1970 และช่วงต้นปี ค.ศ. 1980 นักวิจัยจำนวนหนึ่งเริ่มทำการพัฒนาแนวคิด MIRT ให้เกิดนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ดังจะเห็นจากการศึกษาเกี่ยวกับโมเดล Rasch แบบพหุมิติโดย Reckase ในปี ค.ศ. 1972 และต่อมาก็มีการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบโดย Mulaki ในปี ค.ศ. 1972 , Sympsom ในปี ค.ศ. 1978 และ Whitely ในปี ค.ศ. 1980 (Reakase, 2009 อ้างถึงใน สมประสงค์ และ เบญจมาภรณ์ เสมารัตน์ , 2554) ซึ่งโมเดลของ Mulaki ที่นำเสนอในปี ค.ศ. 1972 สามารถแสดงได้ดังการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

$$P\left(\mu_{ij}/\theta_{j,\ n_i}\right)=\frac{\sum_{k=1}^{m} e^{(\theta_{jk}-n_{ij})u_{ij}}}{1+\sum_{k=1}^{m} e^{(\theta_{jk}-n_{ij})u_{ij}}} \qquad (4)$$

ต่อมาโมเดลความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของมิติและขนาดของเลขชี้กำลังที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับโมเดลของ Mulaki ซึ่งได้ถูกนำเสนอโดย Sympson ในปี ค.ศ. 1978 และ Whitely ในปี ค.ศ. 1980 ซึ่งเป็นโมเดลที่กำหนดค่าของเลขชี้กำลังและโอกาสของการตอบถูกลดลงเมื่อจำนวนมิติเพิ่มขึ้น และโมเดลที่นำเสนอโดย Sympsom สามารถแสดงได้ดังการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวต่อไปนี้

$$P\left(u_{ij}=1|\theta_j,a_i,b_i,c_i\right)=c_i+(1-c_i)\prod_{k=1}^{m}\frac{e^{a_{ik}(\theta_{jk}-b_{ik})}}{1^{1+e^{a_{ik}(\theta_{jk}-b_{ik})}}} \qquad (5)$$

เมื่อ a_i เป็นสเกลลาค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ

b_i เป็นสเกลลาค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ

c_i เป็นสเกลลาค่าพารามิเตอร์โอกาสการเดาถูกของข้อสอบ

ในโมเดลของ Mulaki (1972) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนมิติ เมื่อจำนวนมิติเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ $c_i = 0$ และเลขชี้กำลังทั้งหมดเท่ากัน เนื่องจากความน่าจะเป็นในการตอบถูกขึ้นอยู่กับจำนวนของ m และ จำนวนทั้งหมดที่มีน้อยกว่า 1.0 ซึ่งจำนวนต่าง ๆ จะต้องเพิ่มค่าด้วยถ้าเพิ่มจำนวนของ m ทำให้เกิดโอกาสในการตอบถูกเท่ากับ (Reckase , 2009 อ้างถึงใน สมประสงค์ และ เบญจมาภรณ์ เสมารัตน์ , 2554) ต่อมาในปี ค.ศ. 1982 McKinley และ Reckase ได้ศึกษาความแปรเปลี่ยนของโมเดลทั่วไปของ Rasch และโมเดลโลจิสติกที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งสามารถแสดงได้ดังการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวต่อไปนี้

$$P\left(\mu_{ij}/\theta_j,a_i,b_i\right)=\frac{\sum_{ek=1}^{m} a_{ik}\theta_{jk}+b_i}{1+\sum_{ek=1}^{m} a_{ik}\theta_{jk}+b_i} \qquad (6)$$

เมื่อ a_i เป็นเวคเตอร์ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ

b_i เป็นเวคเตอร์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory Models : MIRT)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ถูกนำมาใช้เมื่อต้องการแจกแจงให้เห็นถึงความสามารถที่มีหลายมิติ ซึ่งมีส่วนร่วมในการสร้างการตอบสนองอย่างชัดเจนสำหรับข้อสอบข้อหนึ่ง

ซึ่ง ถือว่า MIRT มีลักษณะคล้ายกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ แตกต่างกันในประเด็นของการมุ่งเน้นในส่วนที่แตกต่างกันของทั้งสองวิธี (Reckse,1997) และสำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) จะเหมาะสมเมื่อมีองค์ประกอบเพียงองค์ประกอบเดียวที่ถูกสกัดจากแบบทดสอบในขณะที่โมเดล MIRT จะถูกนำมาใช้เมื่อมีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบที่พบว่ามีนัยสำคัญ ในกรณีถัดมาโมเดล MIRT ควรจะสังเกตว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถวัดความสามารถได้หลายอย่าง

โมเดลคณิตศาสตร์ในงานเขียนของ IRT จะประกอบด้วย Rasch Model (หรือเรียกว่า 1-Parameter :1P , 2-Parameter :2P , 3-Parameter :3P) ซึ่งใน Rasch Model : 1P จะสมมติว่าข้อสอบจะแตกต่างกันที่ที่ค่าระดับความยากเพียงเท่านั้น ในขณะที่ในโมเดล 2P ข้อสอบมีความยากแตกต่าง กันและ ข้อสอบจำแนกผู้สอบได้แตกต่างกันด้วย ส่วนในโมเดล 3P จะรวมโอกาสในเดาถูกของผู้สอบเข้าไปด้วย และโมเดลที่กล่าวมานี้จะใช้กับการตอบที่เป็นแบบ binary ซึ่งฟังก์ชันความน่าจะเป็นมักจะใช้รูปแบบของฟังก์ชัน Logit และโมเดลโลจิสติกซึ่งเป็นฟังก์ชันที่รู้จักกันดีและคล้ายกับ normal ogive Model ซึ่งในตอนนี้จะกล่าวถึงโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในประเภทต่าง ๆ ดังนี้

ในโมเดล IRT แบบเอกมิติ (Unidimensional IRT : UIRT) ความน่าจะเป็นของการตอบคำตอบในข้อที่ i ถูกต้องคือฟังก์ชันของความสามารถแฝงหนึ่งของตัวแปร θ ซึ่งมีฟังก์ชันดังนี้

$$\Pr (x_i = 1 \mid \theta) = f (\lambda_i \theta - \tau_i) \qquad (7)$$

เมื่อ x_i คือ คำตอบแบบให้คะแนนสองค่า (0 , 1)

θ คือ ความสามารถแฝง

λ_i คือ ค่า factor loading

τ_i คือ พารามิเตอร์ที่เป็นเกณฑ์(เช่น ความยากของข้อสอบข้อที่ i)

ในโมเดล MIRT ความน่าจะเป็นของการตอบถูกไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวแปรความสามารถเดี่ยว θ แต่บนเวคเตอร์ θ ของมิติของความสามารถแฝงแบบพหุ มีฟังก์ชันดังต่อไปนี้

$$\Pr (x_i = 1 \mid \theta) = f (\lambda_i^{/} \theta - \tau_i) \qquad (8)$$

เมื่อ x_i คือ คำตอบแบบให้คะแนนสองค่า (0 , 1)

θ คือ เวคเตอร์ความสามารถ p x 1

λ_i คือ p x 1 เวคเตอร์ของ ค่า factor loading ที่กำหนดความมีอิทธิพลของ p ความสามารถที่แตกต่างกัน บนข้อที่ i

τ_i คือ ความยากของข้อสอบข้อที่ i

$\lambda_i^{/}\theta$ คือ น้ำหนักรวมของความสามารถแฝง

$$\lambda_i'\theta = \sum_{k=1}^{p} \lambda_{ik}\theta_k \qquad (9)$$

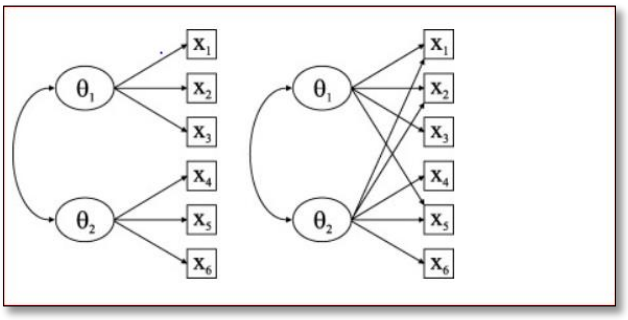
โมเดลเป็น Compensatory model เนื่องจากว่าความน่าจะเป็นของการตอบถูกขึ้นอยู่กับน้ำหนักของผลรวมของความสามารถแฝง $\lambda_i^{/}\theta$ ถ้า λ_i มีค่า loading ที่ไม่เป็นศูนย์มากกว่า 1 ค่า ความสามารถในมิติหนึ่งของข้อที่ *i* ที่ต่ำจะถูกแทนที่ได้ด้วยความสามารถในมิติลำดับที่สองที่มีค่าสูง

ความแตกต่างของโมเดล IRT เป็นความสัมพันธ์ต่าง ๆ ทางสถิตระหว่างมิติของความสามารถและประสิทธิภาพของการทำงานที่จะทำให้ประสบความสำเร็จ นอกจากนี้รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ กับข้อสอบ สามารถถูกกำหนดได้จาก loading Matrix ด้วยโครงสร้างอย่างง่าย ๆ (between-item multidimensional) หรือโดย complex loading structure (within-item multidimensional) ซึ่งให้ความสนใจในความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างมิติคุณลักษณะแฝงกับข้อสอบ และปฏิสัมพันธ์ที่ชดเชยกันได้กับปฏิสัมพันธ์ของความสามารถที่ไม่สามารถชดเชยกันได้ของหลายมิติมีผลต่อประสิทธิภาพภายในข้อสอบเดียวกันจะมีคำอธิบาย คุณสมบัติเพิ่มเติมที่จะมุ่งเน้นจำนวนของมิติของคุณลักษณะแฝง ภายในโมเดลนั้น คุณสมบัติทั้งหมดนี้ถูกพิจารณาด้วยการคำนึงถึงผลกระทบที่สำคัญของสำหรับการประเมินผลการศึกษา

Hóhler , Hartig และ Goldhammer (2010) ได้ทำการเสนอโมเดลแบบพหุมิติเพื่อใช้ในการประเมินสมรรถนะทางการศึกษาไว้ดังนี้

โมเดลข้อสอบระหว่าง และ ข้อสอบภายในพหุมิติ (Between – and within-item multidimensionality)

ความแตกต่างที่สำคัญสิ่งหนึ่งระหว่างโมเดลต่าง ๆ ในMIRT คือ ความน่าจะเป็นของความสำเร็จในการตอบข้อสอบทุกข้อว่าจะมีเฉพาะเพียงมิติใดมิติหนึ่งในโมเดลหรือ คำตอบของข้อสอบข้อหนึ่งจะถูกออกแบบให้สามารถวัดมิติของความสามารถต่าง ๆ ในเวลาพร้อมกัน ในโมเดล between – item multidimensionality เป็นลักษณะการแยกกลุ่มของข้อสอบที่ถูกใช้เพื่อการวัดแต่ละมิติในโมเดล ในรูปแบบของการวิเคราะห์องค์ประกอบโมเดลนี้จะถูกกำหนดลักษณะโดยโครงสร้างอย่างง่ายของค่า loading ซึ่งสามารถพิจารณาจากการรวมกันของโมเดลการวัดแบบเอกมิติหลาย ๆ มิติเข้าด้วยกันเป็นโมเดลร่วมกัน ซึ่งการรวมกันช่วยให้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติความสามารถที่ซ่อนเร้นถูกทำตามแบบ ในโมเดล within-item multidimensionality การรวมกันของความสามารถต่างๆ ถูกออกแบบโดยใช้พื้นฐานการตอบข้อสอบแบบเดี่ยว พิจารณาจากภาพที่ 16



ภาพที่ 16 โมเดลแบบ Between – and within-item multidimensionality

ที่มา : Hartig and Hóhler (2009)

จากภาพวงจรของโมเดลของ โมเดล MIRT ทั้งสองแบบที่ทำการวัดมิติของคุณลักษณะแฝงสองคุณลักษณะ คือ θ_1 และ θ_2 และประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 6 ข้อ คือ $x_1,...,x_6$ ซึ่งโมเดลทางด้านซ้ายคือการร่วมกันของโมเดลข้อสอบระหว่างมิติ (between-item multidimensionality) ซึ่งข้อสอบแต่ละข้อสามารถวัดได้เพียงมิติใดมิติหนึ่งในสองมิติเท่านั้น ส่วนโมเดลทางด้านขวาคือโมเดลข้อสอบภายในมิติ (within-item multidimensionality) ซึ่งข้อสอบหลายข้อ (เช่น ข้อที่ x_1, x_2 และ x_5) สามารถผลได้ทั้งสองมิติ

โมเดลที่รวมมิติภายในข้อสอบเหมาะสำหรับการสร้างแบบจำลองปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถต่าง ๆ ที่แตกต่างกันกับความต้องการสถานการณ์ของการสอบ (task demands) ความน่าจะเป็นของการแก้ปัญหาจากข้อสอบข้อหนึ่งสามารถถูกออกแบบเป็นฟังก์ชันการรวมกันของมิติต่าง ๆ ของความสามารถ ในที่นี่โมเดลแบบมิติภายในข้อสอบบ่งบอกถึงสมมติฐานของความสามารถที่จำเป็นสำหรับความแตกต่างของข้อสอบ ซึ่งในโมเดลแบบข้อสอบภายในมิตินี้มีความน่าสนใจในความเป็นไปได้จริงที่จะนำมาใช้วัดความสามารถหรือสมรรถนะที่มีความสลับซับซ้อน ซึ่งประโยชน์ของโมเดลนี้คือจะช่วยลดความซับซ้อนของโมเดลลงได้และตัวแปรที่เป็นคุณลักษณะแผงสามรถจะถูกแปรผลได้ง่ายขึ้น สามารถวัดได้ตรงกับประสิทธิภาพในเซตที่เฉพาะของแบบทดสอบ นอกจากนี้โมเดลนี้ยังเหมาะกับงานวิจัยที่ต้องการได้รับการบรรยายถึงการวัดความสามารถในเนื้อหาบางส่วน

โมเดลปฏิสัมพันธ์การทดแทนกับการไม่ทดแทนกันได้ของพหุมิติ

(Compensatory versus non- Compensatory interaction of multiple dimensions)

โมเดล MIRT ส่วนใหญ่จะเป็นโมเดลแบบทดแทนได้ของมิติต่าง ๆ หมายความว่าความสามารถที่ต่ำในมิติใดมิติหนึ่งสามารถถูกทดแทนด้วยความสามารถที่สูงกว่าที่มีในมิติที่สอง และในทางกลับกัน ในโมเดลที่ไม่สามารถทดแทนกันได้นั้นความน่าจะเป็นของความสำเร็จจะมีเพียงวิธีเดียวเท่านั้น คือถ้าความสามารถทั้งหมดจำเป็นสำหรับข้อสอบที่มีลักษณะเฉพาะสูง ซึ่งความแตกต่าง

ระหว่างการรวมโมเดลทั้งสองสามารถอธิบายด้วยโมเดลพื้นฐาน 2 โมเดล คือ ฟังก์ชันการตอบข้อสอบ (The item response function :IRF) สำหรับ โมเดล Rasch แบบ 2 มิติด้วยค่า Item loading ของทั้งสองมิติและความยาวของข้อสอบเท่ากับศูนย์ ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ดังนี้

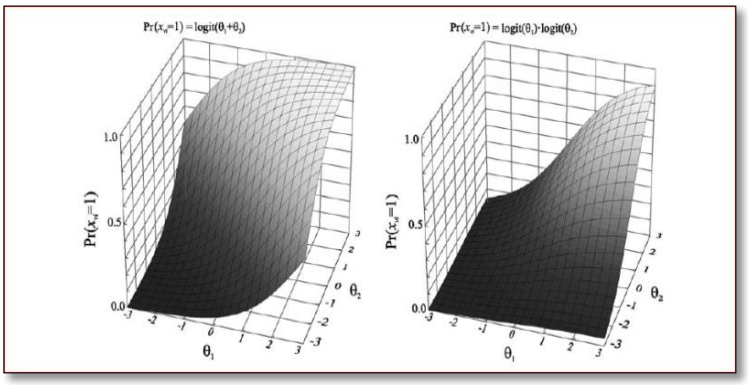
$$\Pr(x|\theta_1,\theta_2) = \text{Logit}(\theta_1+\theta_2) \qquad (10)$$

ในโมเดลนี้ความน่าจะเป็นของความสำเร็จขึ้นอยู่กับผลบวกของความสามารถทั้งในมิติ θ_1 และ θ_2 เพราะว่าความสามารถในมิติหนึ่งจะสามารถทดแทนได้ด้วยมิติอื่น

ใน ปี ค.ศ. 1980 Whitely (อ้างถึงใน พัชรี จันทร์เพ็ง, 2550)ได้เสนอโมเดล Multicomponent Latent Trait Model (MLTM) เพื่อวัดกระบวนการในหลายด้าน ภายใต้ข้อสอบที่มีลักษะของการพิสูจน์หรือแก้ปัญหา โดย MLTM มีการรวมโมเดลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการในการตอบข้อสอบร่วมกับโมเดล IRT ซึ่งศึกษาทั้งในส่วนของ ระดับคุณลักษณะแฝง และการประมาณค่าความยากของข้อสอบ อยู่ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้น ความถูกต้องในการประมาณค่าพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับการประมาณค่าองค์ประกอบทั้งหลาย ถ้าองค์ประกอบไม่สามารถประมาณค่าได้ ข้อสอบจะไม่สามารถประมาณค่าได้เช่นกัน MLTM ถือว่าเป็นโมเดล MIRT ที่ไม่สามารถทดแทนกันได้บางส่วน (a partially non-compensatory MIRT Model) ซึ่งฟังก์ชันการตอบข้อสอบสำหรับ MLTM ที่มีสองมิติอย่างง่าย โดยที่ค่าองค์ประกอบความยากและพารามิเตอร์การเดาเป็นศูนย์ สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้

$$\Pr(x|\theta_1,\theta_2) = \text{Logit}(\theta_1)\cdot\text{Logit}(\theta_2) \qquad (11)$$

ใน MLTM แบบไม่สามารถทดแทนได้ ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูกจะมีค่าสูงถ้าความสามารถทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับข้อสอบนั้นสูงด้วย ดังภาพที่ 2.17 แสดงให้เห็นถึงค่าฟังก์ชันการตอบข้อสอบของโมเดลที่สามารถทดแทนกันได้ตามการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ 10 และโมเดลที่ไม่สามารถทดแทนกันได้ในการแก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวที่ 11



ภาพที่ 17 ฟังก์ชันการตอบข้อสอบจากโมเดล MIRT 2 มิติ แบบสามารถทดแทนกันได้และแบบไม่สามารถทดแทนกันได้

ที่มา : Hartig และ Hóhler (2009)

จากภาพที่ 17 ทางด้านซ้ายคือฟังก์ชันการตอบข้อสอบจากโมเดล MIRT2 มิติ แบบสามารถทดแทนกันได้ส่วนทางด้านขวาคือฟังก์ชันการตอบข้อสอบจากโมเดล MIRT 2 มิติแบบไม่สามารถทดแทนกันได้

3.2) วิธีและโปรแกรมการประมาณค่าพารามิเตอร์

ในโมเดลประกอบด้วยพารามิเตอร์ผู้สอบและพารามิเตอร์ข้อสอบ การประมาณค่าพารามิเตอร์ในปัจจุบันจำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมาณค่า และแต่ละโปรแกรมมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป เช่น วิธีการประมาณค่า โมเดล MIRT ที่ใช้ในการประมาณค่า จำนวนโมเดล MIRT ที่สามารถประมาณค่าได้ ความยากง่ายในการใช้งาน คู่มือการใช้ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูล ในประเด็นวิธีการการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบนั้น Reckase (2009 อ้างถึงใน สมประสงค์ และ เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ , 2554) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใช้ขั้นตอนการประมาณค่าที่หลากหลาย และในปัจจุบันก็ได้มีการพัฒนาโปรแกรมการประมาณค่าใหม่ ๆ ขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับเทคนิคและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ เช่น TESTFACT , NOHARM , ConQues , BMIRT , MAXLOG , POLYFACT , IRTPRO

TESTFACT เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบสำหรับ MIRT ด้วยวิธีการ Exploratory Factor Analysis (EFA) ที่ใช้ประมาณค่า Multidimensional Extension of the two-parameter Normal Ogive Model และใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ Multidimensional of the Three-parameter Normal Ogive Model โดยผู้ใช้ต้องคำนวณค่าการ

เดาจากโปรแกรมอื่น ๆ แล้วนำมาป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรม TESTFACT การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบใช้วิธีการความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method) ที่เรียกว่า Marginal Maximum Likelihood ส่วนการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบใช้วิธีการแบบเบยส์ (Bayesian Estimation Method) ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ค่าอำนาจจำแนกที่มีหลายค่าต่อข้อสอบข้อหนึ่ง (Parameter-a) และได้พารามิเตอร์ความยากหนึ่งค่าต่อข้อสอบหนึ่งข้อ (Parameter-d) รวมถึงประมาณค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ความสามารถ (θ-vector) ให้ด้วย TESTFACT เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลิขสิทธิ์การค้าจึงต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน แต่ผู้ใช้สามารถทดลองใช้ฟรี 15 วัน (ดาวน์โหลดได้ที่ http ://www.ssicentral.com)

NOHARM เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบสำหรับ MIRT ได้ด้วยวิธีการทั้งสองแบบคือ Exploratory Factor Analysis (EFA) และ Confirmatory Factor Analysis (CFA) โดยใช้ชื่อประแกรมจากคำว่า Normal Ogive by Harnmonic Analysis Robust Method การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบใช้วิธีที่เรียกว่า Unweighted least squares เป็นโปรแกรมที่ใช้ประมาณค่า Multidimensional Extension of the 2-Parameter Normal Ogive Model และใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ Multidimensional Extension of the 3-Parameter Normal Ogive Model โดยผู้ใช้ต้องคำนวณค่าการเดาจากโปรแกรมอื่น ๆ แล้วนำมาป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรม NOHARM การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบของโปรแกรม NOHARM ใช้วิธีการที่แตกต่างกันจากโปรแกรม TESTFACT และผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์จะได้ค่าอำนาจจำแนกที่มีหลายค่าต่อข้อสอบหนึ่งข้อ และได้ค่าพารามิเตอร์ความยากหนึ่งค่าต่อข้อสอบหนึ่งข้อ และเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะเป็นฟรีแวร์ (Freeware) ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ทั้งบนระบบดอส (Dos System) และบนวินโดว์ (Windows System) เป็นโปรแกรมที่ทำงานได้รวมเร็วอีกทั้งไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนพารามิเตอร์ที่จะประมาณค่า แต่ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้งาน แต่โปรแกรม NOHARM จะไม่ประมาณค่าองค์ประกอบของเวกเตอร์ความสามารถ ซึ่งหากผู้ใช้งานต้องการประมาณค่าส่วนประกอบของเวกเตอร์จะต้องใช้โปรแกรมอื่น ๆ ช่วยในการประมาณค่า เช่น TESTFAC

ConQuest เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบสำหรับ MIRT ได้ด้วยวิธีการทั้งสองแบบคือ Exploratory Factor Analysis (EFA) และ Confirmatory Factor Analysis (CFA) เป็นโปรแกรมที่ใช้ประมาณค่าได้หลากหลายโมเดล เช่น Multifaceted Item Response Models , Multidimensional Item Response Models , Latent Regression Models โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ MIRT ในตระกูลของ Rasch Models และ

การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบใช้วิธีการความน่าจะเป็นสูงสูด (Maximum Likelihood Method) ที่แตกต่างกันสองแบบคือ Quadrature Approach ใช้เมื่อจำนวน θ มีหนึ่งหรือสองค่า และ Monte Callo Approach ใช้เมื่อจำนวน θ สามค่าขึ้นและสามารถประมาณค่าθ ได้ถึง 15 ค่าต่อข้อสอบหนึ่งข้อ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์การค้าจึงต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน แต่ผู้ใช้สามารถทดลองใช้ฟรี 30 วัน พร้อมคู่มือการใช้ (ดาวน์โหลดได้ที่ http://www.assess.com)

BMIRT (Bayesian Multivariate Item Response Theory) พัฒนาโดย Yao (2003) โปรแกรมดำเนินการโดยวิธี Markov chain Carlo ด้วย Metropolis-Hastings sampling algorithm เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ-ผู้สอบ และการแจกจงประชากรสำหรับชุดของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติทั้งข้อสอบที่ให้คะแนนทั้งสองค่าและแบบสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า โปรแกรมนี้ใช้ในโมเดล M-2PPC และ M-3PL model

MAXLOG พัฒนาโดย McKinley & Reckase ในปี 1983 ให้การประมาณค่าของโมเดลแบบ MC2-PL ผ่าน joint maximum likehood วิธีนี้จะไวต่อการเบี่ยงเบนของพารามิเตอร์อำนาจจำแนกและการประมาณค่าวิธีนี้ไม่เหมาะกับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

POLYFACT พัฒนาโดย Muraki ในปี 1999 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการให้คะแนนแบบหลายค่า และใช้กับโมเดล multidimensional graded response model และ generalized partial credit model ซึ่งใช้กับวิธี marginal Maximum Likelihood ในการประมาณค่าและกำหนดโครงสร้างพารามิเตอร์เชิงยืนยัน

IRTPRO (Item Response Theory for Patient-Reported Outcomes) เป็นลิขสิทธิ์ของ scientific software international (SSI) เป็นโปรแกรมใหม่ล่าสุดสำหรับการสอบเทียบคะแนนจากข้อสอบและคะแนนการทดสอบโดยใช้แนวคิดพื้นฐานจาก IRT ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ได้ทั้งแบบเอกมิติ (unidimensional) พหุมิติ (multimensional) ทั้งแบบการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน หรือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และสามารถใช้ได้กับฟังก์ชันการสอบสนองข้อสอบแบบต่าง ๆ เช่น Two-parameter logistic (2PL : Birnbaum , 1986) , Three-parameter logistic (3PL : Birnbaum, 1986) , graded (Samejima, 1969,1997) , Generalized Partial Credit (Muraki, 1992: 1997) และ Norminal (Bock, 1972 , 1997 ; Thissen , Cai & Bock, 2010) โปรแกรม IRTPRO ใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Maximum Likelihood (ML) และสามารถคำนวณค่า Maximum a posteriori (MAP) สามารถทดลองใช้ฟรี 15 วัน (ดาวน์โหลดได้ที่ http://www.ssicentral.com/irt/)

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์แต่ละโปรแกรมเหมาะสมกับโมเดลที่ต้องการประมาณค่าความสามารถแตกต่างกันไปแล้วแต่ข้อจำกัดของแต่ละโปรแกรมที่จะเลือกใช้เช่น

MAXLOG ไม่เหมาะกับการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงลักษณะของพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เช่น แบบสอบถ้ามีการตรวจให้คะแนนแบบสองค่าหรือแบบหลายค่า ซึ่งบางโปรแกรมสามารถประมาณค่าสำหรับแบบสอบที่มีการให้คะแนนแบบสองค่า แต่บางโปรแกรมสามารถใช้ประมาณค่าได้กับแบบสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่าได้ ดังนั้นผู้ใช้จึงต้องมีการพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้เหมาะกับลักษณะของความต้องการในการประมาณค่าพารามิเตอร์

3.3) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

ความเที่ยง

ตัวบ่งชี้ที่จะใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัด (measurement efficiency) ของแบบเอกมิติและพหุมิติ คือ ความเที่ยงของแบบสอบ (test reliability) และจำนวนของข้อสอบที่ทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในการวัด สำหรับทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory) ความเที่ยงของแบบสอบมีสูตรดังนี้

$$\rho_{ctt} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_x^2} \qquad (12)$$

เมื่อ ρ_{ctt} แทน ความเที่ยงของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

σ_T^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนจริง

σ_x^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้

ในส่วนของทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (item response theory :IRT) หรือเรียกว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ความเที่ยงนั้นจะมีค่าไม่คงที่ซึ่งมีค่าตามระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) แต่สามารถที่จะทำให้ค่าความเที่ยงของแบบสอบมีรูปแบบที่คล้ายกับความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยการนำสารสนเทศของแบบสอบ (test information) มาหาค่าเฉลี่ยทุก ๆ ระดับความสามารถของผู้ตอบจะได้ค่าเฉลี่ยสารสนเทศของแบบสอบ ($\bar{T}$) ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายถึงระดับค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวัดของแบบสอบ จะถูกนำไปแทนค่าเพื่อหาค่าความเที่ยงแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) หรือ เรียกว่า ความเที่ยงของแบบสอบรวม (composite test reliability) ซึ่งหาได้จากสูตร

$$\rho_{IRT} = 1 - \frac{\bar{T}^{-1}}{\sigma_\theta^2} \qquad (13)$$

เมื่อ σ_θ^2 แทน ความแปรปรวนของการแจกแจง θ

ในการคำนวณความเที่ยงของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ต้องใช้เวลาในการคำนวณ เนื่องจากต้องหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function) และหาค่าสารสนเทศของแบบสอบ (test information) แล้วทำการรวมทุก ๆ ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) จึงจะได้ค่าเฉลี่ยสารสนเทศของแบบสอบ mislevey (1992) จึงได้เสนอให้ใช้การประมาณค่าแบบ marginal maximum-likelihood (MML) โดยใช้การประมารค่าแบบ marginal maximum-likelihood (MML) ว่าเป็นความเที่ยงของแบบสอบเช่นกัน

$$\rho_{MML} = \frac{\sigma^2_{EAP}}{\sigma^2} \qquad (14)$$

เมื่อ σ^2_{EAP} แทน ความแปรปรวนของการประมาณค่าแบบ expected a posterior (EAP)

σ^2 แทน ความแปรปรวนของคุณลักษณะแฝง (latent trait)

เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่วิเคราะห์ *IRT* จะใช้การปะมาณค่าแบบ marginal maximum-likelihood (MML) รายงานผลทั้งการประมาณค่าความแปรปรวนคุณลักษณะแฝง (σ^2) และการประมาณค่า expected a posterior (EAP)

ความตรง

ความตรง (validity) เป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการพัฒนาและการประเมินเครื่องมือวัด ความตรงที่ใช้วัดคุณลักษณะทางจิตส่วนใหญ่คือความตรงเชิงโครงสร้างหรือความตรงเชิงทฤษฎี (construct) ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการวัดได้ตรงตามลักษณะที่มุ่งวัดโดยผลการวัดมีความสอดคล้องกับโครงสร้างและความหมายทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัดนั้น (ศิริชัย กาญจนวาสี , 2552) ซึ่งสามารถแสดงหลักฐานความตรงได้โดย 1) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analyses) 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exproratory factor analysis) 3) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) 4) ลักษณะความเป็นเอกมิติ (unidimensionality) 5) ลักษณะความเป็นพหุมิติ (multidimensionality) ซึ่งในธรรมชาติของคุณลักษณะที่มุ่งวัดนั้นส่วนใหญ่จะมีหลายมิติและมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในแต่ละมิติและการนำวิธีการตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบยังมิได้มีผู้ศึกษามากนัก

3.4) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติไปใช้เกี่ยวกับในการวัดและประเมิน ในประเด็นต่าง ๆ พบว่า งานวิจัยในแนวนี้จะมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายแนวทาง ซึ่งได้รวบรวมและสรุปได้ดังนี้ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และ

ความสามารถที่เป็นคุณลักษณะแฝงที่มีในตัวของผู้สอบ (Segal, 2001 ; Spencer, 2004 ; Yao and Schwarz, 2006 ; Zhang and Stone, 2008 ; Hóhler , Harting and Goldhammer, 2010.) การประเมินและตรวจสอบความเป็นพหุมิติภายใต้ข้อมูลที่ได้จากการสอบ (Yu and Nandakumar, 2001 ; Zhang, 2007 ; ชัยวิชิต เชียรชนะ, 2552 ; สุกัญญา ทองนาค, 2555)

งานวิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถที่เป็นคุณลักษณะแฝงที่มีในตัวของผู้สอบ

ได้มีการศึกษางานวิจัยในแนวนี้จะมีการนำไปประยุกต์ใช้ใน การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และความสามารถที่เป็นคุณลักษณะแฝงที่มีในตัวของผู้สอบ Segal (2001) ; Spencer (2004) ; Yao และ Schwarz (2006) ; Zhang และ Stone (2008) ; Hóhler , Harting และ Goldhammer (2010) ; ซึ่งมีรายละเอียดของงานวิจัยดังนี้

Segal (2001) ได้ทำการศึกษาถึงวิธีใหม่ สองวิธีที่จะปรับปรุงความแม่นยำในการวัดของปัจจัยของการทดสอบทั่วไป วิธีที่หนึ่งให้การประมาณค่าความสามารถ ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่ได้มาจากการบริหารการสอบแบบดั้งเดิม (conventional administrations) ของข้อสอบแบบหลายตัวเลือกที่ประเมินมิติทั่วไปและมิติที่รบกวน (general and nuisance dimensions) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการเลือกข้อสอบแบบปรับเหมาะ ซึ่ง Daniel O. Segal ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการเลือกข้อสอบที่เหมาะสมและทำให้เกิดความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ 5 วิธี ประกอบด้วย (1) Conventional number-right (CONV-NR) (2) Unidimensional adaptive testing (CAT-UNI) (3) Multi-unidimensional adaptive testing (CAT-MUNI) (4) Conventional item selection with MIRT-scoring (CONV-MIRT) และ (5) Multidimensional adaptive testing (GMAT) เพื่อให้เกิดความแม่นยำสูงสุดในการให้คะแนนความสามารถทั่วไป ซึ่งวิธีที่เหมาะสมที่สุดในห้าวิธีคือ GMAT ซึ่งวิธีนี้ได้แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมากของความแม่นยำบนการเลือกข้อสอบทางเลือก (alternative item selection) และกระบวนการให้คะแนน ผลที่ได้จากการศึกษาได้เสนอวิธีการใน การทดสอบแบบใหม่ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญของความแม่นยำของการเรียนและการปฏิบัติในหลายกรณี จากการศึกษาจากแบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ The Armed Services Vocational Aptitude Battery (ASVAB)

Spencer (2004) ได้ทำการเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของการใช้วิธีการประมาณค่าโมเดลที่ได้มาจากทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) คือ วิธี one-parameter logistic item response theory หรือ Rasch model (1-PL IRT model) กับ กับ multi-dimensional compensatory one-parameter logistic model (MC1-PL IRT Model) สถานการณ์สมมติได้สำรวจทั้งข้อสอบระดับหนึ่งมิติ และ พหุมิติ รวมทั้งข้อมูลระดับบุคคลได้ถูกใช้ในการสร้างการตอบ

ข้อสอบ การจำลองข้อมูลได้สะท้อนการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงของ 2 มิติความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการที่จำเป็นและการคำนวณในขอบเขตของคณิตศาสตร์พื้นฐาน ในทุกสถานการณ์ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า MC1-PL IRT Model เหนือกว่าอีกวิธีหนึ่ง ในความถูกต้องของการประมาณค่าทั้งในพารามิเตอร์ของผู้สอบแบบพหุมิติและเอกมิติ ตลอดจนถึง พารามิเตอร์ของข้อสอบแบบเอกมิติ และ โมเดล MC1-PL IRT ได้แสดงความแม่นยำมากกว่าในการเรียกคืนของค่าความยากของข้อสอบ และ ค่า ความสามารถของบุคคล (Theta values) พร้อมมิติหลักแต่ละมิติ ตลอดจน ปัจจัยทั่วไปลำดับที่สอง(Z –composite) สถิติที่เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั่วไปกับ 1-PL IRT model ไม่มีความละเอียดอ่อนต่อโครงสร้างระดับของข้อสอบพหุมิติ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบคือ ConQuest

Yao และ Schwarz (2006) ได้ทำการศึกษาการใช้ โมเดลของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แบบ Multidimensional Partial โดยประยุกต์ใช้กับแบบสอบที่มีรูปแบบผสม โดยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้ถูกเสนอเพื่อให้มีความเข้าใจถึงการสร้างแบบพหุมิติของข้อมูลเพื่อกำหนดลักษณะของการวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียน compensatory multidimensional two-parameter partial credit model (M-2PPC model) สำหรับคุณลักษณะของข้อสอบสำหรับข้อมูลแบบหลายตัวเลือกได้ใช้ compensatory multidimensional three-parameter logistic model (M-2PPC) ซึ่งการประมาณค่าโมเดลเหล่านี้ใช้วิธี Markov chain monte Carlo ลักษณะของการประเมินค่าโมเดล และ ลักษณะของข้อสอบ รวมถึงฟังก์ชันของแบบสอบ และได้มีการนำเสนอค่าทางสถิติแบบพหุมิติ เช่น ค่าสารสนเทศ ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก สำหรับ M-3PL model และ M-2PPC model และได้มีการตรวจสอบโครงสร้างด้วยโมเดลเชิงสำรวจ การวิเคราะห์ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติใช้ได้กับโปรแกรมการประเมินจำนวนมากของแบบสอบที่มีลักษณะผสม โปรแกรมที่ใช้ในการดำเนินการคือ Bayesian Multivariate Item Response Theory (BMIRT)

Zhang และ Stone (2008) ได้ศึกษาถึงประโยชน์ของการเสนอสถิติแบบstandard chi-square (s-χ^2) ของ Orlando และ Thissen ในการประเมินความเหมาะสมของข้อสอบสำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ การศึกษาจากสถานการณ์จำลอง Monte Carlo ได้ดำเนินการตรวจสอบทั้งความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I error) และ อิทธิพลทางสถิติของสถิติที่เหมาะสมในการทำการวิเคราะห์โครงสร้างแบบสอบที่เป็นพหุมิติ 2 ประเภทคือ โครงสร้างอย่างง่ายโดยประมาณ (approximate simple structure) และ โครงสร้างที่มีความซับซ้อน (complex structure) ซึ่งโดยรวมแล้วผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสถิตินี้มีความสามารถในการประเมินความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ซึ่งมีความสำคัญในการที่จะระบุ

โครงสร้างของแบบทดสอบที่เป็นแบบพหุมิติ ก่อนที่สถิติเหล่านี้จะได้ถูกนำมาใช้ ซึ่งสำหรับแบบทดสอบที่มีโครงสร้างอย่างง่ายโดยประมาณ การแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างถูกประมาณโดย standard chi-square แต่สำหรับบางแบบสอบทีมีโครงสร้างที่ซับซ้อน การประมาณค่าจะมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

Hóhler , Harting และ Goldhammer (2010) ได้ศึกษาถึงการรวมกันของการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel : ML) และ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) ได้ให้วิธีที่มีคุณค่าสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินทางการศึกษา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม (เช่น นักเรียนที่แต่ละชั้นเรียน) และ คุณลักษณะแบบพหุมิติที่มักจะเกิดขึ้นบ่อย ซึ่งจะยอมให้มีการสร้างโมเดลมิติของความสามารถขึ้นหลายโมเดลในขณะเดียวกันได้นำโครงสร้างแบบลำดับขั้นมาใช้ในการอธิบาย โครงสร้างแบบพหุมิติของสมรรถนะทางภาษาต่างประเทศของนักเรียน ภายในและระหว่างชั้นเรียนได้ถูกศึกษาโดยประยุกต์ใช้โมเดลการวัดแบบ ML-MIRT กับนักเรียนจำนวน 9,410 คน ใน 427 ห้องเรียน ซึ่งมีการตอบแบบสอบเกี่ยวกับภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศซึ่งมีแบบสอบย่อยทั้งหมด 3 ชุด อันได้แก่ ความเข้าใจในการอ่าน (Reading Comprehension) ความเข้าใจในการฟัง (Listening Comprehension) และความตระหนักรู้ทางภาษา (Language Awareness) ผลที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบให้เห็นถึงโมเดล MIRT ที่ไม่ได้คำนึงถึงโครงสร้างแบบพหุระดับ โครงสร้างความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนได้ถูกพบภายในชั้นเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างห้องเรียนและเปรียบเทียบกับโมเดลที่ไม่ได้มีโครงสร้างแบบพหุระดับ ผลการยังศึกษายังแสดงให้เห็นโดยการสร้างโมเดลโครงสร้างพหุระดับแฝง การประมาณค่าและการตีความของโปรไฟล์ความสามารถในความสามารถที่เป็นไปได้แม้ว่าในมิติความสามารถเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กันอย่างมากก็ตาม

งานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินและตรวจสอบความเป็นพหุมิติภายใต้ข้อมูลที่ได้จากการสอบ

ได้พบงานวิจัยในแนวนี้จะมีการนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินและตรวจสอบความเป็นพหุมิติภายใต้ข้อมูลที่ได้จากการสอบ Yu และ Nandakumar (2001) ; Zhang (2007) ; ชัยวิชิต เชียรชนะ (2552) และ สุกัญญา ทองนาค (2555) ซึ่งมีรายละเอียดของงานวิจัยดังนี้

Yu และ Nandakumar (2001) การศึกษาครั้งนี้เพื่อตรวจสอบความตรงของกระบวนการ poly-DETECT เพื่อกำหนดความเหมาะสมของโครงสร้างแบบพหุมิติอย่างง่ายและเพื่อหาปริมาณของระดับความเป็นพหุมิติในข้อมูลที่มีการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่าผ่านการศึกษาด้วยการจำลองข้อมูลและการวิเคราะห์จากข้อมูลจริง ทั้งแบบเอกมิติ และข้อมูลแบบสองมิติ ได้ถูกสร้างขึ้นในการจำลองข้อมูลทั้งแบบสมบูรณ์และแบบ balanced incomplete Block (BIB) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแบบพหุมิติ มีความคล้ายคลึงกันระหว่าง ข้อมูลที่สอดคล้องอย่างสมบูรณ์ และข้อมูลแบบ BIB โดยการใช้กระบวนการ poly-DETECT แม้ว่าการศึกษาจากสถานการณ์จำลองจะให้ผลที่ชี้ว่า

จำนวนประเภทของการตอบข้อสอบไม่มีผลต่อความสามารถของกระบวนการ poly-DETECT ในการเพิ่มปริมาณของระดับความเป็นพหุมิติของข้อมูล

Zhang (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการในการตรวจจับความเป็นพหุมิติซึ่งมีพื้นฐานเริ่มต้นจากความแปรปรวนร่วมอย่างมีเงื่อนไขโดยเริ่มแรกจะใช้ในการตรวจจับข้อมูลที่ได้จากการข้อสอบแบบการตรวจให้คะแนน 2 ค่า คือ 0-1 แต่การศึกษาในครั้งนี้ได้ขยายแนวคิดไปใช้ในการตรวจจับความเป็นพหุมิติของข้อมูลจากข้อสอบซึ่งจะทำให้สามารถเลือกมิติที่เหมาะสมให้กับข้อสอบข้อหนึ่งที่อาจวัดในคุณลักษณะที่คล้ายกัน และเป็นข้อสอบที่เป็นการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า เซตของการสุ่มตัวอย่างข้อมูลที่ซับซ้อน และ ค่า missing values ทั้งจากการออกแบบและการสุ่ม โดยกระบวนการที่ศึกษานี้คือ DETECT โดยกระบวนการนี้ใช้พื้นฐานเกี่ยวกับค่าความแปรปรวนร่วมอย่างมีเงื่อนไข และค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งใช้ยืนยันการจัดกลุ่ม (จัดระดับชั้นโดยใช้เนื้อหาเป็นฐานของข้อสอบ) ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำไปประยุกต์กับการวิเคราะห์โครงสร้างของมิติของการประเมินการอ่าน จากกลุ่มตัวอย่างที่อยู่เกรด 4 และ 8 ของ การประเมินจาก NEAP (National Assessment of Education Progress) ในปี ค.ศ. 1983-1984 ผลจากกระบวนการ DETECT โดยการใช้โปรแกรมซอฟแวร์ ที่ชื่อ polyDETECT ในการวิเคราะห์โครงสร้างของมิติของข้อมูล แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างการทดสอบที่สำคัญขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการอ่านซึ่งมีความสอดคล้องกับโครงสร้างมิติทางสถิติสำหรับระดับใด และชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าไม่เป็นการเหมาะสมที่จะกล่าวว่าข้อมูลจากการอ่านนั้นเป็นแบบเอกมิติ ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในการประเมินการอ่านของ NEAP ส่วนในการวิเคราะห์โครงสร้างของการประเมินการอ่านของ NEAP ในปี ค.ศ. 2002 พบว่าก็ยังคงมีความเป็นพหุมิติที่ไม่ชัดเจน

ชัยวิชิต เชียรชนะ (2552) ได้พัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลจากการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างแบบพหุมิติเมื่อแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โมเดลโครงสร้างกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติประกอบด้วย กลยุทธ์การรู้คิด กลยุทธ์จิตพิสัย และกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ มีการตรวจสอบความเที่ยงด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติและตรวจสอบคความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยเมดลโครงสร้างกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติมีความเหมาสมมากว่าแบบเอกมิติรวม (Deviance Statistic ของโมเดลพหุมิติ = 56,737.589 , โมเดลเอกมิติรวม = 56,527.426) และเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติแยกตามมิติ (AIC ของโมเดลพหุมิติ =56,737.589 , โมเดลเอกมิติแยกตามมิติ = 63,750.977) โดยการใช้โปรแกรม CONQUEST2.0 และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 758.582 (df = 705 , p = .079) , GFI = .947 , AGFI = .926 , RMSEA = .011) โดยใช้โปรแกรม LISREL และค่าวามเที่ยงของแบบวัดกลยุทธ์ที่ประมาณค่าด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (alpha coefficient) มีค่าความเที่ยง

ด้านกลยุทธ์การคิด (.821) ด้านกลยุทธ์จิตพิสัย (.824) และด้านกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ (.832) และเมื่อแสดงหลักฐานความเที่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ โดยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (marginal maximum-likelihood ; MML) ได้ค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability ด้านกลยุทธ์การคิด (.849) ด้านกลยุทธ์จิตพิสัย (.878) และด้านกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ (.844) ซึ่งการประมาณค่าความเที่ยงวิธินีเป็นการประยุกต์ค่ความเที่ยงขอองแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (item response theory) ให้มีรูปที่คล้ายกับความเที่ยงตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory)

สุกัญญา ทองนาค (2555) ได้พัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาควัดสมรรถนะ 3 ด้าน คือด้านความรู้-คิด ด้านทักษะและความสามารถ และด้านคุณลักษณะที่มีความเที่ยงโดยการวิเคราห์พหุมิติ (EAP reliability) เท่ากับ 0.8381 , 0.8803 , 0.7875 และมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยโมเดลการวัดสมรรถนะนักศึกษาตามาตรฐานวิชาครูแบบพหุมิติภายในข้อมีความเหมาะสมมากว่าแบบเอกมติรวม (Deviance statistic ของโมเดลพหุมิติภายในข้อ = 600,980.415 โมเดลเอกมิติรวม = 601,992.415 โมเดลเอกมิติแยกตามมิติ=602,993.114) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์เท่ากับ 58.46 (df = 44 , p = 0.071X , GFI = 0.999 , AGFI = 0.995 ,RMR = 0.041 และ RMSEA = 0.012 นอกจากนี้ยังได้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) อำนาจจำแนก (a) และค่าฟังก์ชันสารสนเทศความสามารถของผู้สอบกับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบบนมิติm,...,k โดยการใช้โปรแกรมCONQUEST 2.0

ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิตไว้ดังตารางที่ 3

Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับ MIRT
Segal (2001)	ศึกษาถึงวิธีใหม่ สองวิธีที่จะปรับปรุงความแม่นยำในการวัดปัจจัยของการทดสอบทั่วไป	เพื่อเปรียบเทียบวิธีการเลือกข้อสอบที่เหมาะสมและทำให้เกิดความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถ 5 วิธี ประกอบด้วย (1) Conventional number right (CONV-NR) (2) Unidimensional adaptive

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับ MIRT
		testing (CAT-UNI) (3) Multi-unidimensional adaptive testing (CAT-MUNI) (4) Conventional item selection with MIRT-scoring (CONV-MIRT) (5) Multidimensional adaptive testing (GMAT)
Yu and Nandakumar (2001)	ตรวจสอบความตรงของกระบวนการ poly-DETECT ด้วยการจำลองข้อมูลและการวิเคราะห์จากข้อมูลจริง ทั้งแบบเอกมิติ และข้อมูลแบบสองมิติ ได้ถูกสร้างขึ้นในการจำลองข้อมูลทั้งแบบสมบูรณ์และแบบ balanced incomplete Block (BIB)	ตรวจสอบความตรงเพื่อกำหนดความเหมาะสมของโครงสร้างแบบพหุมิติอย่างง่าย และเพื่อหาปริมาณของระดับความเป็นพหุมิติในข้อมูลที่มีการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า
Spencer (2004)	ได้ทำการเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของการใช้วิธีการประมาณค่าโมเดล มีการจำลองข้อมูลได้สะท้อนการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงของ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการที่จำเป็นและการคำนวณในขอบเขตของ	เปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของการใช้วิธีการประมาณค่าโมเดลที่ได้มาจากทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) คือวิธี one-parameter logistic item response theory หรือ Rasch model (1-PL IRT model) กับ multi

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับ MIRT
	คณิตศาสตร์พื้นฐานในทุกสถานการณ์	dimensional compensatory one-parameter logistic model (MC1-PL IRT Model)
Zhang (2007)	ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการในการตรวจจับ (detect) ความเป็นพหุมิติ ซึ่งมีพื้นฐานเริ่มต้นจากความแปรปรวนร่วมอย่างมีเงื่อนไข จากการข้อสอบแบบการตรวจให้คะแนน 2 ค่าคือ 0-1 และเป็นข้อสอบที่เป็นการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า	การตรวจจับความเป็นพหุมิติของข้อมูลจากข้อสอบซึ่งจะทำให้สามารถเลือกมิติที่เหมาะสมให้กับข้อสอบข้อหนึ่งที่อาจวัดในคุณลักษณะที่คล้ายกัน
Zhang and Stone (2008)	ได้ศึกษาถึงประโยชน์ของการเสนอสถิติแบบ standard chi-square (s-χ^2) ของ Orlando และ Thissen	ประเมินความเหมาะสมของข้อสอบสำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติตรวจสอบทั้งความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I error) และ อิทธิพลทางสถิติของสถิติที่เหมาะสมในการทำการวิเคราะห์โครงสร้างแบบสอบที่เป็นพหุมิติ

ตารางที่ 3 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) (ต่อ)

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับ MIRT
Hóhler , Harting and Goldhammer (2010)	ได้ศึกษาถึง การรวมกันของการวิเคราะห์พหุระดับ (Multilevel : ML) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการประเมินทางการศึกษา	มีการสร้างโมเดลมิติของความสามารถขึ้นหลายโมเดลได้ นำโครงสร้างแบบลำดับขั้นมาใช้ในการอธิบาย โครงสร้างแบบพหุมิติของสมรรถนะทางภาษาต่างประเทศภายในและระหว่างชั้นเรียนได้ถูกศึกษาโดยประยุกต์ใช้โมเดลการวัดแบบ ML-MIRT
ชัยวิชิต เชียรชนะ (2552)	พัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย	การตรวจสอบความเที่ยงด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
กัญญา ทองนาค (2555)	พัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค	การตรวจสอบความเที่ยงด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติและตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ได้มีการศึกษาถึงการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยนำโมเดลตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมาใช้มากยิ่งขึ้น แต่ก็ยังมีการนำมาใช้ไม่

มากนักในการพัฒนาการประเมินความสามารถที่มีลักษณะโครงสร้างทางพหุมิติ ที่จะเห็นได้ชัดเจนคือการนำมาใช้ในการประเมินความสามารถทางภาษาอังกฤษ และการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาจากสถานการณ์จำลอง ไม่ได้ศึกษาจากข้อมูลที่เป็น real data เท่าใดนัก นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญในการประเมินความสามารถของคุณลักษณะแฝงที่มีลักษณะความเป็นพหุมิติ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องใช้ความสามารถในหลายมิติประกอบเข้าด้วยกันจึงจะสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ยังไม่มีผู้ที่ศึกษาจริงจัง นอกจากจะนำโมเดลตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมาใช้ออกแบบเพื่อพัฒนาระบบการประเมินความสามารถของคุณลักษณะแฝงที่มีลักษณะเป็นพหุมิติแล้วนั้น การตรวจสอบโครงสร้างความเป็นพหุมิติและการแยกมิติของเครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินความสามารถที่เป็นลักษณะพหุมิติก็มีความสำคัญและกำลังเป็นที่ศึกษากันอยู่ในทศวรรษที่ผ่านมา

ตอนที่ 4 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด

แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัดประกอบด้วย 4.1) มโนทัศน์เบื้องต้น 4.2) วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด และ 4.3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1) มโนทัศน์เบื้องต้น

การกำหนดคะแนนจุดตัด (Setting Cutscores or Setting cutpoint) เป็นการกำหนดคะแนนเพื่อใช้เป็นขีดจำกัด (Threshold) ในการแบ่งคะแนนสอบตามระดับความสามารถของผู้สอบ (Towler-Reeves , 2008 อ้างถึงใน ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ , 2554). ผู้เชี่ยวชาญบางท่านใช้คำว่ามาตรฐาน (Starndard) ในความหมายเดียวกับคำว่า คะแนนจุดตัด (Cutscores) จึงมีการเรียกกระบวนการกำหนดคะแนนจุดตัดว่าเป็นการกำหนดมาตรฐาน (Standard setting) ซึ่งการกำหนดคะแนนจุดตัดมีวิวัฒนาการมากกว่า 60 ปี โดยคะแนนจุดตัดถูกนำมาใช้เพื่อการตีความและอธิบายคะแนนสอบโดยเฉพาะการทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced testing)

ความหมายของคะแนนจุดตัด

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดจัดมีนักวิชาการให้ความหมายไว้ดังนี้ (อ้างถึงใน สิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ , 2554)

Berk (1986) ได้ให้ความหมายของคะแนนจุดตัดว่าเป็นจุดที่ใช้แบ่งคะแนนออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเป็นคะแนนของผู้สอบที่จัดว่าเป็นผู้รอบรู้ อีกส่วนหนึ่งเป็นคะแนนของผู้สอบที่จัดว่าเป็นผู้ไม่รอบรู้ เนื่องจากคะแนนจุดตัดเป็นค่าที่ได้จากการสังเกตเพราะฉะนั้นการกำหนดคะแนนจุดตัด จึงย่อมมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) สำหรับความคลาดเคลื่อนนี้ Berk แบ่งออกเป็น 2

ประเภทคือ ความคลาดเคลื่อนที่มีผู้สอบที่มีความรอบรู้อย่างแท้จริง แต่ถูกจัดประเภทไม่มีความรอบรู้ (False positive) และ ความคลาดเคลื่อนที่ผู้สอบที่ไม่รอบรู้อย่างแท้จริงถูกจัดประเภทมีความรอบรู้ (False negative)

Bejar (2008) ได้กล่าวว่า คะแนนจุดตัด คือ คะแนนหรือจุดที่ใช้แบ่งผู้สอบออกเป็นสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มตามคะแนนที่ได้

Zieky และคณะ (2008) ได้ให้ความหมายของคะแนนจุดตัดไว้ว่าเป็นคะแนนหนึ่งบนสเกลของคะแนนสอบทั้งหมดที่กำหนดเพื่อเป็นเกณฑ์สำหรับแบ่งผู้สอบเป็นกลุ่ม

สิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ (2554) ได้ให้ความหมายของคะแนนจุดตัด เป็นคะแนนที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ตามคะแนนของนักเรียน

จากที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า คะแนนจุดตัด เป็นคะแนนผ่านที่ต่ำที่สุดที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มนักเรียนออกตามวัตถุประสงค์ของการจัดแบ่งกลุ่ม

ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับคะแนนจุดตัด

ลักษณะสำคัญของคะแนนจุดตัดตามแนวคิดของนักการศึกษาและนักวัดผลแต่ละท่านได้เสนอไว้ดังนี้ (Millman, 1973 ; Livingston & Zieky, 1982 ; Halpin, 1987 ; Kane, 1994 ; Boursicot et al., 2006 ; Norcini, 2003)

(1) คะแนนจุดตัดมีบทบาทเพื่อตัดสินใจ

ในการตัดสินใจโดยใช้คะแนนจากการสอบซึ่งเป็นข้อมูลเพียงบางส่วนของผู้สอบ จะต้องหาวิธีการที่ดีที่สุดในการนำคะแนนจากการสอบมาใช้พิจารณาตัดสินซึ่งการตัดสินใจมี 2 แนวทาง คือ การตัดสินใจเชิงสัมบูรณ์ (Absolute Decision) เป็นการตัดสินใจโดยใช้คะแนนสอบเทียบกับเกณฑ์ คะแนนจุดตัดจะมีบทบาทเป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจ แต่ถ้าเป็นการตัดสินใจเชิงสัมพัทธ์ (Relative Decision) เป็นการตัดสินใจโดยการเปรียบเทียบคะแนนสอบของผู้สอบภายในกลุ่ม

(2) คะแนนจุดตัดเป็นคะแนนซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสิน

คะแนนจุดตัดเป็นคะแนนที่ได้จากการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะตัดสินโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ในขณะนั้น ดังนั้นการเลือกผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญและต้องมีเอกสารประกอบการตัดสินใจที่เพียงพอเพื่อให้ได้คะแนนจุดตัดที่มีความน่าเชื่อถือ นอกจากนี้การกำหนดคะแนนจุดตัดอาจพิจารณาถึงระดับความสามารถในการทำแบบทดสอบของคนอื่น (Performance of Other) โดยเฉพาะผลการสอบของกลุ่มที่ผ่านการยอมรับ ย่อมนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณากำหนดมาตรฐานได้

(3) ไม่มีคะแนนจุดตัดจริง

คะแนนจุดตัดที่กำหนดขึ้นเป็นเพียงคะแนนที่ได้จากการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญกลุ่มนั้น ๆ เท่านั้นและใช้กับการตัดสินใจหนึ่ง ๆ เฉพาะเท่านั้น

(4) อาจมีการกำหนดระดับความสามารถผิดพลาดได้

การใช้คะแนนจุดตัดเพื่อตัดสินใจกำหนดกลุ่มนั้น อาจมีโอกาสในการกำหนดกลุ่มผิดได้ เนื่องจากการที่จะเปลี่ยนจากกลุ่มหนึ่งไปอีกกลุ่มหนึ่งนั้นคะแนนต่างกันเพียงหนึ่งค่าเท่านั้น จึงอาจทำให้เกิดการกำหนดกลุ่มผิดพลาดได้ และผลการศึกษาที่จะตามมาจากการกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน (Educational Consequences) หรือคะแนนจุดตัดนั้นถ้าหากว่า กำหนดต่ำเกินไปอาจมีผลเสีย คือ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเรียนบทเรียนที่สูงต่อไปได้ แต่ถ้ากำหนดมาตรฐานสูงเกินไป จะมีผลทำให้มีผู้ไม่รอบรู้ตกเป็นจำนวนมาก

(5) ความคลาดเคลื่อนในการเดาอาจส่งผลต่อการจำแนกกลุ่ม

ความคลาดเคลื่อนในการเดา และการสุ่มข้อสอบ (Error due to chance anditem sampling) การกำหนดมาตรฐานหรือคะแนนจุดตัดควรคำนึงถึงโอกาสที่ผู้สอบจะเดาถูก รวมทั้งลักษณะการสุ่มข้อสอบจากประชากรข้อสอบทั้งหมดในขอบเขตเนื้อหาที่กำหนดขึ้นด้วย

คะแนนจุดตัดมีลักษณะเป็นการกำหนดคะแนนแบบ subjective จึงอาจมีความผิดพลาดหรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดสิน ดังนั้นจะต้องมีการพิจาณาถึงการเลือกวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดและจุดประสงค์ของการนำคะแนนจุดตัดไปใช้เพื่อให้คะแนนจุดตัดที่ได้นำมาใช้ประโยชน์ได้จริง

4.2) วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด

วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดได้แบ่งออกเป็นหลายลักษณะตามแนวคิดของนักการศึกษาและนักวัดผล ซึ่งแกลส (Glass, 1978) ได้แบ่งวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดออกเป็น 6 วิธีคือ

(1) การใช้คะแนนของคนอื่น (Performance of Others)

การกำหนดจุดตัดวิธีนี้ จะอาศัยหลักการกำหนดคะแนนจุดตัดที่สอดคล้องกับคะแนนเปอร์เซ็นต์ของผู้สอบผ่านเกณฑ์ซึ่งระบุไว้ล่วงหน้าโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญเนื้อหาวิชา แล้วให้ระบุเปอร์เซ็นของผู้อื่นว่ามีควรเป็นเท่าไรก่อน แล้วหาคะแนนที่สอดคล้องกับเปอร์เซ็น

(2) การใช้วิธีนับถอยหลังจาก 100% (Counting Backwards from 100%)

วิธีการนี้จะอาศัยหลักการเดียวกับการกำหนดค่าเกณฑ์หรือระดับมาตรฐานของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คือ ค่าเกณฑ์จะต้องกำหนดตามความสำคัญของจุดประสงค์ ถ้าจุดประสงค์ใดไม่ความสำคัญมากกว่า เกณฑ์ที่ต้องการ ต้องเป็น 100% ถ้าจุดประสงค์ใดมีความสำคัญน้อยลงมา ค่าเกณฑ์ที่ต้องการก็จะลดต่ำลงมาจาก 100% เช่น 95% , 90% หรือ 80%

(3) การปรับคะแนนเกณฑ์อื่น ๆ (Bootstrapping on Other Criterion Scores)

วิธีการนี้เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัด โดยอาศัยเกณฑ์ภายนอกเป็นตัวเปรียบเทียบเกณฑ์ภายนอกนี้จะต้องเป็นที่ยอมรับทั่วไป และประจักษ์ที่จะชี้บอกถึง “ความรอบรู้” หรือ “ความสำเร็จ”

(4) การตัดสินใจโดยการพิจารณาจากความสามารถต่ำสุดของผู้สอบ (Judging Minimal Competence)

เป็นวิธีการตัดสินที่ขึ้นอยู่กับข้อคำถามในแบบทดสอบวิธีนี้เรียกว่า เป็นวิธีการพิจารณาจากความสามารถต่ำสุดของผู้สอบ เป็นวิธีการที่อาศัยแนวคิดเกี่ยวกับผู้สอบที่มีความรู้ และทักษะอยู่ในระดับคาบเส้น (Borderline) ระหว่างกลุ่มที่ได้คะแนนสูงกับกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ คะแนนของผู้สอบที่มีความรู้และทักษะอยู่ในระดับคาบเส้นก็จะเป็นคะแนนจุดตัดของการตัดสินใจโดยอาศัยวิธีนี้ จะต้องพิจารณาจากข้อคำถามในแบบทดสอบวิธีการนี้สามารถกำหนดคะแนนจุดตัดได้ ทั้งก่อนและหลังการนำแบบทดสอบไปทำการดำเนินการสอบ กล่าวโดยสรุปจะเห็นว่า วิธีนี้จะมุ่งพิจารณาที่เนื้อหาของแบบทดสอบเป็นสำคัญ เพราะฉะนั้นผู้ตัดสินหรือผู้เชี่ยวชาญจะต้องพิจารณาว่า ผู้สอบที่อยู่ในระดับคาบเส้นจะต้องสามารถตอบข้อคำถามแต่ละข้อในแบบทดสอบได้อย่างไร

ซึ่งลักษณะของการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการตัดสินใจโดยการพิจารณาจากความสามารถต่ำสุดของผู้สอบได้มีนักวิชาการหลายท่านได้มีแนวคิดในลักษณะนี้ที่คล้ายคลึงกัน เช่น วิธีการของแองกอฟ (Angoff, 1971) ที่อาศัยหลักการของความน่าจะเป็นที่นักเรียนซึ่งมีความสามารถต่ำสุด (ความสามารถคาบเส้น) ที่จะสามารถตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้ถูก โดยนำไปใช้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านพิจารณาค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้ถูกแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมากำหนดเป็นคะแนนจุดตัด

(5) การใช้ทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision-Theoretic Approaches)

เป็นวิธีที่อาศัยความสัมพันธ์ของคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกฑณ์กับเกณฑ์ภายนอกที่สอดคล้องซึ่งกำหนดไว้ก่อน โดยการสร้างฟังก์ชันของคะแนนจุดตัด ซึ่งได้จากการใช้เกณฑ์ภายนอกจำแนกคนเป็นสองกลุ่ม เช่น ใช้เกณฑ์แบ่งคนเป็นกลุ่มที่จบการศึกษากับกลุ่มที่ไม่จบการศึกษา ผู้ที่ได้รับจ้างและผู้ที่ไม่ได้รับจ้าง ผู้ที่รอบรู้และผู้ที่ไม่รอบรู้ เป็นต้น สัดส่วนของคนทั้งสองกลุ่ม แทนด้วย P_B และ 1- P_B ตามลำดับ แล้วให้คนทั้งสองกลุ่มนี้ทำแบบสอบอิงเกณฑ์และกำหนดคะแนนจุดตัด (C_x) ขึ้นมาใช้แบ่งกลุ่มคนออกเป็นผู้สอบผ่านและไม่ผ่านเกณฑ์ จะทำให้เกิดการจำแนกคนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังตัวอย่าง

		เกณฑ์ภายนอก ผ่าน	ไม่ผ่าน	
เกณฑ์ของแบบทดสอบ	ไม่ผ่าน	P_A	P_B	$1-P_c$
	ผ่าน	P_C	P_D	P_c
		P_E	$1-P_E$	1

เมื่อ P_A แทน สัดส่วนของจำนวนคนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ แต่ผ่านเกณฑ์ภายนอก เป็นการจำแนกผิดทางลบ

เมื่อ P_B แทน สัดส่วนของจำนวนคนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ และไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก เป็นการจำแนกถูก

เมื่อ P_C แทน สัดส่วนของจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ และผ่านเกณฑ์ภายนอก เป็นการจำแนกถูก

เมื่อ P_D แทน สัดส่วนของจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์ของแบบทดสอบ แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก เป็นการจำแนกผิดทางบวก

ค่าของฟังก์ชันของคะแนนเกณฑ์ C_x ที่ทำให้ $f(C_x)$ มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งค่าของฟังก์ชันคะแนนเกณฑ์มีวิธีการคำนวณดังนี้

$$f(C_x) = \frac{P_A+P_D}{P_B+P_C}$$

การกำหนดคะแนนจุดตัดวิธีนี้จะต้องคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนการตัดสินใจที่ถูกต้อง และเลือกคะแนนมาตรฐานที่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด

(6) การใช้วิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Operations Research Methods)

วิธีนี้จะต้องอาศัยผลด้านคุณค่า (Valued Outcome) อย่างใดอย่างหนึ่งมาช่วยในการพิจารณาเกณฑ์ โดยวัดผลด้านคุณค่าของผู้ที่ได้คะแนนต่าง ๆ กันในการทดสอบด้วยแบบทสอบอิงเกณฑ์แล้วใช้คะแนนของผู้ที่มีผลด้านคุณค่านั้นสูงสุดมาเป็นคะแนนจุดตัด โดยพิจารณาจากลักษณะกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลที่ได้จากการสอบด้วยแบบอิงเกณฑ์และจากการวัดผลด้านคุณค่านั้น

4.3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้พบงานวิจัยเกี่ยวกับการการกำหนดคะแนนจุดตัด การเปรียบเทียบความถูกต้องของการกำหนดคะแนนจุดตัด จาก Buckendahl & et al., (2002) ; Green & et al., (2003) ; Ping & Sconing (2008) ; ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ (2554) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Buckendahl และคณะ (2002) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการกำหนดจุดตัดโดยวิธีบุ๊คมาร์คและแองกอฟ ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยข้อสอบที่ใช้มีการให้คะแนนแบบ 2 ค่า การศึกษาครั้งนี้มีการปรับปรุงวิธีบุ๊คมาร์คโดยในการเรียงลำดับข้อสอบตามความยากง่ายนั้นจะกำหนดโดยใช้ค่าความยากที่วิเคราะห์โดยวิธีการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ซึ่งการกำหนดคะแนนจุดตัดทั้งสองวิธีจะให้ผู้เชี่ยวชาญกำหนดคะแนนจุดตัดโดยไม่มีการอภิปรายเกี่ยวกับคะแนนจุดตัดเลย มีเพียงข้อมูลเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดตัดที่กำหนดในรอบแรกและสัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องเท่านั้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญกำหนดคะแนนจุดตัดทั้งหมด 3 รอบ ผลวิจัยพบว่า คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟในรอบแรกมีค่าสูงกว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดในรอบที่สองส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 7.79 เป็น 10.96 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการกำหนดคะแนนจุดตัดในรอบที่สองมีความแตกต่างกันมากระหว่างผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน สำหรับคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีบุ๊คมาร์คในรอบแรกมีค่าน้อยกว่าคะแนนจุดตัดในรอบที่สอง และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีแนวโน้มลดลงจาก 11.03 เป็น8.66 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลการกำหนดคะแนนจุดตัดในรอบที่สองมีความใกล้เคียงกันมากขึ้นนั่นเอง และเมื่อกำหนดคะแนนจุดตัดครั้งสุดท้ายพบว่าทั้งสองวิธีให้คะแนนจุดตัดที่เท่ากัน

Green และคณะ (2003) ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการกำหนดคะแนนจุดตัดจาก 3 วิธีคือ วิธีบุ๊คมาร์ค วิธีกลุ่มตรงข้าม และวิธีจีเกอร์ มิลล์ ทั้งนี้เชื่อว่าการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยใช้เพียงวิธีการเดียวไม่สามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะทำให้เข้าใจเกี่ยวกับระดับความสามารถของนักเรียนที่แท้จริงได้ เพื่อนำมากำหนดความสามารถของนักเรียนเป็น 4 ระดับ คือ เริ่มต้น (Novice) ฝึกหัด (Apprentice) เชี่ยวชาญ (Proficient) และยอดเยี่ยม (Distinguish) โดยศึกษาในหลายพื้นที่และศึกษากับนักเรียน 18 ห้องซึ่งเป็นระดับชั้นที่แตกต่างกันและผู้เชี่ยวชาญเป็นครู การกำหนดคะแนนจุดตัดโดยวิธีบุ๊คมาร์คใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 278 คน วิธีกลุ่มตรงข้ามใช้ผู้เชี่ยวชาญ 907 คน โดยจะมีผู้เชี่ยวชาญกลาง 133 คน ทำหน้าที่ในการพิจารณาคะแนนจุดตัดครั้งครั้งสุดท้ายโดยพิจารณาจากผลการกำหนดคะแนนจุดตัดจากทั้ง 3 วิธีการวิจัยพบว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยใช้วิธีจีเกอร์มิลล์ มีค่าสูงสุดทุกค่า ส่วนคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีบุ๊คมาร์คมีค่าต่ำที่สุดที่จุดระหว่างระดับเริ่มต้นกับฝึกหัด และระหว่างระดับฝึกหัดกับเชี่ยวชาญ คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีกลุ่มตรงข้ามมี

ค่าต่ำสุด ที่จุดระหว่างระดับเชี่ยวชาญกับยอดเยี่ยม เมื่อพิจารณาที่คะแนนจุดตัดขั้นสุดท้ายที่พิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า คะแนนจุดตัดมีค่าใกล้เคียงกันคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีบุ๊คมาร์ค

Ping และ Schulz (2005 cited in Yin & Sconing , 2008) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการกำหนดคะแนนจุดตัดระหว่างวิธีบุ๊คมาร์คและวิธีของแองกอฟ จากงานวิจัยครั้งนี้ได้ปรับปรุงวิธีการกำหนดจุดตัดให้ชื่อว่า แมปมาร์ค ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวิธีของบุ๊คมาร์ค วิธีแมปมาร์คมีการพิจารณา 3 รอบ โดยในรอบแรกจะเหมือนกับวิธีบุ๊คมาร์ค คือ คณะผู้เชี่ยวชาญจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อย โดยคณะผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะต้องร่วมกันพิจารณาคู่มือเรียงข้อสอบและอภิปรายประเด็นต่อไปนี้ (1) ผู้สอบต้องมีความรู้ความสามารถในเรื่องใดจึงจะสามารถตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้อง และ (2) เหตุใดข้อสอบข้อนี้จึงยากกว่าข้อก่อน ๆ เมื่ออภิปรายครบทุกข้อแล้ว ผู้เชี่ยวชาญจะต้องกำหนดจุดตัดโดยที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านจะมีอิสระในการกำหนดจุดตัดโดยนำที่คั่นหนังสือมาขั้นข้อสอบที่เป็นตัวแทนของคะแนนจุดตัด ผลการศึกษาพบว่า คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแมปมาร์คมีค่าต่ำกว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแองกอฟ และยังพบว่าคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีแมปมาร์คมีการกระจายแบบไม่เป็นโค้งปกติ และมีช่วงคะแนนระหว่างคะแนนสูงที่สุดกับคะแนนต่ำสุดที่แตกต่างกันมาก

ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ (2554) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดและตรวจสอบคุณภาพของคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแบบใช่/ไม่ใช่ วิธีบุ๊คมาร์ค และวิธีเอบีซี กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์รวม 57 คน ข้อสอบที่ใช้เป็นข้อสอบสำหรับการทดสอบทางการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานช่วงชั้นที่ 4 ปีการศึกษา 2553 วิชาคณิตศาสตร์ 40 ข้อคะแนนเต็ม 100 คะแนน และวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 90 ข้อ คะแนนเต็ม 100 คะแนน ผลการวิจัยคุณภาพด้านความตรงพบว่าการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวีแองกอฟใช่/ไม่ใช่ วิธีบุ๊คมาร์ค และวิธีเอบีซีมีความตรงตรงของปัจจัยนำเข้าโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก สำหรับหลักการที่ผู้เชี่ยวชาญใช้ในการพิจารณาเพื่อกำหนดคะแนนจุดตัด คือ พิจารณาระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ข้อสอบต้องการวัด พิจารณารูปแบบของข้อสอบและขั้นตอนของการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง คะแนนจุดตัดที่วิธีบุ๊คมาร์ค และวิธีเอบีซีมีความต้องต้องของการกำหนดกลุ่มสูง มีความคลาดเคลื่อนของการกำหนดกลุ่มแบบบวก และความคลาดเคลื่อนของการกำหนดกลุ่มแบบลบต่ำ สำหรับผลวิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยง พบว่า วิธีแองกอฟแบบใช่/ไม่ใช่มีความเที่ยงภายในผู้เชี่ยวชาญ 0.36 ถึง 0.97 วิธีบุ๊คมาร์คมีความเที่ยงภายในผู้เชี่ยวชาญ 0.91 ถึง 0.94 วิธีเอบีซีมีความเที่ยงภายในผู้เชี่ยวชาญ 0.33 ถึง 0.90 วิธีแองกอฟแบบใช่/ไม่ใช่มีความเที่ยงระหว่างผู้เชี่ยวชาญ 0.32 ถึง 0.93 วิธีบุ๊คมาร์คมีความเที่ยงระหว่างผู้เชี่ยวชาญ 0.91 ถึง 0.79 วิธีเอบีซีมีความเที่ยงระหว่างผู้เชี่ยวชาญ 0.47 ถึง 0.87 ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัดไว้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด

ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด
Buckendahl และคณะ (2002)	เปรียบเทียบผลการกำหนดจุดตัดโดยวิธีบุ๊คมาร์คและแองกอฟ	ให้ผู้เชี่ยวชาญกำหนดคะแนนจุดตัดโดยไม่มีการอภิปรายเกี่ยวกับคะแนนจุดตัดเลย มีเพียงข้อมูลเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของคะแนนจุดตัดที่กำหนดในรอบแรกและสัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องคะแนนจุดตัดที่เท่ากัน แล้วเปรียบเทียบคะแนนจุดตัดที่และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา 3 รอบ
Green และคณะ (2003)	เปรียบเทียบผลของการกำหนดคะแนนจุดตัดจาก 3 วิธีคือ วิธีบุ๊คมาร์ค วิธีกลุ่มตรงข้าม และวิธีจีเกอร์ มิลล์	กำหนดคะแนนจุดตัดครั้งนี้ใช้ถึง 3 วิธี เพื่อนำมากำหนดความสามารถของนักเรียนเป็นหลายระดับ (4 ระดับ) แต่ละวิธีใช้สารสนเทศในการกำหนดจุดตัดต่างกัน โดยวิธีบุ๊คมาร์คพิจารณาจากเนื้อหาและระดับความยากง่ายของข้อสอบ วิธีกลุ่มตรงข้ามจะตัดสิน

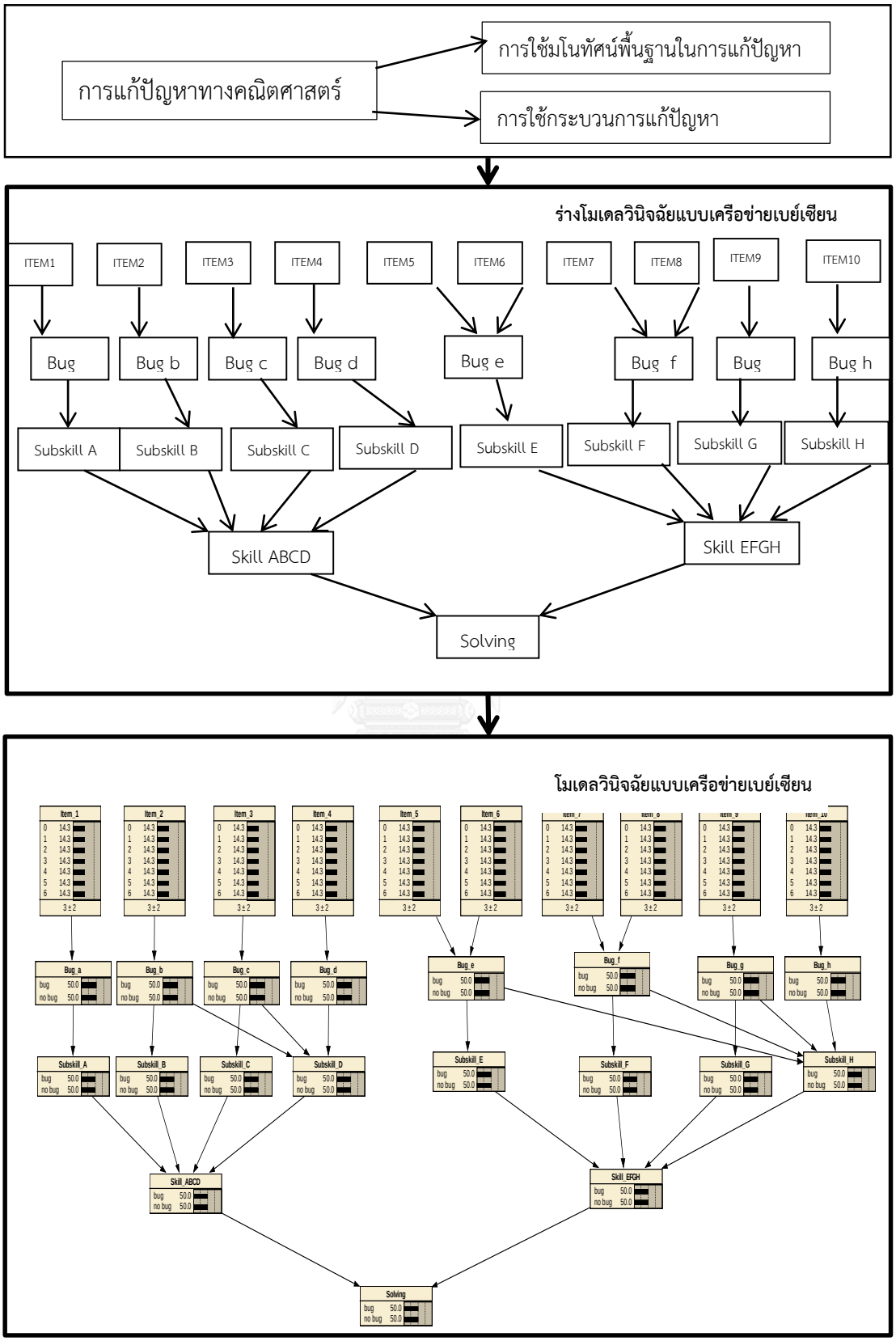
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด (ต่อ)

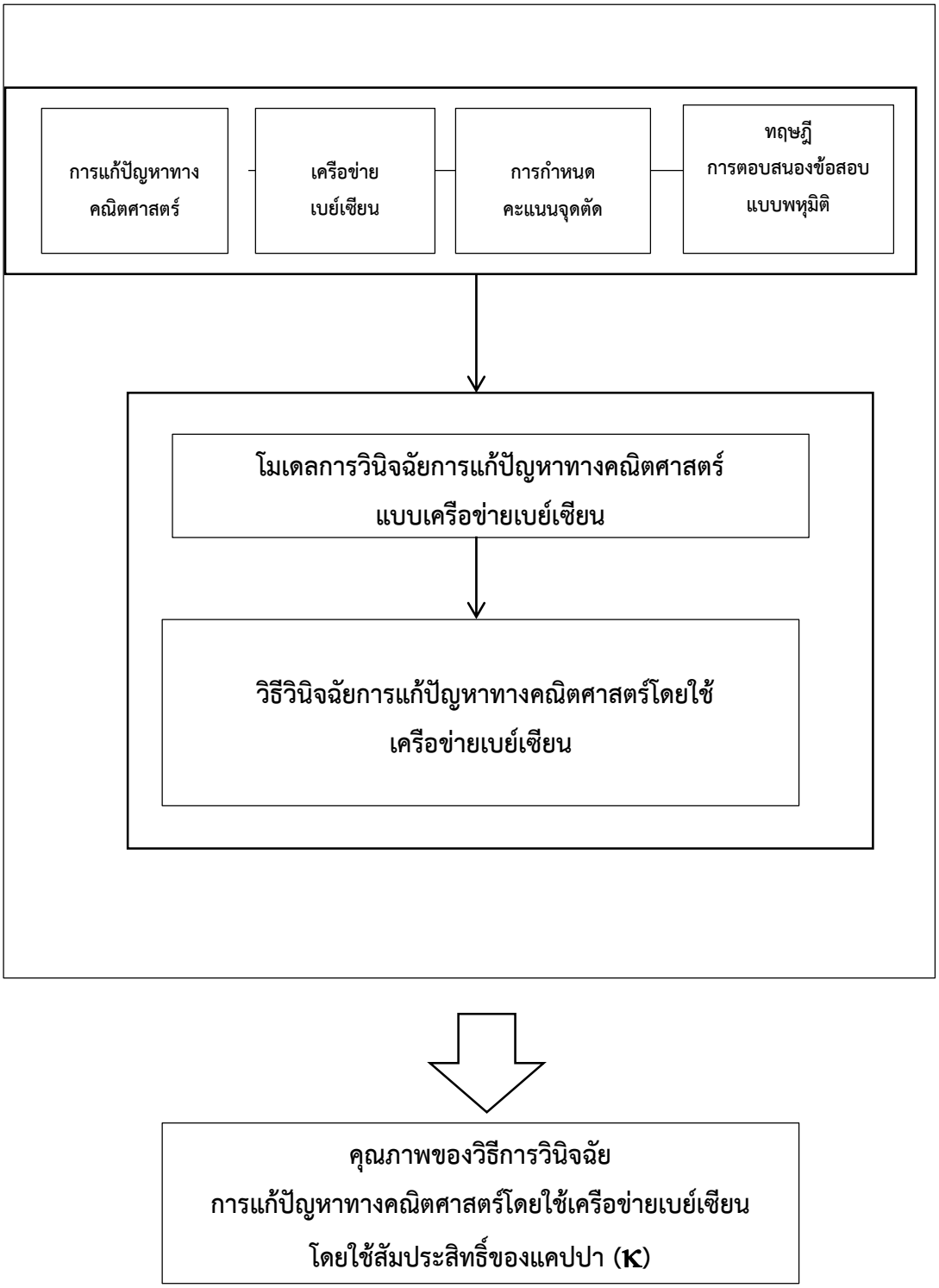
ผู้วิจัย	ประเด็นวิจัย	บริบทที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคะแนนจุดตัด
		โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้ตัดสินที่รับรู้ถึงความสามารถของนักเรียนแต่ละคน และวิธีจีเกอร์มิลล์พิจารณาจากองค์รวม
Ping และ Schulz (2005)	เปรียบเทียบผลของการกำหนดคะแนนจุดตัดระหว่างวิธีบุ๊คมาร์คและวิธีแองกอฟและพัฒนาวิธีใหม่ชื่อแมปมาร์ค	คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีแมปมาร์คมีการกระจายแบบไม่เป็นโค้งปกติและมีช่วงคะแนนระหว่างคะแนนสูงที่สุดกับคะแนนต่ำที่สุดต่างกันมาก จึงมีการเสนอให้ใช้ค่ามัธยฐานแทนการใช้ค่าเฉลี่ย
ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ (2554)	การพัฒนาวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดและตรวจสอบคุณภาพของคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแบบใช่/ไม่ใช่ วิธีบุ๊คมาร์ค และพัฒนาวิใหม่ชื่อวิธีเอบีซี	ในการพิจารณาเพื่อกำหนดคะแนนจุดตัดทั้ง 3 วิธี เน้นพิจารณาระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ข้อสอบต้องการวัด พิจารณารูปแบบของข้อสอบและขั้นตอนของการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวินิจฉัยทางการศึกษา การตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ การกำหนดคะแนนจุดตัด ผู้วิจัยจึงได้นำความรู้ที่ได้มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญของวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นคือ โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ในโมเดลจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดของข้อสอบ โหนดของข้อบกพร่อง โหนดทักษะย่อย และโหนดทักษะหลักที่ใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกรอบแนวคิดในการพัฒนาโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน และ กรอบแนวคิดในการวิจัย แสดงดังภาพที่ 18 - 19



ภาพที่ 18 กรอบแนวคิดในการพัฒนาโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน



ภาพที่ 19 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

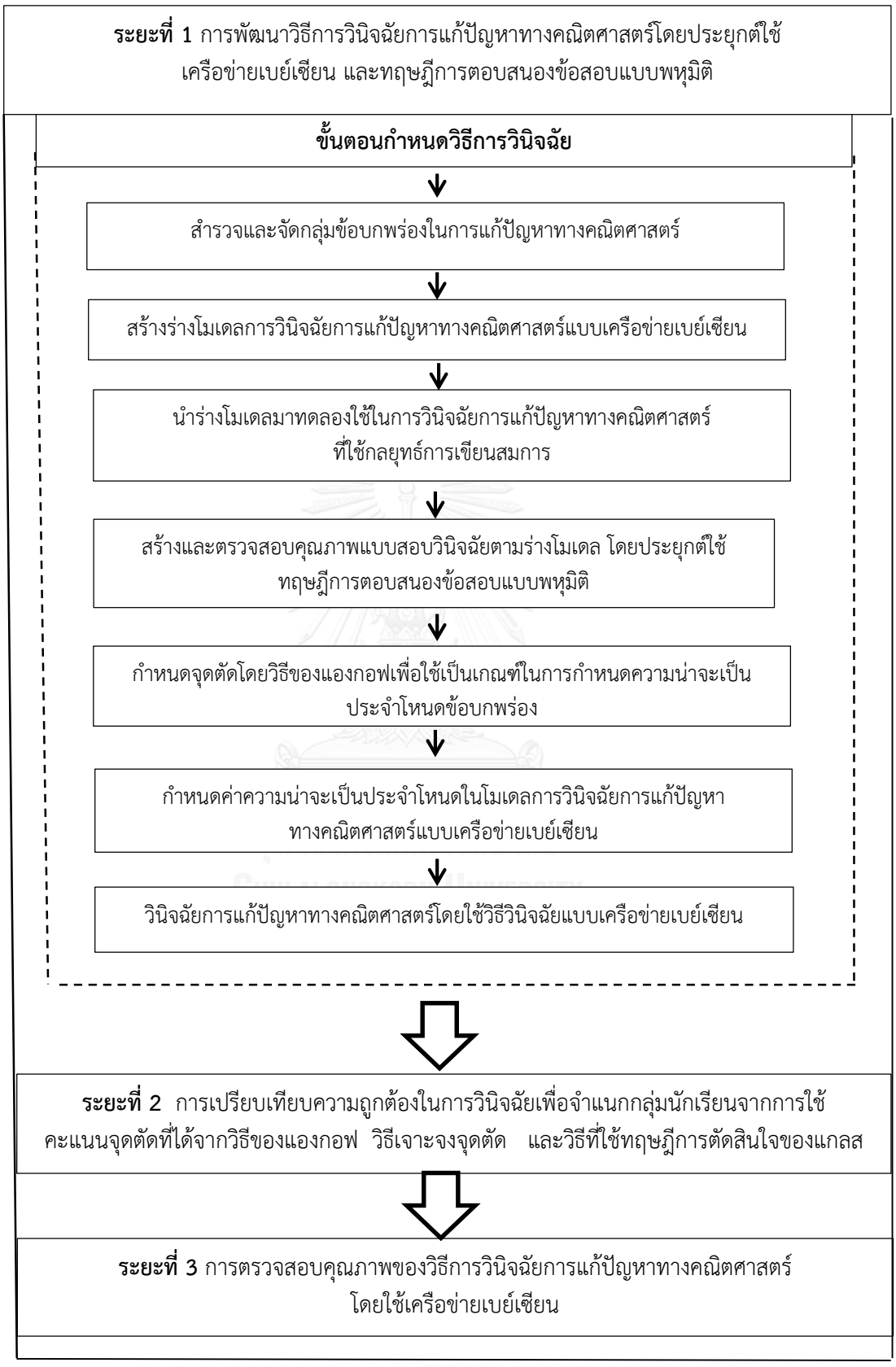
การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แบ่งวิธีดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ระยะที่ 2 เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และ ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยสรุปได้ดังภาพที่ 3.1 และมีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

วิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อบกพร่องและกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) แบบสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่พัฒนาขึ้นจาก Netica Application ในระยะนี้ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเป็นขั้นตอนการกำหนดวิธีการวินิจฉัยแบ่งเป็น 7 ขั้นตอนย่อยดังนี้ (1) สำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (2) สร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน (3) นำร่างโมเดลไปทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ (4) สร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยตามร่างโมเดลโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (5) กำหนดจุดตัดโดยวิธีของแองกอฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง (6) กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน (7) วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

แหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยในระยะที่ 1

แหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยนี้เป็นแหล่งข้อมูลประเภทบุคคล จำแนกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ



ภาพที่ 20 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา เป็นผู้ที่
จบการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิตเกี่ยวกับสาขาการวัดผล ประเมินผลการศึกษา จำนวน 6 คน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 5 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

ประชากร

ประชากรที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 1 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 1 คือ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากโรงเรียนขนาดกลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ ที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 5 โรงเรียน รวม 424 คน แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อค้นหาข้อบกพร่องจำนวน 120 คน และกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบจำนวน 304 คน

เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบใช้เครือข่ายเบย์เซียน ประกอบด้วย (1) แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะแบบเติมคำตอบและแสดงวิธีทำเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 2 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ ฉบับที่ 2 แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (2) แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (3) แบบประเมินคะแนนจุดตัดของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงตัวอย่างได้ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

คำชี้แจง

1. ขอให้นักเรียนตั้งใจทำแบบสอบนี้เพื่อข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย
2. เป็นข้อสอบอัตนัยประกอบด้วยทั้งหมด 4 ตอน ตอนละ 6 ข้อ มีลักษณะดังนี้
   ตอนที่ 1 – ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่าง
   ตอนที่ 4 ให้นักเรียนแสดงวิธีหาคำตอบในแต่ละข้อ
3. ให้นักเรียนทำข้อสอบทุกข้อและทดในตัวแบบสอบที่แจกให้นี้
4. เมื่อทำเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ส่งแบบสอบกับกรรมการกำกับการสอบ

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

1.“หกสิบหักออกสี่สิบแปด”

ตอบ .....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนหาผลลัพธ์ในแต่ละข้อต่อไปนี้

1. 60 – 48

ตอบ .....

ตอนที่ 3 ให้นักเรียนเติมข้อความต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. ถ้า a – 48 = 12 แล้ว 12 + 48 = ...

ตอนที่ 4 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ

1. a – 48 = 12

วิธีทำ .....

.....

.....

.....

.....

ฉบับที่ 2

แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

คำชี้แจง

1. ขอให้นักเรียนตั้งใจทำเพื่อข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยต่อไป
2. เป็นข้อสอบอัตนัยประกอบด้วยทั้งหมด 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มี 6 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบตามคำชี้แจง
3. ให้นักเรียนทำข้อสอบและทดในตัวข้อสอบที่แจกให้นี้
4. ขอให้นักเรียนเติมคำตอบทุกข้อ การทำผิดไม่ส่งผลต่อคะแนนวิชาใด ๆ ทั้งสิ้น
5. เมื่อทำเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ส่งข้อสอบกับกรรมการกำกับการสอบ

สถานการณ์ที่ 1 จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาว่าจำนวน ๆ นั้นคือจำนวนใด

คำถามที่ 1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดให้มีอะไรบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ (ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้อย่างไร (เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

คำถามที่ 5 คำตอบของสถานการณ์นี้คืออะไร

ตอบ .....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาเพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่าง
ข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง แบบประเมินนี้มี 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นการประเมินความตรงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อบกพร่อง
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 2 เป็นการประเมินความตรงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการใช้กระบวนการในการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา(Polya)

โปรดพิจารณาข้อบกพร่องที่ผู้วิจัยได้สำรวจแต่ละประเด็นต่อไปนี้ ประเด็นใดที่ควรเป็นข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง สมการและโจทย์ปัญหาสมการ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “การพิจารณา” ตามความคิดเห็นของท่าน ดังนี้

+1 หมายความว่า ท่านเห็นว่าข้อสอบข้อนี้สามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

0 หมายความว่า ท่านไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนี้สามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

-1 หมายความว่า ท่านเห็นว่าข้อสอบข้อนี้ไม่สามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในการแก้ปัญหาทาง

ตอนที่ 1 วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	**ข้อสอบ/คำตอบ**	**การพิจารณา**		
		+1	**0**	**-1**
1. เมื่อกำหนดประโยคภาษามาให้ นักเรียนสามารถเปลี่ยนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง	**1.** จงเขียนประโยคสัญลักษณ์แทน “หกสิบหักออกสี่สิบแปด ก. 60 – 48 ข. 60 + 48 ค. 60 ÷ 48 ง. 48 – 60 จ. ไม่มีคำตอบที่ถูกเพราะคำตอบที่ถูกคือ ...			

แบบประเมินคะแนนจุดตัดของแบบสอบวินิจฉัย
การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ผู้ประเมิน .....

คำชี้แจง

1. ขอให้ท่านโปรดพิจารณาข้อสอบทีละข้อในแต่ละด้านของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ รวมจำนวนทั้งสิ้น 60 ข้อ **เพื่อตัดสินประมาณค่าร้อยละหรือความน่าจะของนักเรียนที่มีผลการเรียนในระดับคาบเส้นหรือนักเรียนที่มีผลการเรียนเป็น 0 และ 1 จะสามารถทำข้อสอบข้อนั้นๆ ได้ถูกต้อง**
2. ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบและสารสนเทศเกี่ยวกับคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อแนบมาประกอบการพิจารณาในครั้งนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงค่ะ
นางสาวพรพิมล ยังฉิม

ฉบับที่ 1 แบบสอบวินิจฉัยเกี่ยวกับการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

พฤติกรรมด้านที่ต้องการวินิจฉัย	**ข้อสอบข้อที่**	**ความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบข้อนี้ได้ถูกต้อง**
1. เมื่อกำหนดประโยคภาษามาให้ นักเรียนสามารถเปลี่ยน เป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ถูกต้อง	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

ขั้นตอนการดำเนินการ

การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ในระยะกำหนดวิธีการวินิจฉัย มีขั้นตอนการดำเนินการ 7 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. สำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) สัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการครูผู้สอนคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อย่างน้อย 5 ปี จำนวน 5 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน ถึงข้อบกพร่องและปัญหาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จัดกลุ่มข้อบกพร่องตามลักษณะของทักษะย่อย (Subskills) ทักษะหลัก (Skills) ของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวคิดเบื้องต้นในการสร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบใช้เครือข่ายเบย์เซียน

3) จัดกลุ่มข้อบกพร่อง (Bugs) แยกทักษะย่อย (Subskills) และทักษะหลัก (Skills) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. สร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

1) ศึกษาเอกสาร บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการเครือข่ายเบย์เซียน โดยในโมเดลแบบเครือข่ายเบย์เซียนจะประกอบด้วยโหนด (Node) ของตัวแปรแฝงอันเป็นตัวแทนของข้อบกพร่อง (Bug) ทักษะย่อย (Subskill) ทักษะหลัก (Skill) ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving) และตัวแปรที่สังเกตได้ คือ ข้อสอบ (Item) ที่จะใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) นำข้อบกพร่องและกลุ่มของข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่รวบรวมและจัดกลุ่มแล้วมาสร้างเป็นโหนดต่าง ๆ เป็นร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วย Netica Application โดยในร่างโมเดลจะประกอบด้วยโหนด 5 ลักษณะ คือ โหนดของข้อสอบ (Item nodes) โหนดของข้อบกพร่อง (Bug nodes) โหนดของทักษะย่อย (Subskill nodes) โหนดของทักษะหลัก (Skill nodes) และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node)

3) เชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal relationship) โดยใช้แนวคิดของเครือข่ายเบย์เซียนเพื่อแสดงความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างโหนดข้อสอบ (Item nodes) โหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) โหนดทักษะย่อย (Subskill nodes) โหนดทักษะหลัก (Skill nodes) และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node)

3. นำร่างโมเดลมาทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสัมภาษณ์ครู นักเรียนถึงปัญหาที่พบเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

2) สำรวจข้อบกพร่องและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

3) นำร่างโมเดลวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเบย์เซียนที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาประยุกต์เป็นโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อบกพร่อง กลุ่มของข้อบกพร่อง ทักษะย่อย และทักษะหลักของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

4) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดต่าง ๆ ในโมเดลวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการแบบเครือข่ายเบย์เซียน

4 สร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยตามร่างโมเดลโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

1) ออกแบบสอบปลายเปิดเพื่อค้นหาข้อบกพร่องในการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาและข้อบกพร่องในการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้ครอบคลุมข้อบกพร่องและทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) นำแบบสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องที่ออกแบบทั้ง 2 ฉบับ ไปใช้สำรวจหาข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 120 คน ซึ่งเรียนอยู่ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีขนาดกลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ จำนวน 3 โรงเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยการเลือกแบบเจาะจงโรงเรียนที่มีนักเรียนแบบคละความสามารถที่อยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี สระบุรี และลพบุรี เป็นโรงเรียนที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3) นำคำตอบผิดในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้จากการตอบแบบสอบค้นหาความบกพร่องทั้ง 2 ฉบับของนักเรียน ที่มีความถี่มากที่สุด 3 อันดับแรกมาสร้างเป็นตัวเลือกในข้อสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ฉบับ คือ แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบสอบชนิด 5 ตัวเลือก ที่มีการเจาะจงคำตอบที่ผิด และที่มีตัวเลือกสุดท้ายแบบปลายเปิด ให้ครอบคลุม ข้อบกพร่อง และองค์ประกอบ ที่ใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

4) นำแบบสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ หลักสูตร และนักวัดผลการศึกษา จำนวน 6 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity) โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง และปรับปรุงแบบสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

5) นำแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ ไปทดสอบกับนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 304 คน ซึ่งเรียนอยู่ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ขนาดละ 2 โรงเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยการเลือกแบบเจาะจงโรงเรียนที่มีนักเรียนแบบคละความสามารถที่อยู่ในจังหวัดสุพรรณบุรี อ่างทอง และพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

6) ตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบในด้านความเชิงเชิงเนื้อหา ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั่งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่ (CTT) ทั้งแบบ เอกมิติ (UIRT) และพหุมิติ (MIRT)

7) ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับในด้านความตรงเชิงโครงสร้างจากวิธีการวิเคราะห์พหุมิติและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และด้านความเที่ยงของแบบสอบด้วยวิธีที่ใช้สัมประสิทธิ์ของแอลฟาและวิธีการวิเคราะห์แบบพหุมิติ (EAP Reliability)

5. กำหนดจุดตัดโดยวิธีแองกอฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง

1) ส่งแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับและค่าสารสนเทศด้านความยาก อำนาจจำแนก และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบให้กับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์และ ด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 6 ท่าน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณากำหนดความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้น (นักเรียนที่มีผลการเรียนในระดับคาบเส้นหรือมีผลการเรียนเป็น 0 และ 1) จะสามารถทำข้อสอบข้อนั้นๆ ได้ถูกต้อง พิจารณาร่วมกับข้อสอบและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ เมื่อพิจารณาครบทุกข้อแล้วนำค่าความน่าจะเป็นที่จะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญทุกคนมาหาค่าเฉลี่ย ได้ความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถตอบข้อสอบได้ถูกต้องเป็นรายข้อ ความน่าจะเป็นเฉลี่ยที่ได้นี้คือคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ

2) นำค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาค่าเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้กำหนดคะแนนจุดตัดให้กับข้อสอบแต่ละข้อ

6. กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

1) การกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่เกิดก่อน (Prior probability)

ประจำโหนดข้อสอบ (Item_nodes) ด้วยการนำผลคะแนนสอบจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 304 คน ที่ได้ทำแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์คำนวณเป็นค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในข้อนั้น ๆ นำมากำหนดเป็นค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อสอบแต่ละโหนด

2) กำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข (Conditional probability) ประจำโหนดของข้อบกพร่อง (Bug nodes) โดยนำคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ มากำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข(Conditional probability) ประจำโหนดของข้อบกพร่อง (Bug nodes) ในโมเดลวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเบย์เซียน

3) กำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข (Conditional probability) ให้กับโหนดทักษะย่อย (Subskill nodes) และโหนดทักษะหลัก (Skill nodes) และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node)

7. วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน

1) นำโมเดลที่ได้จากการกำหนดค่าความน่าจะเป็นครบทุกโหนดแล้ว มาใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

2) ค่าที่ปรากฏขึ้นประจำโหนดจะใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกนักเรียนว่ามีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3) วินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเริ่มจากการใส่คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ลงในโหนดข้อสอบ (Item nodes) ของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมสำเร็จรูป Netica Application

4) พิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้จำแนกนักเรียนว่ามีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5) ถ้านักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่อง วินิจฉัยได้เพิ่มเติมว่านักเรียนมีข้อบกพร่องในทักษะหลัก/ทักษะย่อยใดได้โดยพิจารณาจากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน (ดูรายละเอียดได้จากคู่มือการใช้ในภาคผนวก ค)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 แบ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์เนื้อหา(Content analysis) จากงานวิจัย ความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการเรียนและการสอนเรื่องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการจากครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2) วิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสอบวินิจฉัยที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ฉบับ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ การวัดและประเมินผลการศึกษา

3) ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL ตรวจสอบความความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยพิจารณาจากดัชนีไคสแควร์(Chi-Square Statistics : χ^2) ค่าไคว์สแควร์สัมพันธ์ (Relative Chi-Square : χ^2/df) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index : GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual : RMR) ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation : RMSEA) ดัชนีเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index : CFI) และเกณฑ์สารสนเทศไอไคคี (Akaike Information Criterion : AIC)

4) ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีตรวจสอบความสอดคล้องภายในด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีวิเคราะห์พหุมิติใช้ค่าความเที่ยง EAP reliability ด้วยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (marginal maximum-likelihood : MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติที่เรียกว่า Multidimension random coefficients multinomial logit model : MRCMLM) (Adams , Wilson และ Wang , 1997 อ้างถึงใน ชัยวิชิต เชียรชนะ , 2552) โดยโปรแกรม IRTPRO 2.1

5) วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่แบบเอกมิติและพหุมิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบแบบตามแนวการทดสอบแบบดั่งเดิม ได้ใช้โปรแกรม TAP ส่วนการวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) และวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุมิติ ได้ใช้โปรแกรม IRTPRO 2.1 โดยพิจารณาค่าความยาก (Threshold) และ ค่าอำนาจจำแนก (a)

6) การวิเคราะห์เพื่อหาจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ (Angoff)
(Angoff, 1971 ; อ้างถึงใน วิภารัตน์ ศรีบุตรตา, 2541) จากสูตรต่อไปนี้

$$\pi_o = \sum \pi_I / k$$

เมื่อ π_o คือ คะแนนจุดตัดของแบบสอบ

π_r คือ คะแนนจุดตัดที่ตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญคนที่ r

k คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ตัดสินคะแนนจุดตัด

ตัวอย่างการคำนวณคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ (Angoff)

ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตัดสินคะแนนจุดตัดของข้อสอบที่มี 6 ข้อ ด้วยการมอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตัดสินความน่าจะเป็นที่กลุ่มผู้มีความสามารถคาบเส้นจะสามารถทำข้อสอบข้อนั้นๆ ได้ถูกต้อง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญมีข้อสอบและข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของแบบสอบแต่ละข้อ

ตารางที่ 5 ตัวอย่างแสดงการคำนวณคะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟ (Angoff)

ข้อสอบ	ความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถคาบเส้นตอบได้ถูกต้อง		
	ผู้ตัดสิน คนที่ 1	ผู้ตัดสิน คนที่ 2	ผู้ตัดสิน คนที่ 3
1	1.00	0.85	0.70
2	0.50	0.65	0.60
3	0.80	0.70	0.75
4	0.40	0.45	0.50
5	0.40	0.45	0.40
6	0.80	0.80	0.70
π_r	**3.90**	**3.90**	**3.65**

$$\pi_o = \sum \pi_i / k$$

$$= (3.90 + 3.90 + 3.65) / 3$$

$$= 3.8167$$

นั่นคือ ผู้ที่จะผ่านเกณฑ์ได้ ต้องทำข้อสอบให้ถูก 4 ข้อ จากทั้งหมด 6 ข้อ

ระยะที่ 2 เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

การเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มที่มีข้อบกพร่อง/ไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ การกำหนดจุดตัดโดยใช้วิธีของแองกอฟ วิธีการเจาะจง และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส เป็นการนำคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ (โมเดลที่ได้จากระยะที่ 1) วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส มากำหนดลงในโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) ของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน แล้วเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การคิดออกเสียงด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม (Classification accuracy or Percentage agreement)มีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

แหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยในระยะที่ 2

ประชากร

ประชากรที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 2 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 2 คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 76 คน ด้วยการสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือที่ใช้

โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่กำหนดจุดตัดโหนดข้อบกพร่องด้วยวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลสที่สร้างโดยใช้โปรแกรม Netica Application และ แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง)

<u>คำชี้แจง</u>

จากสถานการณ์ที่กำหนด <u>ให้นักเรียนแสดงวิธีทำเพื่อแสดงวิธีในการได้มาซึ่งคำตอบของสถานการณ์ต่อไปนี้โดยรายงานการคิดออกมาด้วยการเขียนและการพูดให้ครูฟัง</u>

สถานการณ์ที่ 1 จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาจำนวน ๆ นั้น

วิธีคิดสถานการณ์ที่ 1	**สำหรับทดเลข**

สถานการณ์ที่ 2 แม่ให้เงินออมสินจำนวนหนึ่งเพื่อนำมาแบ่งให้น้อง 5 คน ให้ได้คนละเท่า ๆ กัน ถ้าน้องได้เงินคนละ 15 บาท แม่ให้เงินออมสินมาจำนวนเท่าใด

วิธีคิดสถานการณ์ที่ 2	**สำหรับทดเลข**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการดำเนินการ

1) กำหนดคะแนนจุดตัดที่ใช้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มนักเรียนลงในโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) ด้วยวิธีเจาะจงจุดตัด มีหลักการคือ ให้แต่ละโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) มีคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ เท่ากับ 3 คะแนน (คะแนนเต็มแต่ละโหนดเท่ากับ 6 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 50 หรือคิดเป็นคะแนนจุดตัดที่ 0.50

2) กำหนดคะแนนจุดตัดที่ใช้เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มนักเรียนลงในโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) ด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ของคะแนนจากการสอบด้วยแบบสอบอิงเกณฑ์กับเกณฑ์ภายนอก(ผลการเรียน)ซึ่งกำหนดไว้ก่อน สร้างฟังก์ชันจุดตัด ($f(C_x)$) จำแนกคนเป็นสองกลุ่ม สัดส่วนของคนทั้งสองกลุ่ม แทนด้วย P_Aและ $1-P_A$ ตามลำดับ ให้คนทั้งสองกลุ่มนี้ทำแบบทดสอบและกำหนดคะแนนจุดตัด (C_x) โดยใช้ผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมาของกลุ่มตัวอย่างเป็นเกณฑ์ภายนอก โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนในรายวิชา ค21102 เป็น 2.00 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ภายนอก และนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำกว่า

2.00 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก แล้วนำมาคำนวณคะแนนจุดตัดของแต่ละโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes)

3) วินิจฉัยข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 76 คนด้วยโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีการกำหนดจุดตัดลงในโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) ด้วยวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

4) วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 (เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกันกับข้อ 3) คน โดยใช้การคิดออกเสียง

5) เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มผู้สอบเป็นกลุ่มบกพร่อง/ไม่บกพร่องจากผลวินิจฉัยที่ได้ระหว่างวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียงด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) พิจารณาจากค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม (the correct prediction rate or classification accuracy) ซึ่งเป็นร้อยละของสัดส่วนระหว่างจำนวนของนักเรียนที่สามารถวินิจฉัยให้อยู่ในกลุ่มนักเรียนที่บกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Shu-Chuan Shih and Bor-Chen Kuo, 2005)

$$\text{สัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม} = \frac{f_{11}+f_{00}}{N}$$

เมื่อ f_{11} คือ จำนวนนักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มบกพร่องตรงกันระหว่างวิธีวินิจฉัยทั้ง 2 วิธี

f_{00} คือ จำนวนนักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่าอยู่ในกลุ่มไม่บกพร่องตรงกันระหว่างวิธีวินิจฉัยทั้ง 2 วิธี

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ได้รับการวินิจฉัย

2) การวิเคราะห์เพื่อหาคะแนนจุดตัดด้วยวิธีการใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส (Glass, 1978 ; วิภารัตน์ ศรีบุตรตา, 2541)

$$f(C_x) = (P_A + P_D) / (P_B + P_C)$$

เมื่อ $f(C_x)$ คือ ฟังก์ชันคะแนนจุดตัด

P_A คือ สัดส่วนของผู้สอบที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานแต่สอบผ่านเกณฑ์ภายนอก (จัดเป็นความผิดพลาดคลาดเคลื่อนในทางลบ : False negatives)

P_D คือ สัดส่วนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงกว่ามาตรฐานแต่ไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก (จัดเป็นความผิดพลาดคลาดเคลื่อนในทางบวก : False positive)

P_B คือ สัดส่วนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำกว่ามาตรฐานและไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก

P_C คือ สัดส่วนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงกว่ามาตรฐานและผ่านเกณฑ์ภายนอก

ตัวอย่างการคำนวณคะแนนจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

ถ้ากำหนดมาตรฐานโดยใช้ทฤษฎีการตัดสินใจ จากการนำค่าระดับผลการเรียน 2.00 ขึ้นไป ของรายวิชา ค21102 เป็นเกณฑ์ภายนอก และเกณฑ์ภายในของแบบสอบฉบับหนึ่งที่มีจำนวน 6 ข้อ ในที่นี้กำหนดมาตรฐานการผ่านเกณฑ์จากแบบสอบเป็น 3 , 4 , 5 คะแนน เพื่อหามาตรฐานที่เหมาะสมที่สุด จากจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบ 100 คน

เมื่อใช้มาตรฐานหรือคะแนนจุดตัดที่ 3 คะแนน มีข้อมูลดังตารางดังนี้

		เกณฑ์ภายนอก	
		ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
ข้อสอบอิงเกณฑ์ (3 ข้อ)	**ไม่ผ่าน**	P_A = 5/100= 0.05	P_B = 6/100=0.06
	ผ่าน	P_C = 68/100=0.68	P_D = 21/100=0.21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

$f(C_x)$ = (0.05+0.21) / (0.06+0.68) = 0.26/0.74 = 0.35

เมื่อใช้มาตรฐานหรือคะแนนจุดตัดที่ 4 คะแนน มีข้อมูลดังตารางดังนี้

		เกณฑ์ภายนอก	
		ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
ข้อสอบอิงเกณฑ์ (4 ข้อ)	**ไม่ผ่าน**	P_A = 14/100=0.14	P_B = 22/100=0.22
	ผ่าน	P_C = 61/100=0.61	P_D = 3/100=0.03

$f(C_x)$ = (0.14+0.03) / (0.22+0.61) = 0.17/0.83 = 0.2048

เมื่อใช้มาตรฐานหรือคะแนนจุดตัดที่ 5 คะแนน มีข้อมูลดังตารางดังนี้

		เกณฑ์ภายนอก	
		ผ่าน	**ไม่ผ่าน**
ข้อสอบอิงเกณฑ์ (5 ข้อ)	**ไม่ผ่าน**	P_A = 36/100=0.36	P_B = 24/100=0.24
	ผ่าน	P_C = 40/100=0.40	P_D = 0/100=0.00

$f(C_x)$ = (0.36+0.00) / (0.24+0.40) = 0.36/0.64 = 0.56

จากการคำนวณค่า $f(C_x)$ เมื่อคะแนนจุดตัดเป็น 3,4,5 คะแนน พบว่า คะแนนจุดตัด 4 คะแนน ให้ค่า $f(C_x)$ ต่ำที่สุด **ดังนั้นคะแนนจัดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 คะแนน**

ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

การตรวจสอบคุณภาพของวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ดำเนินการโดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับผลที่ได้จากการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ด้วยสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Chulalongkorn University

แหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยในระยะที่ 3

ประชากร

ประชากรที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 3 คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในระยะที่ 3 คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 76 คน ด้วยการสุ่มอย่างง่าย (เป็นกลุ่มตัวอย่างเดียวกับขั้นตอนที่ 2)

เครื่องมือที่ใช้

แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง) และ โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน

ขั้นตอนการดำเนินการ

1) วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 76 คน จากวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนด้วยการใส่คะแนนสอบจากแบบสอบวินิจฉัยของนักเรียนแต่ละคนลงโหนดข้อสอบ (Item Nodes) เพื่อให้โมเดลเครือข่ายเบย์เซียนวินิจฉัยว่านักเรียนแต่ละคนจัดอยู่ในกลุ่มบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 76 คน จากวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ซึ่งผู้วิจัยให้นักเรียนรายงานการคิดด้วยการพูดและเขียนวิธีแก้ปัญหาในขณะที่ทำแบบสอบเพื่อวินิจฉัยการคิดออกเสียง บันทึกแสดงวิธีทำในกระดาษที่จัดเตรียมไว้ แล้วตัดสินนักเรียนแต่ละคนว่าอยู่ในกลุ่มบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3) ตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน โดยการเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลที่ได้จากการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยด้วยวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับผลการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา
(Cohen's kappa coefficient; κ) (Cohen, J. ,1960 : 37-46) ซึ่งมีสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา } (\kappa) = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$$

เมื่อ P_o คือ ค่าสัดส่วนที่ k Raters มีความเห็นสอดคล้องกัน

P_e คือ ค่าส่วนที่ k Raters มีความเห็นสอดคล้องกันโดยบังเอิญ (by chance)

เกณฑ์การแปลผล สัมประสิทธิ์ของแคปปา

น้อยกว่า 0.20	มีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันน้อยมาก
0.21 – 0.40	มีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันน้อย
0.41 – 0.60	มีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันปานกลาง
0.61 – 0.80	มีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันดี
0.81– 1.00	มีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันแบบสมบูรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีการดำเนินการแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ระยะที่ 2 เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และ ระยะที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่1 ผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียน และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนโดยการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

r_i	หมายถึง	สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบสอบ (item-total correlation)
SEM	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด
b	หมายถึง	น้ำหนักองค์ประกอบ
SE	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
t	หมายถึง	ค่าสถิติที
χ^2/df	หมายถึง	ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์
p	หมายถึง	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
RMR	หมายถึง	ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual)

RMSEA หมายถึง ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation)

GFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index)

AGFI หมายถึง ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index)

AIC หมายถึง ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion)

κ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของแคปปา (Cohen's cappa coefficient)

คำย่อที่ใช้แทนตัวแปร

solving หมายถึง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

concept หมายถึง การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

process หมายถึง การใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

symbol หมายถึง การเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

property หมายถึง การใช้สมบัติของการเท่ากัน

compute หมายถึง การคำนวณ

equation หมายถึง การแก้สมการ

understand หมายถึง การทำความเข้าใจปัญหา

devising หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญหา

carrying หมายถึง การดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา

looking หมายถึง การตรวจสอบย้อนกลับ

symbol_item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

property_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการใช้สมบัติของการเท่ากัน

compute_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการคำนวณ

equation_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการแก้สมการ

understand_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา

devising_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการวางแผนการแก้ปัญหา

carrying_item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา

lookback_item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาของโพลยา

understand_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการทำความเข้าใจปัญหา

devising_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการวางแผนการแก้ปัญหา

carrying_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้

lookback_ item หมายถึง ข้อสอบเกี่ยวกับการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

symbol_subskill หมายถึง ทักษะในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

property_subskill หมายถึง ทักษะในการใช้สมบัติของการเท่ากัน

compute_subskill หมายถึง ทักษะในการคำนวณ

equation_subskill หมายถึง ทักษะในการแก้สมการ

understand_subskill หมายถึง ทักษะในการทำความเข้าใจปัญหา

devising_subskill หมายถึง ทักษะในการวางแผนการแก้ปัญหา

carrying_subskill หมายถึง ทักษะในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้

lookback_subskill หมายถึง ทักษะในการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

symbol bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

property_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน

compute_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการคำนวณ

equation_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการแก้สมการ

understand_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา

devising_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหา

carrying_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา

lookback_bug หมายถึง ข้อบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาของโพลยา

symbol_subskill หมายถึง ทักษะในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

property_subskill หมายถึง ทักษะในการใช้สมบัติของการเท่ากัน

compute_subskill หมายถึง ทักษะในการคำนวณ

equation_subskill หมายถึง ทักษะในการแก้สมการ

understand_subskill หมายถึง ทักษะในการทำความเข้าใจปัญหา

devising_subskill หมายถึง ทักษะในการวางแผนการแก้ปัญหา

carrying_subskill หมายถึง ทักษะในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้

lookback_subskill	หมายถึง	ทักษะในการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา
concept_skill	หมายถึง	ทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ
process_skill	หมายถึง	ทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

ตัวย่อที่ใช้แทนลักษณะของตัวแปร

bug	หมายถึง	มีข้อบกพร่อง
no bug	หมายถึง	ไม่มีข้อบกพร่อง

ตอนที่1 ผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เริ่มจากการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน นำร่างโมเดลมาทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ สร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ กำหนดจุดตัดโดยวิธีของแองกอฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัย และวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ผลการพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบ่งการนำเสนอเป็น 7 ตอนแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข้อบกพร่องและกลุ่มของข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวินิจฉัยความสามารถในการแก้ปัญหา การสัมภาษณ์ครู นักเรียนถึงปัญหาการเรียนการสอนและข้อบกพร่องที่พบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปข้อบกพร่องแล้วจัดเป็นกลุ่มของข้อบกพร่องที่มีลักษณะร่วมกันซึ่งสามารถแยกได้ตามทักษะย่อย (Subskills) และทักษะหลัก (Skills) อันเป็นองค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปผลได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อบกพร่อง กลุ่มข้อบกพร่องที่พบตามลักษณะร่วมกันแยกตามทักษะย่อย(Subskills) และทักษะหลัก (Skills) ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข้อบกพร่องที่พบ	กลุ่มข้อบกพร่องที่พบ	ทักษะย่อยที่บกพร่อง	ทักษะหลักที่บกพร่อง
(1) ใช้เครื่องหมายแสดงการดำเนินการไม่ถูกต้อง (2) ตีความโจทย์ไม่เป็น/ แปลความประโยคภาษาไม่ครบ (3) ลำดับขั้นของการดำเนินการไม่ถูกต้อง	ข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol bug)	การเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol subskill)	การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา (concept skill)
(4) คำนวณผิด (5) คำนวณไม่ครบขั้นตอน (6) คำนวณผิดวิธี	ข้อบกพร่องในการคำนวณ (compute bug)	การคำนวณ (compute subskill)	
(7) ไม่เข้าใจสมบัติสมมาตร (8) ไม่เข้าใจสมบัติถ่ายทอด (9) ไม่เข้าใจสมบัติการบวก (10) ไม่เข้าใจสมบัติการคูณ	ข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน ได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก และสมบัติการคูณ (property bug)	ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของการเท่ากัน (property subskill)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ข้อบกพร่อง กลุ่มข้อบกพร่องที่พบตามลักษณะร่วมกันแยกตามทักษะย่อย (Subskills) และทักษะหลัก (Skills) ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ข้อบกพร่องที่พบ	กลุ่มข้อบกพร่องที่พบ	ทักษะย่อยที่บกพร่อง	ทักษะหลักที่บกพร่อง
(11) แก้สมการผิดวิธี (12) แก้สมการไม่ครบขั้นตอน (13) คำนวณผิด (14) ลำดับการแก้สมการผิดขั้นตอน	ข้อบกพร่องในการหาคำตอบของสมการ (equation bug)	การแก้สมการ (equation subskill)	การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา
(15) ไม่สามารถบอกได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ (16) ไม่สามารถบอกได้ว่าอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้	ข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา (understand bug)	การทำความเข้าใจปัญหา (understand subskill)	การใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา (process skill)
(17) ไม่สามารถบอกได้ว่าอะไรคือข้อมูลที่นำมาใช้ในการหา คำตอบ (18) ไม่สามารถเขียนสมการเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดได้	ข้อบกพร่องในการวางแผนแก้ปัญหา (devising bug)	การวางแผนแก้ปัญหา (devising subskill)	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ข้อบกพร่อง กลุ่มข้อบกพร่องที่พบตามลักษณะร่วมกันแยกตามทักษะย่อย (Subskills) และทักษะหลัก (Skills) ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

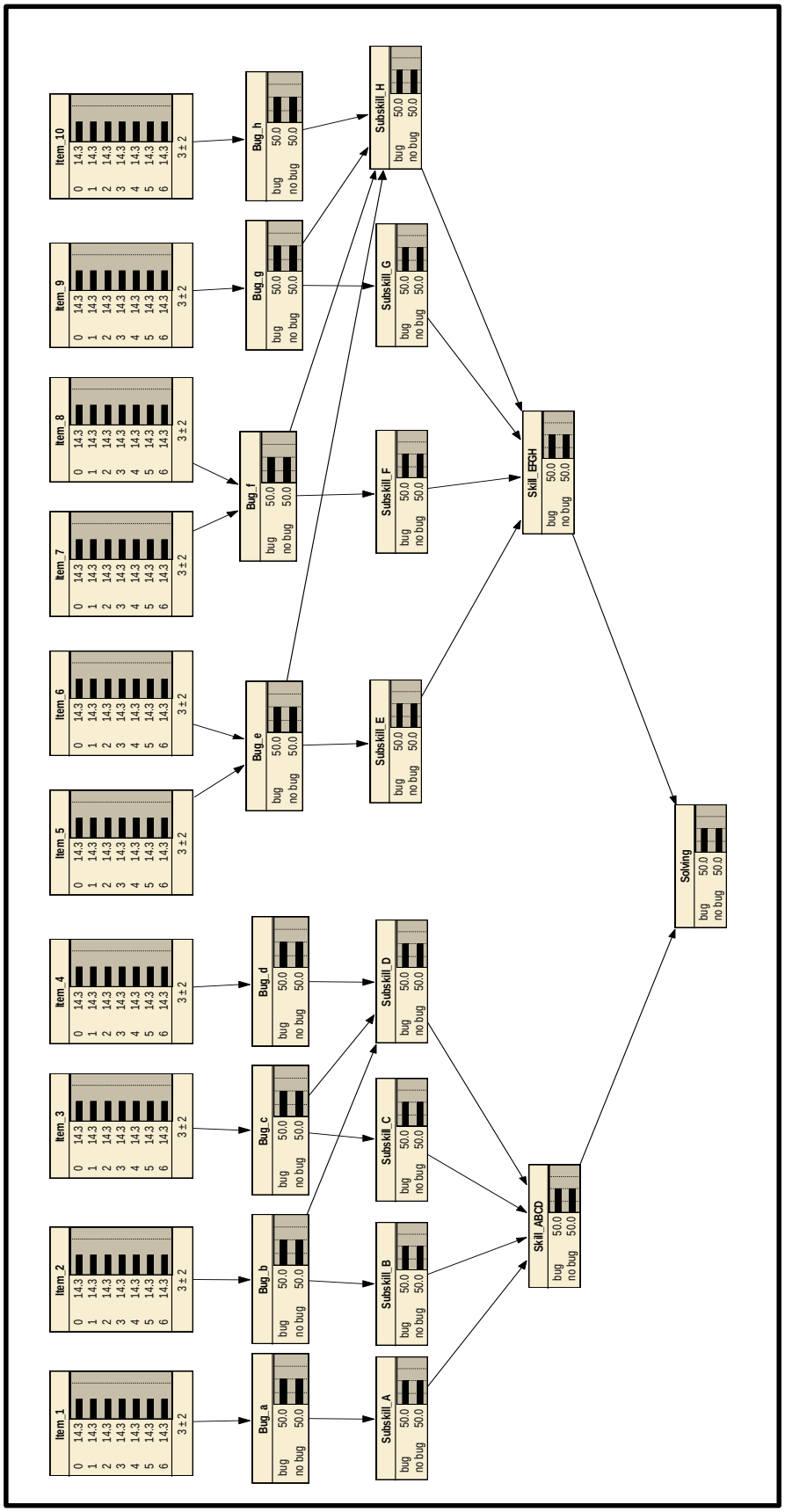
ข้อบกพร่องที่พบ	กลุ่มข้อบกพร่องที่พบ	ทักษะย่อยที่บกพร่อง	ทักษะหลักที่บกพร่อง
(19) ไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาตามสมการที่ได้วางแผนไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง	บกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา (carrying bug)	การดำเนินการตามแผน (carrying subskill)	การใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา (process skill)
(20) ไม่สามารถตรวจสอบการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใด	ข้อบกพร่องในตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา (lookback bug)	การตรวจสอบย้อนกลับ (lookback subskill)	

จากผลการสำรวจและการจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบข้อบกพร่อง 20 ประเด็น ซึ่งสามารถจัดกลุ่มข้อบกพร่องที่พบได้เป็น 8 กลุ่มข้อบกพร่อง คือ ข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ข้อบกพร่องในการคำนวณ ข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน ข้อบกพร่องในการแก้สมการ ข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อบกพร่องในการวางแผนแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา สามารถแยกได้เป็น 8 ทักษะย่อย คือ ทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน ทักษะการแก้สมการ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา ทักษะการดำเนินการตามแผน และทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ และทักษะย่อยทั้ง 8 ทักษะเหล่านี้สามารถสรุปได้ทักษะหลัก 2 ทักษะ คือ ทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

2. ผลการสร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

จากการศึกษา เอกสาร บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผลการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่อง (bugs) เป็นกลุ่มตามลักษณะหรือองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับทักษะย่อย(subskills) และทักษะหลัก (skills) อันเป็นองค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นำมาสร้างเป็นโหนดต่าง ๆ ในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Netica Application ซึ่งในโมเดลจะประกอบด้วยโหนด (node) ของข้อสอบ (Item) ข้อบกพร่อง (bug) ทักษะย่อย (subskill) และทักษะหลัก (skill) ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกิดโหนดทั้งหมด 5 ลักษณะคือ โหนดของข้อสอบ (Item_nodes) โหนดของข้อบกพร่อง (Bug_nodes) โหนดของทักษะย่อย (subskill_nodes) โหนดของทักษะหลัก (skill_nodes) และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์(Solving_node) เชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (caausal relationship) ระหว่างโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 21

จากภาพที่ 21 ร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน แสดงให้เห็นถึงโหนด 5 ลักษณะที่อยู่ในร่างโมเดลการวินิจฉัย คือ **(1) โหนดข้อสอบ (Item_nodes)** เป็นโหนดที่แสดงถึงข้อสอบที่ใช้วัดข้อบกพร่องที่ได้จากการสำรวจ มี 10 โหนดได้แก่ Item_1 , Item_2 , Item_3 , Item_4 , Item_5 , Item_6 , Item_7 , Item_8, Item_9 และItem_10 แต่ละโหนดข้อสอบจะประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 6 ข้อ 6 คะแนน เท่ากัน **(2) โหนดข้อบกพร่อง (Bug_ nodes)** เป็นโหนดที่แสดงถึงกลุ่มของข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สำรวจได้ มี 8 โหนด ได้แก่ Bug_a , Bug_b , Bug_c , Bug_d , Bug_e, Bug_f, Bug_g และ Bug_h **(3) โหนดทักษะย่อย(Subskill_nodes)** เป็นโหนดที่แสดงถึงทักษะย่อยที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มี 8 โหนด ได้แก่ Subskill_A , Subskill_B , Subskill_C, Subskill_D, Subskill_E Subskill_F, Subskill_G และ Subskill_H **(4) โหนดทักษะหลัก (Skill_ nodes)** เป็นโหนดที่แสดงถึงทักษะหลักที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มี 2 โหนด ได้แก่ Skill_ABCD และ Skill_EFGH **(5) โหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving_node)** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มี 1 โหนด คือ Solving



ภาพที่ 21 ร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของโหนดในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเครือข่ายเบย์เซียน มีดังนี้

(1) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดข้อสอบ กับโหนดข้อบกพร่อง คือ ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อสอบ Item_1 , Item_2 , Item_3 , Item_4 , Item 9 ,Item_10 จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง Bug_a , Bug_b , Bug_c , Bug_d , Bug_g , Bug_h ตามลำดับ และ Item_5 กับ Item_6 จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง Bug_e และ Item_7 กับ Item_8 จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง Bug_f

(2) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดข้อบกพร่องกับโหนดทักษะย่อย คือ ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug_a จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยโหนดทักษะย่อย Subskill_A, ผลการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง Bug_b จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยโหนดทักษะย่อย Subskill_B กับ Subskill_D ผลการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง Bug_c จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยโหนดทักษะย่อย Subskill_C กับ Subskill_D และผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug_d จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยโหนดทักษะย่อย Subskill_D

ส่วนผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug _e จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย Subskill_E กับ Subskill_H ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug _f จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย Subskill_F กับ Subskill_H ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug _g จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย Subskill_G กับ Subskill_H และผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง Bug _h จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย Subskill_H

(3) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดทักษะย่อย กับโหนดทักษะหลัก คือ ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะย่อย Subskill _A , Subskill_B , Subskill_C , Subskill_D จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะหลัก Skill_ABCD และ ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะย่อย Subskill _E , Subskill_F , Subskill_G , Subskill_H จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะหลัก Skill_EFGH

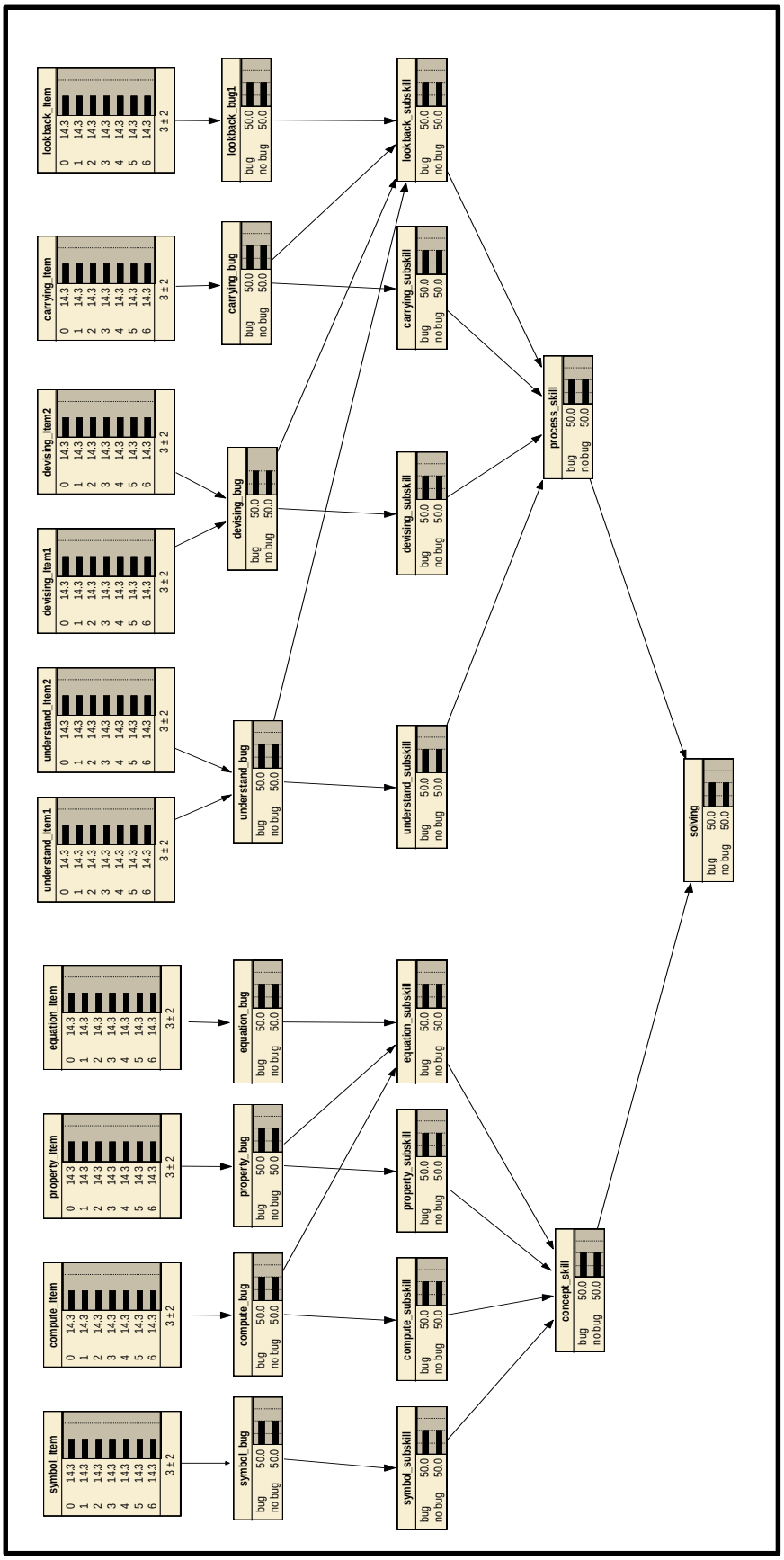
(4) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดทักษะหลัก กับโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะหลัก Skill_ABCD กับ Skill_EFGH จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ Solving

3. ผลการนำร่างโมเดลมาทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

ร่างโมเดลการการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นร่างโมเดลที่แสดงถึงองค์ประกอบของการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ได้จากการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องที่พบแล้วแยกตามทักษะย่อยและทักษะหลักในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบที่ใช้วัดข้อบกพร่อง กลุ่มข้อบกพร่อง กลุ่มทักษะย่อย กลุ่มทักษะหลักที่เกี่ยวข้องและส่งผลไปยังการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกลยุทธ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้หลายวิธี ผู้วิจัยได้สนใจนำร่างโมเดลที่ได้นี้มาทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ เนื่องจากกลยุทธ์นี้มีการนำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และสัมพันธ์กับเนื้อหาวิชาอย่างมากโดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการสำรวจและจับกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการพบข้อบกพร่อง 20 ประเด็น ซึ่งสามารถจัดกลุ่มข้อบกพร่องที่พบได้เป็น 8 กลุ่ม โดยแยกได้เป็น 8 ทักษะย่อย คือ ทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน ทักษะการแก้สมการ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา ทักษะการดำเนินการตามแผน และทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ และทักษะย่อยทั้ง 8 ทักษะเหล่านี้สามารถสรุปได้ทักษะหลัก 2 ทักษะ คือ ทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ รวบรวม วิเคราะห์เอกสาร มาประยุกต์กับร่างโมเดลที่พัฒนาขึ้นได้เป็นโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับข้อบกพร่อง กลุ่มของข้อบกพร่อง ทักษะย่อยและทักษะหลักของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ สร้างเป็นโหนดต่าง ๆ ได้แก่ โหนดข้อสอบ (Item nodes) โหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) โหนดทักษะย่อย (Subskill node) โหนดทักษะหลัก (Skill nodes) และ โหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node) แล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดจนได้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน
(น้ำมาทดลองใช้กับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

จากภาพที่ 4.2 พบว่า ในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเครือข่ายเบย์เซียนเป็นการแสดงให้เห็นถึงโหนดลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในร่างโมเดลการวินิจฉัย และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดในโมเดลการวินิจฉัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. โหนดลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในร่างโมเดลการวินิจฉัย

(1) โหนดข้อสอบ (Item_nodes) มี 10 โหนด ได้แก่ **symbol_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการใช้เครื่องหมายเพื่อแสดงการดำเนินการ การตีโจทย์/แปลความประโยคภาษา การลำดับขั้นของการดำเนินการ **compute_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการคำนวณ การคำนวณได้ครบขั้นตอน การคำนวณผิดวิธี **property_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการใช้สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวก และสมบัติการคูณ **equation_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการแก้สมการ การแก้สมการครบขั้นตอน ความถูกต้องของการคำนวณ และการลำดับขั้นการแก้สมการ **understand_Item1** ใช้วัดข้อบกพร่องในการที่บอกได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ **understand_Item2** ใช้วัดข้อบกพร่องในการบอกได้ว่าอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด **devising_Item1** ใช้วัดข้อบกพร่องในการบอกได้ว่าอะไรคือข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาคำตอบ **devising_Item2** ใช้วัดข้อบกพร่องในการเขียนสมการเพื่อหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนด **carrying_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการดำเนินการแก้ปัญหาตามสมการที่ได้วางแผนไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง และ **lookback_Item** ใช้วัดข้อบกพร่องในการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้อง แต่ละโหนดข้อสอบจะประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 6 ข้อ 6 คะแนน เท่ากัน

(2) โหนดข้อบกพร่อง (Bug_nodes) มี 8 โหนด ได้แก่ **symbol_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ **compute_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการคำนวณ **property_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน **equation_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการหาคำตอบของสมการ **understand_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา **devising_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหา **carrying_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้ และ **lookback_bug** เป็นกลุ่มของข้อบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา

(3) โหนดทักษะย่อย (Subskill_nodes) มี 8 โหนด ได้แก่ **symbol_subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ **compute_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการคำนวณ **property_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน **equation_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการแก้สมการ **understand_subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการทำความเข้าใจปัญหา **devising_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา **carrying_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัย

ทักษะการดำเนินการตามตามแผนการแก้ปัญหาที่วางไว้ และ **lookback_ subskill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยทักษะการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา

(4) โหนดทักษะหลัก (Skill_ nodes) มี 2 โหนด ได้แก่ **concept_skill** เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ **process_skill** เป็นโหนดที่วินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

(5) โหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์(Solving_node) มี 1 โหนด ได้แก่ Solving เป็นโหนดที่ใช้วินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ

ข. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดในโมเดลการวินิจฉัย

(1) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดข้อสอบ กับโหนดข้อบกพร่อง มีดังนี้ (ดูภาพที่ 4.2 ประกอบ)

ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อสอบ **symbol_Item compute_Item property_Item equation_Item carrying_Item** และ **lookback_ Item** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง **symbol_bug compute_Item property_ Item equation_ bug carrying_ bug** และ **lookback_ bug** ตามลำดับ

ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อสอบ **understand_Item1 กับ understand_Item2** จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง **understand_bug** และ **devising_Item1** กับ **devising_Item2** จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดข้อบกพร่อง **devising_bug**

(2) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดข้อบกพร่องกับโหนดทักษะย่อย มีดังนี้

ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **symbol_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **symbol_subskill** ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **compute_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **compute_subskill** กับ **equation_subskill** ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **property_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **property_subskill** กับ **equation_subskill** และผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **equation_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **equation_subskill**

ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **understand_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยขอโหนดทักษะย่อย **understand_subskill** กับ **lookback_ subskill** ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **devising_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **devising_subskill** กับ **lookback_subskill** ผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **carrying_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัย

Chulalongkorn University

ของโหนดทักษะย่อย **carrying_subskill** กับ **lookback_subskill** และผลการวินิจฉัยจากโหนดข้อบกพร่อง **lookback_bug** จะส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะย่อย **lookback_subskill**

(3) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดทักษะย่อย กับโหนดทักษะหลัก มีดังนี้

ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะย่อย **symbol_subskill compute_subskill property_subskill** และ **equation_subskill** จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะหลัก **concept_skill**

ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะย่อย **understand_subskill devising_subskill carrying_subskill** และ **lookback_ subskill** จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดทักษะหลัก **process_skill**

(4) การเชื่อมโยงที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโหนดทักษะหลัก กับโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ ผลการวินิจฉัยจากโหนดทักษะหลัก **concept_skill** กับ **process_skill** จะร่วมกันส่งผลไปยังการวินิจฉัยของโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ **Solving**

4. ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยตามร่างโมเดลโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

การสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะออกแบบตามโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่เป็นการนำผลการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องตามทักษะย่อยและทักษะหลักของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จัดทำเป็นแบบสอบวินิจฉัยและตรวจสอบคุณภาพโดยการหาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบเกี่ยวกับค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก ในส่วนของคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยมีการตรวจสอบความเที่ยงและความตรง โดยใช้แนวคิดของทั้งทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่ทั้งแบบเอกมิติและพหุมิติ ซึ่งมีรายละเอียดของผลของการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยดังนี้

4.1 ผลการสร้างแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากการสำรวจความบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการศึกษาเอกสารงานวิจัย สัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์และนักเรียน พบว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 องคประกอบคือ การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาใช้ออกแบบสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาและแบบสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยาให้ครอบคลุมข้อบกพร่อง และทักษะการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งข้อสอบจะมีลักษณะต่อเนื่องเชื่อมโยงกันในแต่ละตอนและแต่ละฉบับ เมื่อนักเรียนทำแบบสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่องแล้ว นำคำตอบผิดในรูปแบบต่าง ๆ ของนักเรียนที่ได้จากผลการตอบแบบสอบจัดเรียงคำตอบที่มีความถี่จากลำดับมากที่สุด 3 ลำดับ มาใช้เป็นตัวเลือกในแบบสอบวินิจฉัย ที่สร้างขึ้นให้มีลักษณะข้อคำถามเหมือนกับแบบสอบเพื่อค้นหาข้อบกพร่อง โดยแบบสอบวินิจฉัยที่ได้มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัย 5 ตัวเลือก ที่มีตัวเลือกสุดท้ายเป็นแบบปลายเปิด ใช้วินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียนแยกเป็น 2 ทักษะหลัก คือ วินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ วินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา มีรายละเอียดดังนี้

แบบสอบวินิจฉัยฉบับที่ 1 แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยการวินิจฉัยมโนทัศน์หรือความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการนำมาใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือกที่มีตัวเลือกสุดท้ายเป็นแบบปลายเปิด แบ่งการวินิจฉัยออกเป็น 4 ตอน ตอนละ 6 ข้อ รวมทั้งหมด 24 ข้อ จำแนกวินิจฉัยตามทักษะย่อยของการใช้มโนทัศน์หรือความรู้พื้นฐานในการแก้ปัญหา แสดงตัวอย่างและรายละเอียดดังนี้

(1) วินิจฉัยทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol) โดยเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการเปลี่ยนจากประโยคภาษาที่กำหนดให้อยู่ในรูปของประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

(2) วินิจฉัยทักษะการคำนวณ (compute) โดยเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการหาผลการบวก ลบ คูณ หาร จำนวนต่าง ๆ จากโจทย์ที่กำหนดให้

(3) วินิจฉัยทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน (property) โดยเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการนำสมบัติของการเท่ากัน ได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติสะท้อน สมบัติการบวก และสมบัติการคูณไปใช้

(4) วินิจฉัยทักษะการแก้สมการ (equation) โดยเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการหาคำตอบจากสมการที่กำหนดให้

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัย ฉบับที่ 1

แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

คำสั่ง : ให้นักเรียนเปลี่ยนประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์

1. หกสิบหักออกสี่สิบแปด

ก. 60 - 48

ข. 60 + 48

ค. 60 ÷ 48

ง. 48 - 60

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการคำนวณ

คำสั่ง ให้นักเรียนหาผลลัพธ์ในแต่ละข้อต่อไปนี้

7. จงหาผลลัพธ์ของ 60 - 48

ก. 12

ข. 18

ค. 22

ง. 28

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการใช้สมบัติของการเท่ากัน

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมข้อความต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

13. ถ้า 48 – a = 12 แล้ว 48 – 12 = ...

ก. a

ข. 12

ค. 18

ง. a + 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

ตอนที่ 4 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการแก้สมการ

คำสั่ง ให้นักเรียนหาคำตอบของสมการต่อไปนี้

19. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ a – 48= 12

ก. 4

ข. 12

ค. 36

ง. 60

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

แบบสอบวินิจฉัยฉบับที่ 2 แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา ประกอบด้วยการวินิจฉัยกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ที่ตัวเลือกสุดท้ายเป็นเป็นแบบปลายเปิด แบ่งการวินิจฉัยเป็น 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์แบ่งการวินิจฉัยออกเป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้น รวมจำนวน 36 ข้อ แสดงตัวอย่างและรายละเอียดดังนี้

(1) วินิจฉัยทักษะการทำความเข้าใจปัญหา (understand) โดยเป็นการวินิจฉัยการทำความเข้าใจปัญหา แบ่งเป็น 2 ลักษณะย่อย คือ วินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการสรุป ได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้

(2) วินิจฉัยทักษะการวางแผนแก้ปัญหา (devising) โดยเป็นการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการวางแผนแก้ปัญหา แบ่งเป็น 2 ลักษณะย่อย คือ วินิจฉัยความสามารถของนักเรียนในการสรุปได้ว่า ข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ และการวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ เพื่อนำไปใช้หาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้

(3) วินิจฉัยทักษะการดำเนินการตามแผน (carrying) โดยเป็นการวินิจฉัยการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาที่ได้วางไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง นั่นคือการแก้สมการที่ได้วางแผนไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง

(4) วินิจฉัยทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ (lookback) โดยเป็นการวินิจฉัยการมองย้อนกลับไปที่กระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใดหรือไม่

ตัวอย่างแบบสอบวินิจฉัย ฉบับที่ 2

แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของโพลยา

สถานการณ์ที่ 1 : จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาจำนวน ๆ นั้น

1.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. ผลรวมของ 48 กับ 12

ข. ผลต่างของ 48 กับ 12

ค. จำนวน ๆ หนึ่งที่มากกว่า 48 อยู่ 12

ง. จำนวน ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 48 อยู่ 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 12 อยู่ 48

ข. จำนวน ๆ หนึ่งน้อยกว่า 12 อยู่ 48

ค. จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12

ง. จำนวน ๆ หนึ่งน้อยกว่า 48 อยู่ 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) จำนวน ๆ นี้มากกว่า 48 (2) ทั้งสองจำนวนต่างกันเท่ากับ 12

(3) ผลรวมของจำนวนทั้งสองจำนวนนี้ (4) ผลต่างของจำนวนทั้งสองจำนวนนี้

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (1) และ (3)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทน จำนวน ๆ นี้ที่ต้องการทราบ)

ก. $a \times 48 = 12$

ข. $a - 48 = 12$

ค. $48 - a = 12$

ง. $48 + a = 12$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 60

ข. 36

ค. 12

ง. 4

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.6 ข้อใดถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือจำนวน ๆ หนึ่งที่มากกว่า 12 อยู่ 48

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ ผลรวมของจำนวน ๆ หนึ่งกับ 12 เท่ากับ 48

(3) สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ 48 - a = 12

(4) จำนวน ๆ นี้ คือ 60 เพราะ 60 มากกว่า 48 อยู่ 12

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

4.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่ทั้งแบบเอกมิติ พหุมิติ ความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัย ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และ ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) ที่ได้จากการนำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนที่ยินยอมให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาใน จ. สุพรรณบุรี จ. อุทัยธานี , จ.อ่างทอง , จ.ลพบุรี และ จ.พระนครศรีอยุธยา รวมจำนวน 304 คน ซึ่งผลการหาคุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับมีรายละเอียดดังนี้

ก. ความตรงของแบบสอบวินิจฉัย

1) ความตรงเชิงเนื้อหา

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ผู้วิจัยได้นำแบบสอบวินิจฉัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ การวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 6 ท่าน ตรวจสอบข้อคำถามต่าง ๆ ว่าในแต่ละข้อวัดได้สอดคล้องกับเนื้อหาจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยพิจารณาคัดเลือกข้อคำถามจากค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Item Objective Congruence) ที่

มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป หากข้อคำถามใดไม่ถึง 0.50 หรือผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ตามคำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และโครงสร้าง ให้มีความเหมาะสม

ซึ่งจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญข้อคำถามมีค่า 0.50 ขึ้นไป แต่มีข้อเสนอแนะบางประการ ดังนี้

- ตัวเลือกใช้คำพูดที่คล้ายกับโจทย์มากเกินไป
- ควรให้คำนิยามว่าตัวแปร (a) หมายถึงอะไร เช่น a แทน จำนวนเงินที่แม่ให้ออมสินมาแบ่งให้น้อง
- ไม่ควรมีคำตอบที่ถูกต้องเป็น จ. มากเกินไป
- สถานการณ์บางสถานการณ์ใช้คำสับสนให้ปรับภาษาให้เข้าใจง่ายขึ้น
- แบบสอบกับเวลาการทำแบบสอบให้มีสัดส่วนเหมาะสมกัน ไม่ควรมีจำนวนข้อสอบเยอะเกินไป

จากข้อเสนอแนะที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับภาษาในโจทย์ให้อ่านแล้วเข้าใจง่าย จำนวนข้อสอบให้เหมาะสมกับเวลา ปรับเฉลยคำตอบให้มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน และมีการนิยามความหมายของตัวแปรตามที่ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะ

2) ความตรงเชิงโครงสร้าง

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct Validity) ผู้วิจัยได้ใช้การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL ในการตรวจสอบความความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์และมีการปรับโมเดล (model modification) ผลจากการวิเคราะห์ ปรากฏผลดังตาราง 7 - 8 และแสดงดังภาพที่ 23

Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเอกมิติและพหุมิติ (n = 304 คน)

โมเดล	สถิติดีเวียนซ์(G^2)	จำนวนพารามิเตอร์	ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC)
เอกมิติรวม(composite approach)	20032.43	120	20272.43
พหุมิติ (Multidimensional approach)	19804.71	121	20046.71

พหุมิติ (Multidimensional approach) เทียบกับเอกมิติรวม(composite approach)

สถิติไคสแควร์อัตราส่วนไลค์ลิฮูด (Likelihood ratio chi-squared statistic ; G^2) : χ^2 = 227.72 , df =1 , p< .01

จากตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พหุมิติและเอกมิติแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่างแบบพหุมิติกับแบบเอกมิติรวมแล้ว พบว่า โมเดลแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) เท่ากับ 19804.71 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 121) โมเดลแบบเอกมิติรวมมีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) เท่ากับ 20032.43 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 120) ซึ่งโมเดลแบบพหุมิตินี้มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) น้อยกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวม โดยโมเดลทั้งสองมีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic)แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ของโมเดลแบบพหุมิติเท่ากับ 20046.71 และแบบเอกมิติรวมมีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ของโมเดลแบบเอกมิติรวม เท่ากับ 20272.43 ซึ่งโมเดลแบบพหุมิติมีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) น้อยกว่าแบบเอกมิติรวม อันเป็นหลักฐานแสดงว่าโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้มีความเหมาะสมกับการวัดลักษณะพหุมิติ

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ

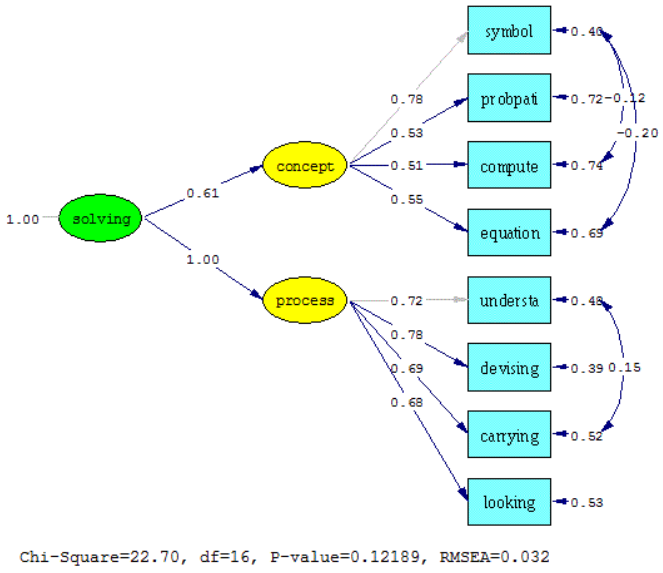
องค์ประกอบ	ข้อคำถาม	ค่าน้ำหนักขององค์ประกอบ (b)	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEM)	ค่าที (t)	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (completely standard solution)	ค่าความเที่ยง (R^2)	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
concept	symbol	1.07	-	-	0.78	0.60	0.39
	property	0.71**	0.10	6.82	0.53	0.28	0.09
	compute	0.72**	0.10	7.20	0.51	0.26	0.15
	equation	0.84**	0.12	7.29	0.55	0.31	0.19
process	Understand	1.91	-	-	0.72	0.52	0.08
	Devising	1.98**	0.16	12.54	0.78	0.61	0.15
	Carrying	1.10**	0.07	14.82	0.69	0.48	0.12
	looking	1.01**	0.09	11.69	0.68	0.47	0.16

χ^2 = 22.70 (df = 16 , p = 0.122) GFI =0.99 AGFI =0.97 RMR =0.068 RMSEA = 0.032

**P < 0.01

จากตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โมเดลโครงสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติที่ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา (concept) และ การใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา (process) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.71 – 1.98 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.71 – 0.84 และ 1.01 – 1.98 ตามลำดับ และพบว่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยน้ำหนักทุกองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยง (R^2) ขององค์ประกอบแต่ละด้านมีค่าอยู่ระหว่าง 0.26 -0.61 เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเป็นรายด้าน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.60 และ 0.47 – 0.61 ตามลำดับ

เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโครงสร้างทฤษฎีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการทดสอบสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 22.70 (df = 16 , p = 0.122) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมพิจารณาค่าสถิติตัวอื่นๆ ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.97 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMSEA) เท่ากับ 0.032 จากดัชนีความเหมาะสมสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างทฤษฎีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อันเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้างทฤษฎีของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบพหุมิติ



ภาพที่ 23 ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข. ความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัย

การวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัย ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการทำแบบสอบวินิจฉัยของนักเรียนมาหาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยวิธีการคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ใช้ค่าความเที่ยง EAP reliability ด้วยการประมาณค่ามาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด(Marginal maximum -likelihood ; MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional) ใช้การวิเคราะห์พหุมิติแบบ 2PL (Two-parameter logistic) ด้วยโปรแกรม IRTPRO 2.1 จำแนกตามองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อด้วยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบสอบวินิจฉัย (Item-total correlation ; r_i) ปรากฏดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ทักษะหลัก	ข้อคำถาม	r_i	ค่าความเที่ยง (Reliability)	
			สัมประสิทธิ์แอลฟา	การวิเคราะห์พหุมิติ (EAP reliability)
concept	symbol_1	0.24	0.73 (SEM = 2.03)	0.78
	symbol_2	0.37		
	symbol_3	0.20		
	symbol_4	0.43		
	symbol_5	0.30		
	symbol_6	0.33		
	compute_1	0.29		
	compute_2	0.23		
	compute_3	0.41		
	compute_4	0.21		
	compute_5	0.28		
	compute_6	0.43		

ตารางที่ 9 ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะหลัก	ข้อคำถาม	r_i	ค่าความเที่ยง (Reliability)	
			สัมประสิทธิ์แอลฟา	การวิเคราะห์พหุมิติ (EAP reliability)
concept	property_1	0.24	0.73 (SEM = 2.03)	0.78
	property _2	0.26		
	property _3	0.23		
	property _4	0.27		
	property _5	0.26		
	property _6	0.13		
	equation_1	0.34		
	equation_2	0.38		
	equation_3	0.35		
	equation_4	0.05		
	equation_5	0.22		
	equation_6	0.15		
process	understand_1.1	0.27	0.87 (SEM = 2.57)	0.88
	understand _1.2	0.34		
	devising_1.1	0.51		
	devising _1.2	0.38		
	carrying_1	0.46		
	looking_1	0.42		
	understand _2.1	0.44		
	understand _2.2	0.35		
	devising_2.1	0.51		
	devising_2.2	0.33		
	carrying_2	0.45		
	looking_2	0.41		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 9 ค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ทักษะหลัก	ข้อคำถาม	r_i	ค่าความเที่ยง (Reliability)	
			สัมประสิทธิ์แอลฟา	การวิเคราะห์พหุมิติ (EAP reliability)
	understand _3.1	0.34		
	understand _3.2	0.38		
	devising_3.1	0.52		
	devising_3.2	0.33		
	carrying_3	0.43		
	looking_3	0.44		
	understand _4.1	0.38		
	understand _4.2	0.33		
	devising_4.1	0.31		
	devising_4.2	0.41		
	carrying_4	0.49		
	looking_4	0.20		
	understand _5.1	0.47		
	understand _5.2	0.37	0.87	0.88
process	devising_5.1	0.21	(SEM = 2.57)	
	devising_5.2	0.29		
	carrying_5	0.27		
	looking_5	0.32		
	understand _6.1	0.18		
	understand _6.2	0.40		
	devising_6.1	0.34		
	devising_6.2	0.25		
	carrying_6	0.29		
	looking_6	0.24		

จากตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (reliability) ของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 60 ข้อ สอบกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (มัธยมศึกษาปีที่ 2) พบว่า การประมาณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าความเที่ยงด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.73 ด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.87 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 2.03 และ 2.57 ตามลำดับและการประมาณค่าความเที่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ โดยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (marginal maximum-likelihood ; MML) มีค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability ด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.78 และด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.88 แสดงว่า แบบสอบวินิจฉัยซึ่งมีลักษณะพหุมิตินี้มีหลักฐานแสดงความเที่ยงอยู่ในระดับสูง

นอกจากนี้จากการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ จากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบสอบวินิจฉัย (Item-total correlation ; r_i) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบสอบวินิจฉัย ด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์(concept) พบว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 ยกเว้นมี 3 ข้อที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (process) พบว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.20 ยกเว้นมีเพียง 1 ข้อ ที่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ซึ่งข้อคำถามที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ 0.20 รวมจำนวน 56 มีคุณภาพสามารถวัดในการจำแนกคุณลักษณะที่ทำการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีคุณลักษณะสูงและคุณลักษณะต่ำออกจากกันได้ดี

ค. ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่แบบเอกมิติ (UIRT) และพหุมิติ (MIRT)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแนวใหม่แบบพหุมิติ (MIRT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) เป็นการประมาณค่าความยาก (Thresholds) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discriminant) ของข้อสอบด้วย 2PL โดยใช้โปรแกรม IRTPRO version 2.1 สำหรับวิเคราะห์แนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เป็นการประมาณค่าความยาก (b หรือ Thresholds) และค่าอำนาจจำแนกข้อสอบสอบ (a) โดยใช้โปรแกรม TAP ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎี การทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) และแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT)

ทักษะย่อย	ข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ					
		CTT		UIRT		MIRT	
		a (อำนาจจำแนก)	b (ความยาก)	a (Discriminant)	b (Thresholds)	a (Discriminant)	b (Thresholds)
symbol	symbol_1	0.22	0.93	1.34	-2.60	2.21	-1.98
	symbol_2	0.58	0.70	1.15	-1.06	1.67	-0.86
	symbol_3	0.33	0.60	0.64	-0.25	0.59	-0.25
	symbol_4	0.72	0.41	0.98	0.64	1.47	0.48
	symbol_5	0.48	0.71	0.93	-1.31	1.18	-1.11
	symbol_6	0.32	0.88	1.21	-2.14	2.23	-1.54
compute	compute_1	0.31	0.89	1.01	-2.41	1.40	-1.93
	compute_2	0.28	0.87	0.44	-4.68	1.07	-2.18
	compute_3	0.63	0.68	0.89	-1.19	1.96	-0.76
	compute_4	0.24	0.89	1.07	-2.31	1.11	-2.25
	compute_5	0.41	0.78	0.72	-2.15	1.05	-1.61
	compute_6	0.68	0.62	0.89	-0.82	1.88	-0.54
property	property_1	0.40	0.64	0.56	-1.19	0.69	-1.03
	property _2	0.45	0.54	0.51	-0.45	0.62	-0.39
	property _3	0.36	0.44	0.50	0.55	0.50	0.56
	property _4	0.31	0.18	0.72	2.51	0.83	2.24
	property _5	0.41	0.40	0.47	0.89	0.63	0.68
	property _6	0.17	0.26	0.31	3.73	0.35	3.31
equation	equation_1	0.53	0.49	0.63	-0.03	0.94	-0.03
	equation_2	0.70	0.43	0.86	0.25	1.30	0.18
	equation_3	0.44	0.37	0.60	0.73	0.84	0.55
	equation_4	0.19	0.32	0.14	4.64	0.14	4.71
	equation_5	0.31	0.34	0.51	1.50	0.55	1.40
	equation_6	0.19	0.22	0.35	3.62	0.40	3.18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) และแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) (ต่อ)

ทักษะย่อย	ข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ					
		CTT		UIRT		MIRT	
		a (อำนาจจำแนก)	b (ความยาก)	a (Discriminant)	b (Thresholds)	a (Discriminant)	b (Thresholds)
under stand	under_1.1	0.40	0.57	0.61	-0.21	0.66	-0.20
	under_2.1	0.53	0.63	1.39	-0.50	1.49	-0.48
	under_3.1	0.39	0.82	1.09	-1.45	1.19	-1.38
	under_4.1	0.54	0.71	1.33	-1.01	1.33	-1.01
	under_5.1	0.63	0.74	1.61	-0.79	1.61	-0.80
	under_6.1	0.37	0.53	0.36	-0.46	0.36	-0.47
	under_1.2	0.44	0.83	1.88	-1.38	1.78	-1.43
	under_2.2	0.46	0.59	0.88	-0.68	0.94	-0.65
	under_3.2	0.47	0.77	1.07	-1.04	1.18	-0.98
	under_4.2	0.42	0.62	0.93	-0.66	0.95	-0.64
	under_5.2	0.58	0.66	1.02	-0.70	1.00	-0.71
	under_6.2	0.61	0.38	1.14	0.41	1.07	0.44
devising	devise_1.1	0.53	0.63	1.62	-0.21	1.80	-0.20
	devise_2.1	0.56	0.54	1.60	-0.19	1.79	-0.19
	devise_3.1	0.79	0.44	1.72	0.15	1.72	0.16
	devise_4.1	0.53	0.44	0.70	0.46	0.77	0.43
	devise_5.1	0.12	0.04	1.19	3.60	1.24	3.49
	devise_6.1	0.63	0.51	0.86	0.25	0.89	0.25
	devise_1.2	0.63	0.60	1.04	-0.53	1.07	-0.52
	devise_2.2	0.47	0.53	0.93	-0.27	0.85	-0.28
	devise_3.2	0.53	0.50	0.99	0.12	0.88	0.15
	devise_4.2	0.61	0.61	1.09	-0.54	1.13	-0.53
	devise_5.2	0.35	0.21	0.86	1.67	0.85	1.69
	devise_6.2	0.37	0.55	0.53	-0.17	0.54	-0.17
carrying	carrying_5.1	0.65	0.68	1.80	-0.77	1.77	-0.79
	carrying_5.2	0.47	0.80	2.57	-1.00	2.46	-1.02
	carrying_5.3	0.67	0.70	1.39	-0.77	1.50	-0.74
	carrying_5.4	0.63	0.45	1.25	0.41	1.33	0.39
	carrying_5.5	0.46	0.47	0.55	0.32	0.62	0.29
	carrying_5.6	0.39	0.41	0.73	0.60	0.73	0.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบสอบวินิจฉัยตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) และแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) (ต่อ)

ทักษะย่อย	ข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ					
		CTT		UIRT		MIRT	
		a (อำนาจจำแนก)	b (ความยาก)	a (Discriminant)	b (Thresholds)	a (Discriminant)	b (Thresholds)
look back	looking_6.1	0.42	0.16	1.40	1.70	1.49	1.65
	looking_6.2	0.74	0.62	1.39	-0.57	1.37	-0.56
	looking_6.3	0.68	0.56	1.21	-0.21	1.29	-0.21
	looking_6.4	0.40	0.35	0.58	1.09	0.57	1.11
	looking_6.5	0.46	0.39	0.67	0.48	0.73	0.44
	looking_6.6	0.33	0.35	0.58	1.33	0.59	1.32

จากตารางที่ 10 พบว่า เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ของข้อสอบจำนวนทั้งหมด 60 ข้อ ด้วย โปรแกรม TAP ค่าความยาก (b) มีระหว่าง 0.04 – 0.93 มีความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม จำนวน 50 ข้อ มีเพียง 10 ข้อ ที่มีความยากต่ำกว่าเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนก (a) มีค่าระหว่าง 0.12 – 0.79 มีค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสม 56 ข้อ มีเพียง 4 ข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกต่ำกว่าเกณฑ์

เมื่อวิเคราะห์ข้อคำถามด้วย 2PL (Two-parameter logistic) ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) ด้วยโปรแกรม IRTPRO 2.1 มีค่าความยาก (threshold) มีค่าอยู่ระหว่าง -4.68 – 4.64 แสดงถึงข้อคำถามส่วนใหญ่มีความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีเพียง 6 ข้อที่มีความยากต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (Discriminant) ของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14 – 2.57 แสดงถึงข้อคำถามสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถต่ำได้ดีเป็นส่วนใหญ่ มีเพียง 6 ข้อที่ไม่มีค่าอำนาจจำแนกสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถต่ำได้

เมื่อวิเคราะห์ข้อคำถามด้วย 2PL (Two-parameter logistic) ด้วยโปรแกรม IRTPRO 2.1 ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) มีค่าความยาก (threshold) มีค่าอยู่ระหว่าง -2.25 – 4.71 แสดงถึงข้อคำถามส่วนใหญ่มีความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มี 4 ข้อที่มีความยากต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนก (Discriminant) ของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.14 – 2.46 แสดงถึงข้อคำถามสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถต่ำได้ดีเป็นส่วนใหญ่ มีเพียง 4 ข้อที่ไม่มีค่าอำนาจจำแนกสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถต่ำได้

จากผลการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) เอกมิติ (UIRT) และทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติจะให้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ผันแปรไปตามกลุ่ม และ

ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบส่วนใหญ่จะให้ค่าที่ผ่านเกณฑ์มากกว่าการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติและทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ในส่วนของข้อที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกที่ต่ำกว่าเกณฑ์ผู้วิจัยได้ทำการปรับภาษาให้มีความเหมาะสมและเข้าใจง่ายยิ่งขึ้น

5. ผลการกำหนดจุดตัดโดยวิธีแองกอฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง

การกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ เป็นการกำหนดคะแนนการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำจากการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ การวัดผลและประเมินผลเป็นผู้พิจารณาข้อสอบแต่ละข้อที่อยู่ในแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ฉบับ ร่วมกับสารสนเทศเกี่ยวกับคุณภาพของข้อสอบ แล้วตัดสินประมาณเป็นค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มผู้สอบที่มีผลการเรียนในระดับคาบเส้นหรือมีผลการเรียน 0 หรือ 1 จะสามารถทำข้อสอบข้อ ได้ถูกต้อง โดยนักเรียนที่ไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ในทักษะใดต้องได้คะแนนของแต่ละด้านไม่ต่ำกว่าคะแนนจุดตัดที่คำนวณได้มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 11 คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแยกตามโหนดข้อสอบ (Item nodes)

โหนดข้อสอบ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 4	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 5	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 6
symbol_ Item	1	0.60	0.70	0.80	0.90	0.80	0.65
	2	0.70	0.80	0.70	0.70	0.50	0.78
	3	0.80	0.70	0.80	0.70	0.50	0.43
	4	0.80	0.70	0.80	0.50	0.50	0.63
	5	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.69
	6	0.70	0.80	0.80	0.90	0.70	0.70
	รวม	**4.40**	**4.40**	**4.70**	**4.40**	**3.60**	**3.88**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 25.38/6 = 4.23 (คะแนนจุดตัดคือ 4 คะแนน)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่11 คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแยกตามโหนดข้อสอบ(Item nodes)(ต่อ)

โหนดข้อสอบ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 4	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 5	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 6
compute_ Item	7	0.70	1.00	0.80	0.90	0.80	0.70
	8	0.70	0.60	0.80	0.90	0.75	0.65
	9	0.60	0.70	0.80	0.70	0.70	0.81
	10	0.60	0.60	0.30	0.90	0.60	0.63
	11	0.60	0.60	0.40	0.50	0.60	0.69
	12	0.60	0.30	0.40	0.60	0.60	0.80
	รวม	**3.80**	**3.80**	**3.50**	**4.50**	**4.05**	**4.28**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 23.93/6 = 3.99 (คะแนนจุดตัดคือ 4 คะแนน)						
property_ Item	13	0.50	0.40	0.80	0.60	0.65	0.54
	14	0.70	0.80	0.60	0.50	0.60	0.49
	15	0.70	0.80	0.50	0.40	0.45	0.30
	16	0.70	0.80	0.70	0.20	0.45	0.01
	17	0.50	0.40	0.60	0.40	0.50	0.31
	18	0.40	0.30	0.40	0.20	0.45	0.07
	รวม	**3.50**	**3.50**	**3.60**	**2.30**	**3.10**	**1.72**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 17.72/6 = 2.95 (คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						
โหนดข้อสอบ	**ข้อที่**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 4**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 5**	**ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 6**
equation_ Item	19	0.70	0.80	0.80	0.50	0.60	0.52
	20	0.70	0.60	0.50	0.50	0.65	0.63
	21	0.60	0.70	0.80	0.40	0.60	0.31
	22	0.50	0.50	0.40	0.40	0.40	0.01
	23	0.50	0.40	0.40	0.40	0.50	0.15
	24	0.40	0.30	0.40	0.30	0.40	0.07
	รวม	**3.40**	**3.30**	**3.30**	**2.50**	**3.15**	**1.69**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 17.34/6 = 2.89 (คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						

ตารางที่11 คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแยกตามโหนดข้อสอบ(Item nodes)(ต่อ)

โหนดข้อสอบ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 4	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 5	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 6
understand_Item 1	1.1	0.80	0.70	0.80	0.70	0.70	0.70
	2.1	0.60	0.60	0.80	0.70	0.70	0.60
	3.1	0.70	0.80	0.70	0.70	0.60	0.60
	4.1	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.60
	5.1	0.80	0.80	0.80	0.60	0.60	0.50
	6.1	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.50
	รวม	**4.40**	**4.40**	**4.70**	**3.90**	**3.80**	**3.50**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 24.70/6 = 4.12 (คะแนนจุดตัดคือ 4 คะแนน)						
understand_Item 2	1.2	0.80	0.70	0.80	0.80	0.70	0.77
	2.2	0.50	0.70	0.70	0.60	0.60	0.73
	3.2	0.70	0.70	0.80	0.70	0.65	0.08
	4.2	0.70	0.70	0.70	0.60	0.40	0.55
	5.2	0.80	0.70	0.80	0.60	0.75	0.50
	6.2	0.70	0.70	0.70	0.40	0.65	0.86
	รวม	**4.20**	**4.20**	**4.50**	**3.70**	**3.75**	**3.49**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 23.84/6 = 3.97 (คะแนนจุดตัดคือ 4 คะแนน)						
devising_Item1	1.3	0.50	0.50	0.60	0.40	0.40	0.71
	2.3	0.50	0.50	0.60	0.50	0.40	0.73
	3.3	0.60	0.30	0.70	0.50	0.55	0.87
	4.3	0.50	0.40	0.70	0.50	0.45	0.75
	5.3	0.60	0.30	0.60	0.30	0.45	0.47
	6.3	0.60	0.30	0.60	0.50	0.65	0.58
	รวม	**3.30**	**2.30**	**3.80**	**2.70**	**2.90**	**4.11**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 19.11/6 = 3.19 (คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่11 คะแนนจุดตัดที่กำหนดโดยวิธีของแองกอฟแยกตามโหนดข้อสอบ(Item nodes)(ต่อ)

โหนดข้อสอบ	ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 4	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 5	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 6
devising_ Item 2	1.4	0.60	0.50	0.70	0.60	0.65	0.74
	2.4	0.60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.53
	3.4	0.60	0.50	0.70	0.50	0.55	0.74
	4.4	0.60	0.30	0.60	0.60	0.65	0.54
	5.4	0.60	0.25	0.60	0.40	0.50	0.72
	6.4	0.60	0.30	0.50	0.50	0.60	0.25
	รวม	**3.60**	**2.35**	**3.60**	**3.10**	**3.45**	**3.52**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 19.62/6 = 3.27(คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						
carrying_ Item	1.5	0.70	0.80	0.50	0.60	0.70	0.87
	2.5	0.60	0.60	0.50	0.80	0.60	0.74
	3.5	0.70	0.80	0.60	0.70	0.70	0.34
	4.5	0.60	0.30	0.60	0.50	0.70	0.06
	5.5	0.60	0.30	0.50	0.50	0.50	0.43
	6.5	0.50	0.25	0.40	0.40	0.40	0.35
	รวม	**3.70**	**3.05**	**3.10**	**3.50**	**3.60**	**2.79**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 19.74/6 = 3.29 (คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						
lookback _ Item	1.6	0.50	0.30	0.40	0.20	0.45	0.40
	2.6	0.60	0.30	0.50	0.60	0.75	0.49
	3.6	0.60	0.30	0.50	0.50	0.70	0.64
	4.6	0.60	0.30	0.30	0.40	0.45	0.42
	5.6	0.60	0.30	0.40	0.40	0.50	0.30
	6.6	0.60	0.30	0.40	0.40	0.40	0.18
	รวม	**3.50**	**1.80**	**2.50**	**2.50**	**3.25**	**2.43**
	คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ = 15.98/6 = 2.66 (คะแนนจุดตัดคือ 3 คะแนน)						

จากตารางที่ 11 พบว่า คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ที่ได้จากวิธีของแองกอฟในโหนด symbol_bug , compute_bug , understand_bug เท่ากับ 4 คะแนนตามโหนดข้อสอบที่ส่งผลกับโหนดข้อบกพร่องนั้น ส่วนคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ที่ได้ในโหนด property_bug , equation_bug ,

devising_ bug2 , carrying_bug และ lookback_bug เท่ากับ 3 คะแนนตามโหนดข้อสอบที่ส่งผลกับโหนดข้อบกพร่องนั้น

6. ผลการกำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน

การกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน มีผลการดำเนินการแบ่งตามลักษะของโหนดในโมเดลได้ดังนี้

6.1 ผลการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่เกิดก่อน (Prior probability) ประจำโหนดข้อสอบ (Item_nodes)

โหนดข้อสอบ (Item_nodes) มีทั้งหมด 10 โหนด ประกอบด้วยโหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol_item) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการคำนวณ (compute_item) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน (property_item) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการแก้สมการ (equation_item) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการสรุปได้ว่าสถานการณ์นั้น ๆ ต้องการทราบสิ่งใด (understand_item1) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการสรุปได้ว่าอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนด (understand_item2) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการสรุปว่าข้อมูลใดจำเป็นในการหาคำตอบของสถานการณ์นั้น (devising_item1) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ (devising_item2) โหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการดำเนินการตามแผนหรือแก้สมการ (carrying_item) และโหนดข้อสอบที่ใช้วัดความบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับ (lookback_item) ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของแต่ละโหนดใช้ค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบถูกต่อนักเรียนทั้งหมด (304 คน) ในแต่ละช่วงคะแนน มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 12 ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของโหนดข้อสอบจำแนกตามคะแนนสอบที่ได้

โหนดข้อสอบ	คะแนนสอบที่ได้	จำนวนนักเรียนที่ได้แต่ละช่วงคะแนน	ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูก
1. symbol_item	0	1	0.33
	1	12	3.95
	2	20	6.58
	3	59	19.41
	4	87	28.62
	5	50	16.45
	6	75	24.67

ตารางที่ 12 ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของโหนดข้อสอบจำแนกตามคะแนนสอบที่ได้ (ต่อ)

โหนดข้อสอบ	คะแนนสอบที่ได้	จำนวนนักเรียนที่ได้แต่ละช่วงคะแนน	ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูก
2. compute_item	0	3	0.99
	1	4	1.32
	2	14	4.61
	3	27	8.88
	4	58	19.08
	5	67	22.04
	6	131	43.09
3. property_item	0	19	6.25
	1	63	20.72
	2	90	29.61
	3	58	19.08
	4	52	17.11
	5	13	4.28
	6	9	2.96
4. equation_item	0	31	10.20
	1	80	26.32
	2	76	25.00
	3	58	19.08
	4	32	10.53
	5	15	4.93
	6	12	3.95
5. understand_item1	0	6	1.97
	1	18	5.92
	2	33	10.86
	3	56	18.42
	4	70	23.03
	5	73	24.01
	6	48	15.79

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของโหนดข้อสอบจำแนกตามคะแนนสอบที่ได้ (ต่อ)

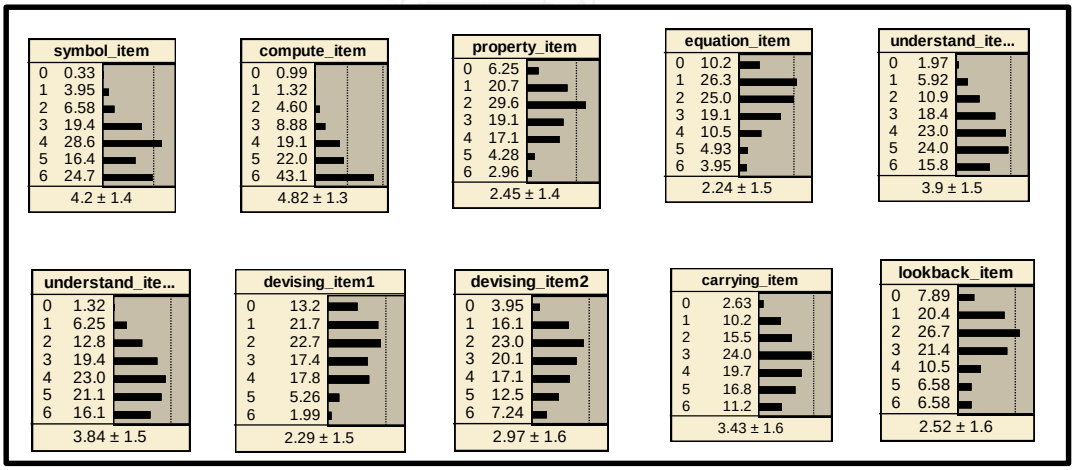
โหนดข้อสอบ	คะแนนสอบที่ได้	จำนวนนักเรียนที่ได้แต่ละช่วงคะแนน	ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูก
6.understand_item2	0	4	1.32
	1	19	6.25
	2	39	12.83
	3	59	19.41
	4	70	23.03
	5	64	21.05
	6	49	16.12
7. devising_item1	0	40	13.16
	1	66	21.71
	2	69	22.70
	3	53	17.43
	4	54	17.76
	5	16	5.26
	6	6	1.99
8. devising_item2	0	12	3.95
	1	49	16.12
	2	70	23.03
	3	61	20.07
	4	52	17.11
	5	38	12.50
	6	22	7.24
9. carrying_item	0	8	2.63
	1	31	10.20
	2	47	15.46
	3	73	24.01
	4	60	19.74
	5	51	16.78
	6	34	11.18

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 12 ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นของโหนดข้อสอบจำแนกตามคะแนนสอบที่ได้ (ต่อ)

โหนดข้อสอบ	คะแนนสอบที่ได้	จำนวนนักเรียนที่ได้แต่ละช่วงคะแนน	ร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูก
10. lookback_item	0	24	7.89
	1	62	20.39
	2	81	26.64
	3	65	21.38
	4	32	10.53
	5	20	6.58
	6	20	6.58

จากตารางที่ 12 นำค่าร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูกกำหนดลงในโหนดข้อสอบ (item_node) ในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ได้ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 โหนดข้อสอบในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากภาพที่ 24 แสดงให้เห็นถึงโหนดข้อสอบทั้ง 10 โหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย คะแนนสอบที่ได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัย (0 ถึง 6 คะแนน) ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นเบื้องต้นที่นักเรียนจะตอบถูก และเลขที่อยู่ด้านล่างของโหนดแสดงให้เห็นถึงคะแนนเฉลี่ยกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสอบ

6.2 ผลการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่อง (Bug_nodes)

โหนดข้อบกพร่อง (Bug_nodes) มีทั้งหมด 8 โหนดประกอบด้วย โหนดข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol_bug) โหนดข้อบกพร่องในการคำนวณ (compute_bug) โหนดข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากับ (property_bug) โหนดข้อบกพร่องในการแก้สมการ (equation_bug) โหนดข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา (understand_bug) โหนดข้อบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหา (devising_bug) โหนดข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา (carrying_bug) และโหนดข้อบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลา (lookback_bug) ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข (conditional probability) ประจำโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) ได้มาจากการนำคะแนนจุดตัดที่กำหนดด้วยวิธีของแองกอฟ มาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข มีรายละเอียดดังนี้

ความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องแสดงด้วยค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการที่จะเกิดข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่อง (bug / no bug) ได้จากการนำคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ มาเป็นเงื่อนไขในการวินิจฉัยว่านักเรียนมี/ไม่มีข้อบกพร่อง ซึ่งสามารถกำหนดเป็นค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องได้ตารางที่ 13 – 16

ตารางที่ 13 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด property_bug, equation_bug carrying_bug , lookback_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 3 คะแนน)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบ	ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
		bug	no bug
	0	100	0
	1	83.4	16.6
3 คะแนน	2	66.7	33.3
	3	**50.0**	**50.0**
	4	33.3	66.7
	5	16.6	83.4
	6	0	100

จากตารางที่ 13 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีของแองกอฟของโหนดproperty_bug, equation_bug , carrying_bug และ lookback_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบที่ 3 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

ตารางที่ 14 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด symbol_bug , compute_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 4 คะแนน)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	**คะแนนประจำโหนดข้อสอบ**	**ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข**	
		bug	no bug
4 คะแนน	0	100.0	0.0
	1	87.5	12.5
	2	75.0	25.0
	3	62.5	37.5
	4	**50.0**	**50.0**
	5	25.0	75.0
	6	0.0	100.0

จากตารางที่ 14 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีของแองกอฟของโหนด symbol_bug และ compute_bug เท่ากับ 4 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบที่ 4 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

ตารางที่ 15 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 4 คะแนน)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
4 คะแนน	0	0	100	0
	0	1	93.75	6.25
	0	2	87.5	12.5
	0	3	81.25	18.75
	0	4	75	25
	0	5	62.5	37.5
	0	6	50	50
	1	0	93.75	6.25
	1	1	87.5	12.5
	1	2	81.25	18.75
	1	3	75	25
	1	4	68.75	31.25
	1	5	56.25	43.75
	1	6	43.75	56.25
	2	0	87.5	12.5
	2	1	81.25	18.75
	2	2	75	25
	2	3	68.75	31.25
	2	4	62.5	37.5
	2	5	50	50
	2	6	37.5	62.5
	3	0	18.75	81.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 15 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 4 คะแนน) (ต่อ)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
4 คะแนน	3	1	75	25
	3	2	68.75	31.25
	3	3	62.5	37.5
	3	4	56.25	43.75
	3	5	43.75	56.25
	3	6	31.25	68.75
	4	0	75	25
	4	1	68.75	31.25
	4	2	62.5	37.5
	4	3	56.25	43.75
	4	**4**	**50**	**50**
	4	5	37.5	62.5
	4	6	75	25
	5	0	62.5	37.5
	5	1	56.25	43.75
	5	2	50	50
	5	3	50	50
	5	4	37.5	62.5
	5	5	25	75
	5	6	12.5	87.5
	6	0	50	50
	6	1	43.75	56.25
	6	2	37.5	62.5
	6	3	31.25	68.75
	6	4	25	75
	6	5	12.5	87.5
	6	6	0	100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 15 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีของแองกอฟของโหนด understand_bug เท่ากับ 4 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบที่ 4 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

ตารางที่ 16 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด devising_bug (โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 3 คะแนน)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
3 คะแนน	0	0	100	0
	0	1	91.6	8.4
	0	2	83.3	16.7
	0	3	75	25
	0	4	66.5	33.5
	0	5	66.7	33.3
	0	6	50	50
	1	0	91.6	8.4
	1	1	83.2	16.8
	1	2	74.9	25.1
	1	3	66.6	33.4
	1	4	58.3	41.7
	1	5	50	50
	1	6	41.6	58.4
	2	0	83.3	16.7
	2	1	74.9	25.1
	2	2	66.6	33.4
	2	3	58.3	41.7
	2	4	50	50
	2	5	41.7	58.3
	2	6	33.3	66.7
	3	0	75	25
	3	1	66.6	33.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด devising_bug โหนดที่มีคะแนนจุดตัดเท่ากับ 3 คะแนน) (ต่อ)

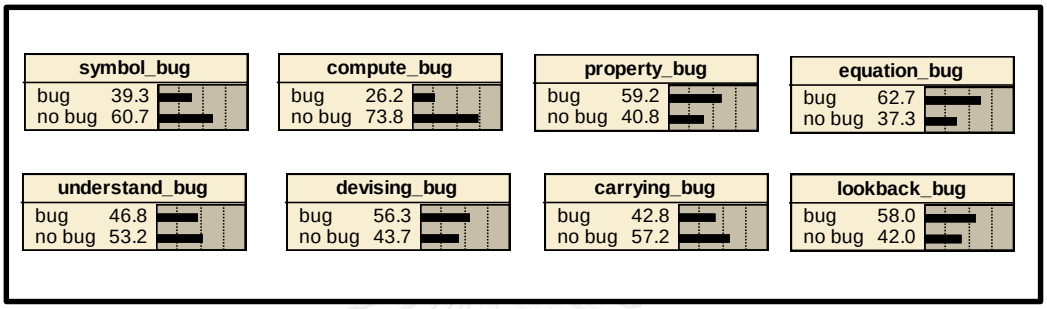
คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
3 คะแนน	3	2	58.3	41.7
	3	**3**	**50**	**50**
	3	4	41.7	58.3
	3	5	33.4	66.6
	3	6	25	75
	4	0	66.6	33.4
	4	1	58.3	41.7
	4	2	50	50
	4	3	41.7	58.3
	4	4	33.4	66.6
	4	5	25.1	74.9
	4	6	16.7	83.3
	5	0	58.4	41.6
	5	1	47	53
	5	2	41.7	58.3
	5	3	33.4	66.6
	5	4	25.1	74.9
	5	5	16.8	83.2
	5	6	8.4	91.6
	6	0	50	50
	6	1	41.6	58.4
	6	2	33.3	66.7
	6	3	25	75
	6	4	16.7	83.3
	6	5	8.4	91.6
	6	6	0	100

จากตารางที่ 16 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนด ด้วยวิธีของแองกอฟของโหนด devising_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ที่คะแนนประจำโหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อสอบที่ 3 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

จากตารางที่ 13 - 16 เป็นการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดข้อบกพร่อง ซึ่งได้จากการพิจารณาคะแนนที่เป็นโหนดของข้อสอบที่ส่งผลต่อโหนดข้อบกพร่อง ซึ่งเมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องครบทุกโหนดแล้วนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ได้ผลดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 โหนดข้อบกพร่องในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ

จากภาพที่ 25 แสดงถึงโหนดข้อบกพร่อง 8 โหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละโหนดจะประกอบด้วยค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการพิจารณาตัดสินการมีข้อบกพร่อง / ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ประจำโหนด

6.3 ผลการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะย่อย (Subskill nodes)

โหนดทักษะย่อย (Subskill nodes) มีทั้งหมด 8 โหนด ประกอบด้วยโหนดทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ (symbol_subskill) โหนดทักษะการคำนวณ (compute_ subskill) โหนดทักษะในการใช้สมบัติของการเท่ากับ (property_ subskill) โหนดทักษะการแก้สมการ (equation_ subskill) โหนดทักษะการทำความเข้าใจปัญหา (understand_ subskill) โหนดทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา (devising_ subskill) โหนดทักษะการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา (carrying_ subskill) และโหนดทักษะการตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลา (lookback_ subskill) ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข ประจำโหนดทักษะย่อย (Bug nodes) ผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานว่า นักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่อง (bug) ในทักษะย่อยใดย่อมเป็นผลมาจากการได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนดข้อบกพร่องที่

ส่งผลต่อโหนดของทักษะย่อยนั้น ซึ่งสรุปผลการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะย่อย ดังตารางที่ 17- 19

ตารางที่ 17 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย symbol_subskill, compute_subskill , property_subskill , understand_subskill , devising_subskill , carrying_subskill

สถานะของ	ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
โหนดข้อบกพร่อง	bug	no bug
bug	100	0
no bug	0	100

จากตารางที่ 17 พบว่านักเรียนจะมีข้อบกพร่องในโหนดทักษะย่อย symbol_subskill compute_subskill, property_subskill, understand_subskill, devising_subskill , carrying_subskill เป็นผลมาจากที่นักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่อง (bug) ในโหนด symbol_bug, compute_ bug, property_ bug, understand_ bug, devising_ bug , carrying_ bug ตามลำดับ

ตารางที่ 18 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย equation_subskill

สถานะของ โหนดข้อบกพร่อง (bug_node)			ร้อยละของความน่าจะเป็น อย่างมีเงื่อนไข	
equation_bug	property_bug	compute_bug	bug	no bug
bug	bug	bug	100	0
bug	bug	no bug	75	25
bug	no bug	bug	75	25
bug	**no bug**	**no bug**	**50**	**50**
no bug	bug	bug	50	50
no bug	bug	no bug	25	75
no bug	no bug	bug	25	75
no bug	no bug	no bug	0	100

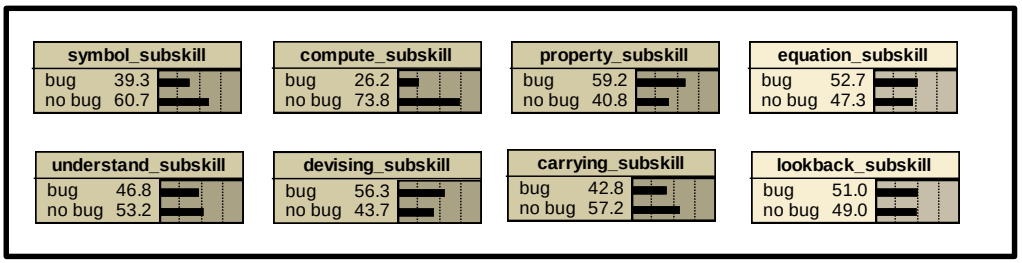
จากตารางที่ 18 พบว่าการที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องในทักษะย่อย equation_subskill เป็นผลมาจากนักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนด equation_bug property_bug และ compute_bug โดยผู้วิจัยได้น้ำหนักความสำคัญในอัตราส่วน equation_bug : property_bug :compute_bug เท่ากับ 50 : 25 : 25

ตารางที่ 19 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดทักษะย่อย lookback_subskill

สถานะของโหนดข้อบกพร่อง (bug_node)				ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
lookback_bug	carrying_bug	devising_bug	understand_bug	bug	no bug
bug	bug	bug	bug	100	0
bug	bug	bug	no bug	75	25
bug	bug	no bug	bug	75	25
bug	bug	no bug	no bug	50	50
bug	no bug	bug	bug	75	25
bug	no bug	bug	no bug	50	50
bug	no bug	bug	no bug	50	50
bug	no bug	no bug	no bug	25	75
no bug	bug	bug	bug	75	25
no bug	**bug**	**bug**	**no bug**	**50**	**50**
no bug	**bug**	**no bug**	**bug**	**50**	**50**
no bug	bug	no bug	no bug	25	75
no bug	no bug	bug	bug	50	50
no bug	no bug	bug	no bug	25	75
no bug	no bug	bug	no bug	25	75
no bug	no bug	no bug	no bug	0	100

จากตารางที่ 19 พบว่าการที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องในทักษะย่อย lookback_subskill เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนด lookback_bug carrying_bug devising_bug และ understand_bug โดยผู้วิจัยได้กำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนด equation_subskill โดยผู้วิจัยได้น้ำหนักความสำคัญในอัตราส่วน lookback_bug carrying_bug : devising_bug : understand_bug เท่ากับ 25 : 25 :

25 : 25 เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะย่อยครบทุกโหนดแล้ว จึงนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 โหนดทักษะย่อยในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากภาพที่ 26 แสดงถึงโหนดทักษะย่อย 8 โหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละโหนดจะประกอบด้วยค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการพิจารณาตัดสินการมีข้อบกพร่อง / ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ประจำโหนดทักษะย่อย

6.4 ผลการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะหลัก (Skill nodes)

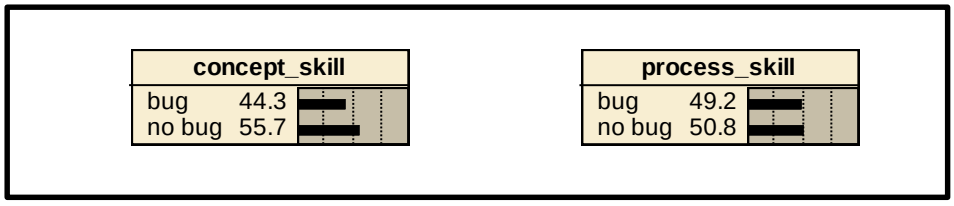
โหนดทักษะหลัก (Skill nodes) มีทั้งหมด 2 โหนด ประกอบด้วยโหนดทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา (concept_skill) และโหนดทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา (process_skill) ในการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขเพื่อใส่เข้าไปในโหนดของทักษะหลักนั้นผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานว่า นักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่อง (bug) ในทักษะหลักก็ต่อเมื่อนักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนดทักษะย่อยที่ส่งผลต่อโหนดของทักษะหลักนั้น ซึ่งสรุปผลการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะหลัก ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของ concept_skill และ process_skill

โหนดของทักษะย่อย (subskill node)				**ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข**	
symbol_subskill understand_subskill	compute_subskil devising_subskill	property_sunskill carrying_subskill	equation_subskill lookback_subskill	**bug**	**no bug**
bug	bug	bug	bug	100	0
bug	bug	bug	no bug	75	25
bug	bug	no bug	bug	75	25
bug	**bug**	**no bug**	**no bug**	**50**	**50**
bug	no bug	bug	bug	75	25
bug	no bug	bug	no bug	50	50
bug	no bug	bug	no bug	50	50
bug	no bug	no bug	no bug	25	75
no bug	bug	bug	bug	75	25
no bug	bug	bug	no bug	50	50
no bug	**bug**	**no bug**	**bug**	**50**	**50**
no bug	bug	no bug	no bug	25	75
no bug	no bug	bug	bug	50	50
no bug	no bug	bug	no bug	25	75
no bug	no bug	bug	no bug	25	75
no bug	no bug	no bug	no bug	0	100

จากตารางที่ 20 พบว่าการที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องในทักษะหลักconcept_skill เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนด symbol_subskill compute_subskil property_sunskill และ equation_subskill ผู้วิจัยได้ให้น้ำหนักความสำคัญในอัตราส่วน symbol_subskill : compute_subskil : property_sunskill : equation_subskill เท่ากับ 25 : 25 : 25 : 25 ส่วนทักษะหลัก process skill เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนด understand_subskill devising_subskill carrying_subskill และ lookback_subskill โดยผู้วิจัยได้ให้น้ำหนักความสำคัญในอัตราส่วน understand_subskill : devising_subskill : carrying_subskill : lookback_subskill เท่ากับ 25 : 25 : 25 : 25 เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะหลักครบทุกโหนดแล้ว จึงนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 27 โหนดทักษะหลักในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากภาพที่ 27 แสดงถึงโหนดทักษะหลัก 2 โหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละโหนดจะประกอบด้วยค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการพิจารณาตัดสินการมีข้อบกพร่อง / ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ประจำโหนดทักษะหลัก

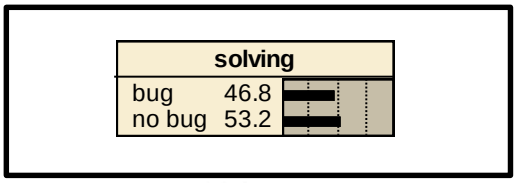
6.5 ผลการกำหนดค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node)

โหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving node) มี 1 โหนด คือ solving ในการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขเพื่อใส่เข้าไปในโหนดนี้ผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานว่า นักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่อง (bug) ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก็ต่อเมื่อนักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนดทักษะหลักที่ส่งผลต่อโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving) ซึ่งสรุปผลการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving)

solving		**ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข**	
concept_skill	process_skill	**bug**	**no bug**
bug	bug	100	0
bug	no bug	50	50
no bug	bug	50	50
no bug	no bug	0	100

จากตารางที่ 21 พบว่าการที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้รับการวินิจฉัยว่ามีข้อบกพร่องจากโหนดทักษะหลัก concept_skill และ process_skill ผู้วิจัยได้ให้น้ำหนักความสำคัญในอัตราส่วน concept_skill : process_skill เท่ากับ 50 : 50 เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดแล้ว จึงนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 โหนดทักษะหลักในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เมื่อนำค่าร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขกำหนดลงในโหนดต่างๆ ครบทุกโหนด และทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโหนดต่างๆ แล้วจะทำให้ได้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 29

7. ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน

การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเป็นการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่สร้างขึ้นจาก Netica Application เริ่มต้นการวินิจฉัยด้วยการนำคะแนนสอบที่ได้จากนักเรียนแต่ละคนใส่ในโหนดข้อสอบ (Item noode) ให้ครบทุกโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวินิจฉัยด้วยโปรแกรมแสดงในรูปของความน่าจะเป็นที่นักเรียนแต่ละคนได้รับการวินิจฉัยว่ามีโอกาสที่จะมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วินิจฉัยพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นในโหนดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving) ซึ่งผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะพิจารณาเปรียบเทียบจากค่าความน่าจะเป็นในโหนดsolving หลังจากใส่คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนกับค่าประจำโหนด คือ ถ้าความน่าจะเป็นประจำโหนดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving) มีค่าการมีข้อบกพร่อง (bug) สูงขึ้นกว่าค่าในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนวินิจฉัย แสดงว่านักเรียนถูกวินิจฉัยว่ามีความน่าจะเป็นที่จะ “มีข้อบกพร่อง” (bug) ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่ถ้าความน่าจะเป็นของการมีข้อบกพร่องประจำโหนดความสามารถในการแก้ปัญหา (solving) ต่ำกว่าค่าในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนวินิจฉัย แสดง

ว่านักเรียนถูกวินิจฉัยว่า “ไม่มีข้อบกพร่อง” (no bug) ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการที่ผู้วินิจฉัยพิจารณาว่านักเรียนมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในทักษะหลักหรือทักษะย่อยใดหรือไม่ สามารถวินิจฉัยโดยการพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดทักษะหลัก (skill node) โหนดทักษะย่อย (subskill node) ให้หลักการเช่นเดียวกับการพิจารณาจากโหนดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวินิจฉัยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน ปรากฏดังตาราง 22

ตารางที่ 22 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จาก Netica Application แยกตามโหนดในโมเดล

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
		concept				process			
	solving	symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
13	**bug**	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
6	**bug**	bug	no bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
4	**bug**	bug	bug	no bug	bug	bug	bug	bug	bug
3	**bug**	bug	no bug	bug	bug	bug	bug	no bug	bug
3	**bug**	bug	no bug	no bug	no bug	bug	bug	bug	bug
2	**bug**	bug	bug	bug	bug	bug	no bug	bug	bug
2	**bug**	bug	no bug	no bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	**bug**	no bug	no bug	bug	bug	bug	bug	no bug	bug
1	**bug**	bug	bug	bug	bug	bug	bug	no bug	bug
1	**bug**	no bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug

ตารางที่ 22 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์จาก Netica Application แยกตามโหนดในโมเดล (ต่อ)

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
		concept				process			
	solving	symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
1			no			no			no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1			no			no		no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1					no				
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1								no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1				no		no			
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1				no		no			no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1		no		no			no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1		no		no				no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1				no		no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1			no		no	no		no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
4	**no**	no	no	no	no	no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
3	**no**		no	no	no	no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	**no**	no	no	no		no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	**no**		no	no	no	no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	**no**	no	no		no	no	no		no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug

ตารางที่ 22 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหา

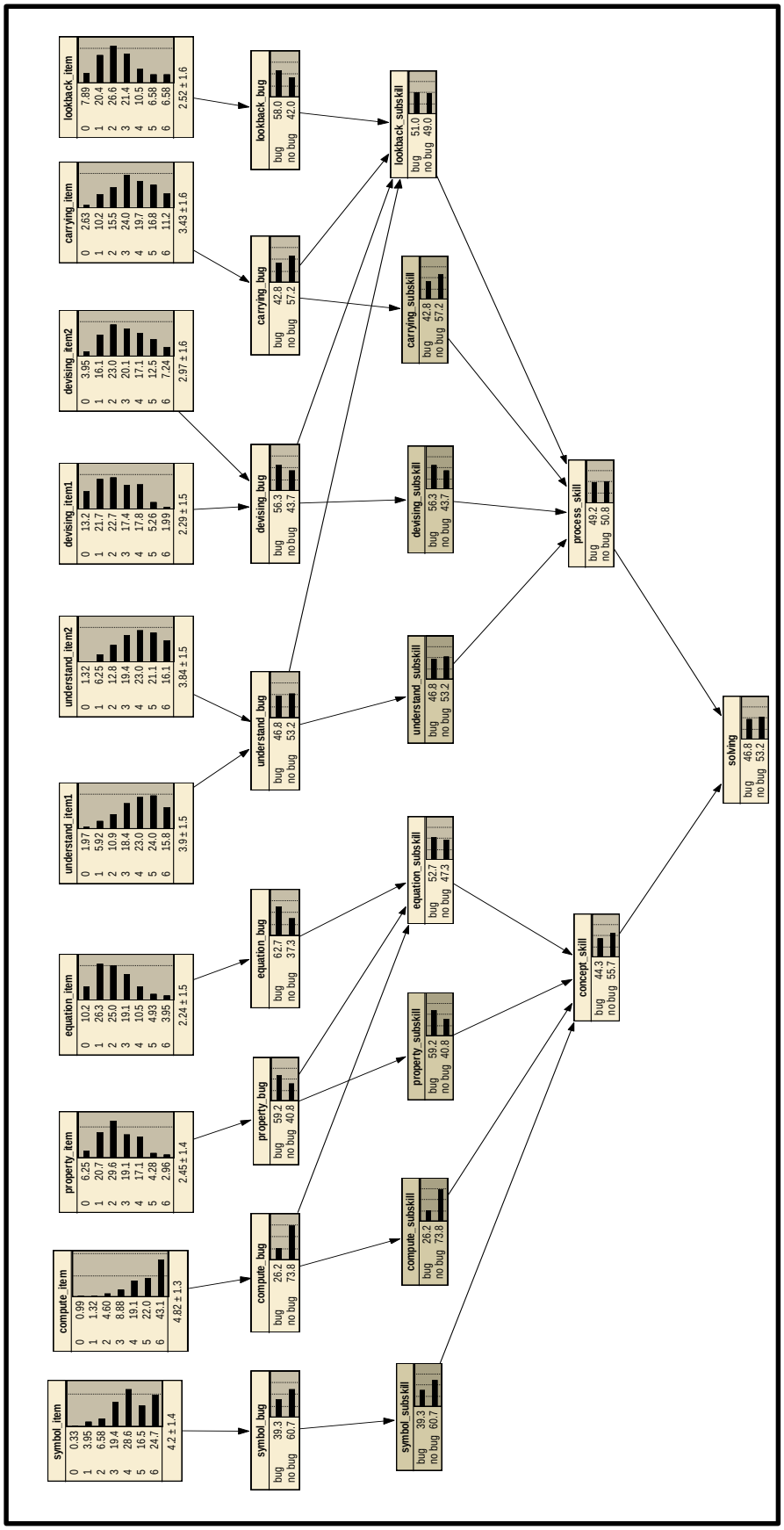
ทางคณิตศาสตร์จาก Netica Application แยกตามโหนดในโมเดล (ต่อ)

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
		concept				process			
	solving	symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
1	no	no	no	no		no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no	no			no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no			no	no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no	no		no	no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no	no	no	no			no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no	no			no	no	no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no			no	no	no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no		no	no	no	no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no	no	no			no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no		no			no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no		no		no	no		no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no		no			no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	no		no			no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug

ตารางที่ 22 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จาก Netica Application แยกตามโหนดในโมเดล (ต่อ)

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
	solving	concept				process			
		symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
1	**no bug**	bug	no bug	no bug	bug	no bug	bug	bug	bug
1	**no bug**	no bug	bug	bug	bug	no bug	bug	no bug	bug
1	**no bug**	bug	no bug	no bug	no bug	bug	bug	bug	bug

จากตารางที่ 22 พบว่าผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนที่สร้างจาก Netica Application แยกตามโหนดทักษะหลักและทักษะย่อยในโมเดล พบรูปแบบของข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ (bug) มี 20 ลักษณะ จำนวนนักเรียนที่พบว่ามีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีจำนวน 47 คน โดยรูปแบบข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบมากที่สุดคือ นักเรียนมีข้อบกพร่องในทุกโหนดของทักษะหลักและทักษะย่อยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และพบรูปแบบของการวินิจฉัยที่ไม่พบข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (no bug) ได้ 21 ลักษณะ จำนวนนักเรียนที่พบว่าไม่มีความบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีจำนวน 29 คน และรูปแบบของการไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบมากที่สุด คือ นักเรียนไม่มีข้อบกพร่องในทุกโหนดของทักษะหลักและทักษะย่อยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



ภาพที่ 29 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีกับตัดสินใจของแกลส

คะแนนจุดตัดเป็นคะแนนที่ใช้เป็นคะแนนเกณฑ์เพื่อจำแนกนักเรียนออกเป็นกลุ่มที่บกพร่อง/ไม่บกพร่องประจำโหนดข้อบกพร่อง (Bug node) นั่นคือการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดที่ต่างกันส่งผลให้โหนดข้อบกพร่องมีค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดที่แตกต่างกันทำให้ได้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่ต่างกันตามจำนวนวิธีที่ใช้กำหนดคะแนนจุดตัด ดังนี้ในการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนด้วยวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัด 3 วิธี จะทำให้ได้โมเดลการวินิจฉัยที่ต่างกัน 3 โมเดล คือ (1) โมเดลการวินิจฉัยโดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ (โมเดลที่ได้จากตอนที่ 1 ภาพที่ 4.9 (2) โมเดลการวินิจฉัยโดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัด และ (3) โมเดลการวินิจฉัยโดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และการนำคะแนนจุดตัดที่ได้ไปใช้กำหนดร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่อง ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดเฉพาะในโมเดลที่ (2) และ (3) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการสร้างโมเดลวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดและวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

(1) ผลการสร้างโมเดลวินิจฉัย โดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัด

การกำหนดจุดตัดด้วยวิธีเจาะจงจุดตัด เป็นการกำหนดคะแนนการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของแต่ละโหนดข้อบกพร่อง (Bug nodes) คิดเป็นร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ต้องตอบถูกอย่างน้อยร้อยละ 50 หรือคิดเป็นคะแนนจุดตัดที่ 0.50 นั่นคือนักเรียนที่จะผ่านเกณฑ์ในแต่ละโหนดข้อบกพร่องต้องได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

โมเดลการวินิจฉัยที่นำคะแนนจุดตัดจากวิธีเจาะจงจุดตัด มากำหนดเป็นความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่อง โดยให้ทุกโหนดข้อบกพร่องมีความน่าจะเป็นในการผ่านเกณฑ์เท่ากับ 3 คะแนน ปรากฏผลดังตารางที่ 23 -24

ตารางที่ 23 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนด symbol_bug compute_bug, property_bug, equation_bug, carrying_bug, lookback_bug ที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดที่ 0.5 (3 คะแนน)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบ	ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
		bug	no bug
3 คะแนน	0	100	0
	1	83.4	16.6
	2	66.7	33.3
	3	**50**	**50**
	4	33.3	66.7
	5	16.6	83.4
	6	0	100

จากตารางที่ 23 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีเจาะจงจุดตัด ที่ 0.50 ประจำโหนด symbol_bug compute_bug, property_bug, equation_bug, carrying_bug และ lookback_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/nobug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบ 3 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug devising_bug ที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดที่ 0.5 (3 คะแนน)

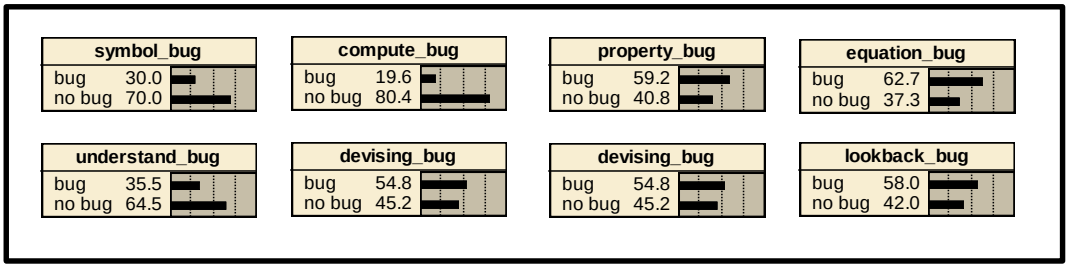
คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
	0	0	100	0
	0	1	91.6	8.4
	0	2	83.3	16.7
	0	3	75	25
	0	4	66.5	33.5
	0	5	66.7	33.3
	0	6	50	50
	1	0	91.6	8.4
	1	1	83.2	16.8
	1	2	74.9	25.1
	1	3	66.6	33.4
	1	4	58.3	41.7
3 คะแนน	1	5	50	50
	1	6	41.6	58.4
	2	0	83.3	16.7
	2	1	74.9	25.1
	2	2	66.6	33.4
	2	3	58.3	41.7
	2	4	50.0	50.0
	2	5	41.7	58.3
	2	6	33.3	66.7
	3	0	75.0	25.0
	3	1	66.6	33.4
	3	2	58.3	41.7
	3	**3**	**50.0**	**50.0**
	3	4	41.7	58.3
	3	5	33.4	66.6
	3	6	25.0	75.0
	4	0	66.6	33.4
	4	1	58.3	41.7
	4	2	50.0	50.0
	4	3	41.7	58.3
	4	4	33.4	66.6
	4	5	25.1	74.9
	4	6	16.7	83.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 24 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug , devising_bug ที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดที่ 0.5 (3 คะแนน) (ต่อ)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
	5	0	58.4	41.6
	5	1	47.0	53.0
	5	2	41.7	58.3
	5	3	33.4	66.6
	5	4	25.1	74.9
	5	5	16.8	83.2
3 คะแนน	5	6	8.4	91.6
	6	0	50.0	50.0
	6	1	41.6	58.4
	6	2	33.3	66.7
	6	3	25.0	75.0
	6	4	16.7	83.3
	6	5	8.4	91.6
	6	6	0.0	100.0

จากตารางที่ 24 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีของการเจาะจงจุดตัดประจำโหนด understand_bug และ devising_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/nobug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบ 3 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องครบทุกโหนดแล้วนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 30



ภาพที่ 30 โหนดข้อบกพร่องในร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีเจาะจงจุดตัด

(2) ผลการสร้างโมเดลวินิจฉัย โดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

การกำหนดจุดตัดโดยใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส เป็นการกำหนดคะแนนการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำด้วยการนำผลการเรียนในรายวิชา ค21101 มาใช้เป็นเกณฑ์ภายนอก โดยนักเรียนต้องได้ผลการเรียนระดับ 2 ขึ้นไปจึงจะถือว่าเป็นผู้ผ่านเกณฑ์ภายนอก เทียบกับคะแนนการผ่านเกณฑ์ภายในที่พิจารณาจากคะแนนที่ทำได้จากแบบสอบวินิจฉัย และพิจารณาค่าฟังก์ชันความสัมพันธ์ของคะแนนจุดตัดกับเกณฑ์ภายนอกที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการจำแนกกลุ่มผู้สอบน้อยที่สุด ($f(C_x)$) เป็นคะแนนจุดตัดของแต่ละโหนดข้อบกพร่อง ซึ่งคะแนนการผ่านของข้อสอบมี 3 , 4 และ 5 ข้อ รายละเอียดของการได้มาซึ่งคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 25 คะแนนจุดตัดของโหนดข้อบกพร่อง (bug nodes) ที่กำหนดโดยวิธีการใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

ชื่อโหนด	เกณฑ์จากแบบสอบ	P_A	P_B	P_C	P_D	$f(C_x)$
symbol_bug	3	0.03	0.07	0.69	0.21	0.32
	4	0.14	0.22	0.61	0.03	**0.21**
	5	0.34	0.24	0.40	0.01	0.54
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 คะแนน					
compute_bug	3	0.02	0.11	0.69	0.18	**0.25**
	4	0.08	0.14	0.63	0.15	0.30
	5	0.16	0.25	0.53	0.06	0.28
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
property_bug	3	0.38	0.18	0.33	0.11	**0.96**
	4	0.56	0.25	0.15	0.04	1.50
	5	0.63	0.29	0.08	0.00	1.70
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
equation_bug	3	0.44	0.22	0.27	0.07	**1.04**
	4	0.58	0.27	0.13	0.02	1.50
	5	0.66	0.28	0.05	0.01	2.03
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					

ตารางที่ 4.25 คะแนนจุดตัดของโหนดข้อบกพร่อง (bug nodes) ที่กำหนดโดยวิธีการใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส (ต่อ)

ชื่อโหนด	เกณฑ์จากแบบสอบ	P_A	P_B	P_C	P_D	$f(C_x)$
understand_bug1	3	0.16	0.21	0.53	0.10	**0.35**
	4	0.31	0.28	0.38	0.03	0.52
	5	0.44	0.31	0.25	0.00	0.79
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
understand_bug2	3	0.14	0.16	0.55	0.15	**0.41**
	4	0.30	0.23	0.39	0.08	0.61
	5	0.44	0.30	0.25	0.01	0.69
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
devising_bug1	3	0.38	0.23	0.32	0.07	**0.82**
	4	0.53	0.30	0.16	0.01	1.17
	5	0.63	0.31	0.06	0.00	1.70
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
devising_bug2	3	0.21	0.20	0.48	0.11	**0.47**
	4	0.42	0.24	0.27	0.07	0.96
	5	0.53	0.31	0.16	0.00	1.13
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
carrying_bug	3	0.16	0.21	0.53	0.10	**0.35**
	4	0.30	0.28	0.39	0.03	0.49
	5	0.44	0.31	0.25	0.00	0.79
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					
lookback_bug	3	0.30	0.29	0.37	0.04	**0.52**
	4	0.51	0.30	0.16	0.03	1.22
	5	0.56	0.32	0.11	0.01	1.33
	พิจารณาค่า $f(C_x)$ ได้คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 คะแนน					

จากตารางที่ 25 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ที่ได้จากวิธีการใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส คือ ใน symbol_bug มีคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ที่ 4 คะแนน ส่วน compute_bug,

propperty_bug , equation_bug , understand1_bug , understand2_bug , devising1_bug, devising2_bug, carrying_bug และ lookback_bug คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ที่ 3 คะแนน

นำคะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส มากำหนดเป็นความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนดข้อบกพร่อง กำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขที่มีคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ของโหนดข้อบกพร่องโดยที่ใช้ความสัมพันธ์ของคะแนนจากการสอบด้วยแบบสอบกับเกณฑ์ภายนอกซึ่งกำหนดไว้ก่อน สร้างฟังก์ชันจุดตัด ($f(C_x)$) จำแนกคนเป็นสองกลุ่ม และใช้ผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา เป็นเกณฑ์ภายนอก โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนในรายวิชา ค 21102 เป็น 2.00 ขึ้นไป ถือว่าผ่านเกณฑ์ภายนอก และนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำกว่า 2.00 ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ภายนอก ซึ่งสามารถกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องได้ดังตารางที่ 26 - 28

ตารางที่ 26 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด symbol_bug

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบ	ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
		bug	no bug
4 คะแนน	0	100	0
	1	85	15
	2	75	25
	3	65	35
	4	**50**	**50**
	5	25	75
	6	0	100

จากตารางที่ 26 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนด ด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลสประจำโหนด symbol_bug เท่ากับ 4 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/nobug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบ 4 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

ตารางที่ 27 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด compute_bug ,property_bug , equation_bug , carrying_bug , lookback_bug

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบ	ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
		bug	no bug
3 คะแนน	0	100	0
	1	83.4	16.6
	2	66.7	33.3
	3	**50**	**50**
	4	33.3	66.7
	5	16.6	83.4
	6	0	100

จากตารางที่ 27 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ประจำโหนด compute_bug , property_bug , equation_bug , carrying_bug และ lookback_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/nobug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบ 3 คะแนน คิดเป็นอัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 28 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug ,devising_bug

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	item1	item2	bug	no bug
	0	0	100	0
	0	1	91.6	8.4
	0	2	83.3	16.7
	0	3	75	25
	0	4	66.5	33.5
	0	5	66.7	33.3
	0	6	50	50
	1	0	91.6	8.4
	1	1	83.2	16.8
	1	2	74.9	25.1
	1	3	66.6	33.4
	1	4	58.3	41.7
	1	5	50	50
	1	6	41.6	58.4
3 คะแนน	2	0	83.3	16.7
	2	1	74.9	25.1
	2	2	66.6	33.4
	2	3	58.3	41.7
	2	4	50	50
	2	5	41.7	58.3
	2	6	33.3	66.7
	3	0	75	25
	3	1	66.6	33.4
	3	2	58.3	41.7
	3	**3**	**50**	**50**
	3	4	41.7	58.3
	3	5	33.4	66.6
	3	6	25	75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

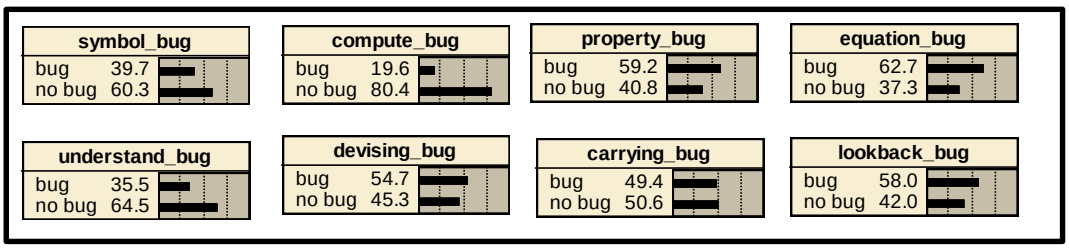
ตารางที่ 28 ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของโหนด understand_bug , devising_bug (ต่อ)

คะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์	คะแนนประจำโหนดข้อสอบย่อย		ร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข	
	ITEM1	ITEM2	bug	no bug
	4	0	66.6	33.4
	4	1	58.3	41.7
	4	2	50	50
	4	3	41.7	58.3
	4	4	33.4	66.6
	4	5	25.1	74.9
	4	6	16.7	83.3
	5	0	58.4	41.6
	5	1	47	53
	5	2	41.7	58.3
	5	3	33.4	66.6
	5	4	25.1	74.9
	5	5	16.8	83.2
	5	6	8.4	91.6
3 คะแนน	6	0	50	50
	6	1	41.6	58.4
	6	2	33.3	66.7
	6	3	25	75
	6	4	16.7	83.3
	6	5	8.4	91.6
	6	6	0	100

จากตารางที่ 28 พบว่าคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์บกพร่อง/ไม่บกพร่องที่ได้จากการกำหนดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ประจำโหนด understand_bug และ devising_bug เท่ากับ 3 คะแนน ดังนั้นร้อยละของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของการมีข้อบกพร่อง /ไม่บกพร่อง (bug/no bug) ที่คะแนนประจำโหนดข้อสอบ 3 คะแนน อัตราส่วน 50:50 แล้วลดหลั่นหรือเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของคะแนนสอบประจำโหนด เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นอย่าง

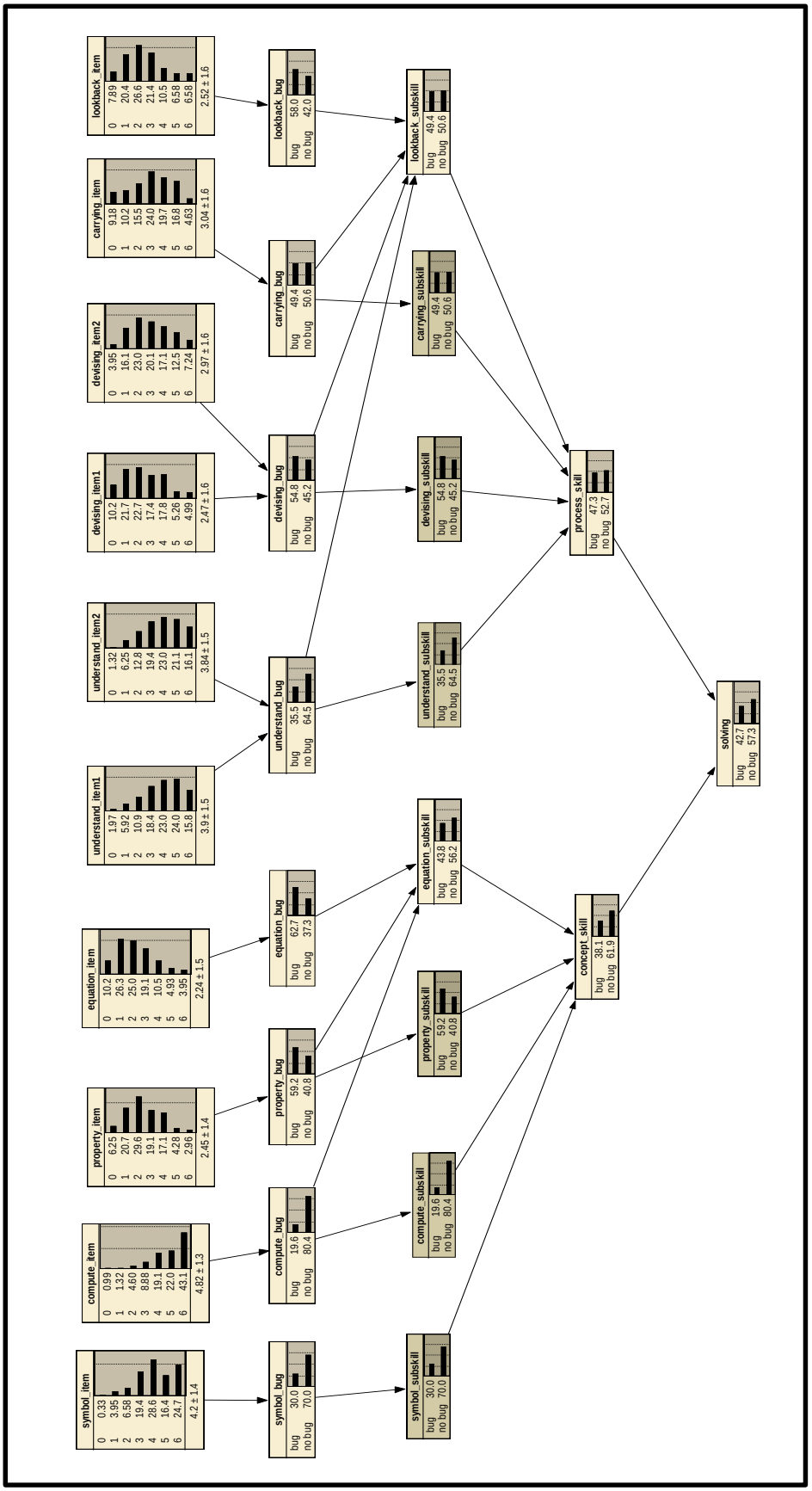
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่องครบทุกโหนดแล้วนำค่าที่ได้ใส่ในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 31

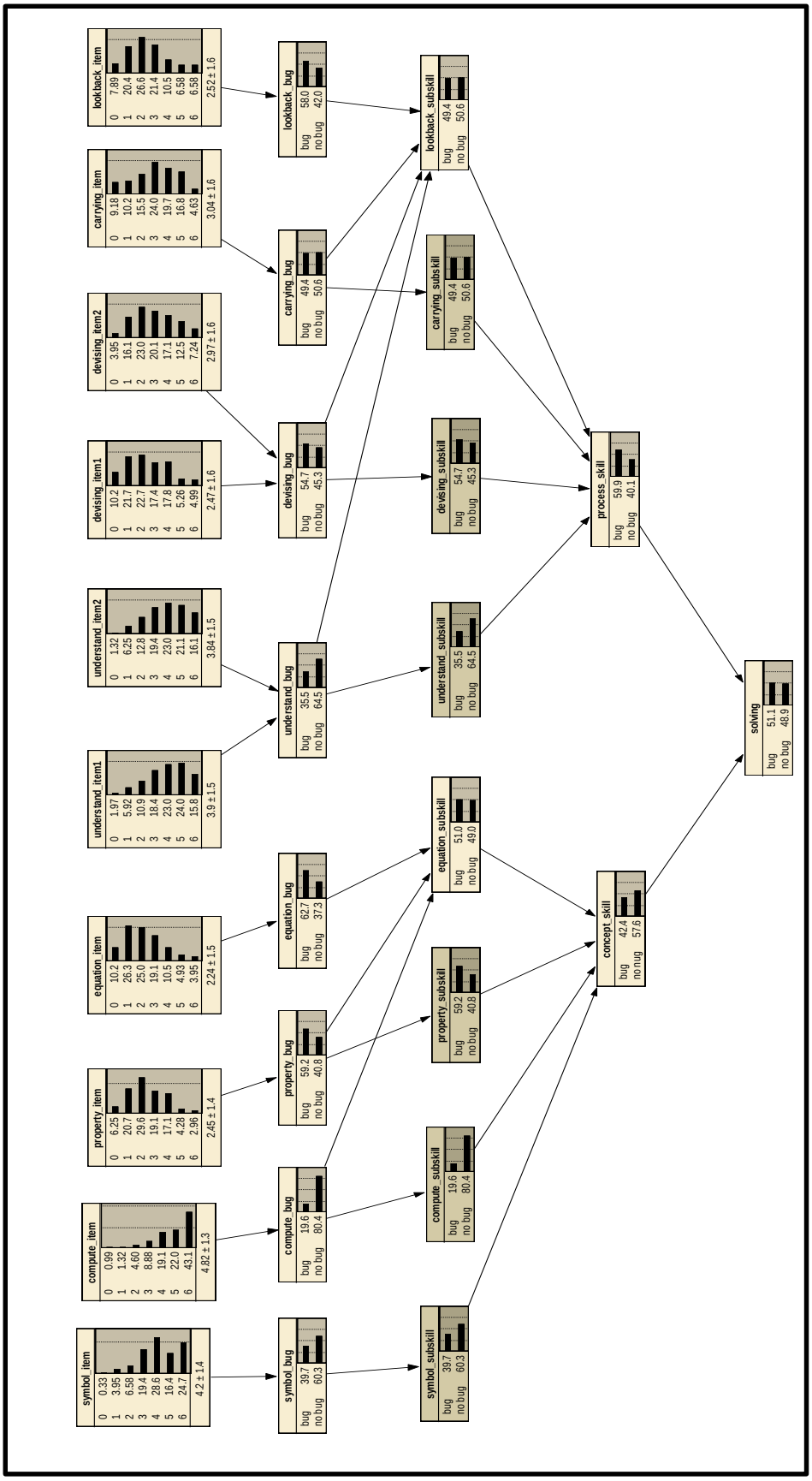


ภาพที่ 31 โหนดข้อบกพร่องในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

หลังจากได้ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง (Bug node) ครบทุกโหนดแล้ว การกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะย่อย (Subskill nodes) ทักษะหลัก (Skill nodes) และโหนดวินิจฉัยข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Solving node) จะมีวิธีการกำหนดเหมือนในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจัดตัดการผ่านเกณฑ์โดยใช้วิธีของแองกอฟ กล่าวคือ ในการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขเพื่อใส่เข้าไปในโหนดของทักษะย่อยนั้นผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานว่า นักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่าไม่มีข้อบกพร่อง (bug) ในทักษะย่อย ๆ นั้นได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนจะต้องไม่มีความบกพร่องในการโหนดข้อบกพร่องที่ส่งผลต่อโหนดของทักษะย่อย ๆ นั้น ๆ และในการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขเพื่อใส่เข้าไปในโหนดของทักษะหลักนั้นผู้วิจัยใช้แนวคิดพื้นฐานว่า นักเรียนที่ได้รับการวินิจฉัยว่าไม่มีข้อบกพร่อง (no bug) ในทักษะหลักได้ก็ต่อเมื่อนักเรียนจะต้องไม่มีความบกพร่อง (no bug) ในการโหนดทักษะย่อยที่ส่งผลต่อโหนดของทักษะหลักนั้น ๆ ดังจะสรุปผลการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะหลัก ซึ่งผลจากการกำหนดความน่าจะเป็นครบทุกโหนดแล้วจะได้โมเดลการวินิจฉัยโดยการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัด และ โมเดลการวินิจฉัยโดยการกำหนดจุดตัดด้วยที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ดังแผนภาพที่ 32 - 33



ภาพที่ 32 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัด



ภาพที่ 33 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

2. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

การเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มผู้สอบเป็นกลุ่มบกพร่อง/ไม่บกพร่อง ระหว่างวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียงด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม แบ่งการนำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคิดออกเสียง

การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีวิธีการคิดออกเสียงเป็นการวินิจฉัยโดยการให้นักเรียนทำแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง) เริ่มต้นจากการให้นักเรียนทำแบบสอบทีละสถานการณ์แล้วผู้วิจัยได้ซักถาม พูดคุย ให้นักเรียนบอกถึงขั้นตอนแก้ปัญหา ซึ่งจะเริ่มวินิจฉัยว่านักเรียนมีความบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ และถ้ามีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะมีข้อบกพร่องในทักษะหลักหรือทักษะย่อยใด ผลการวินิจฉัยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน ปรากฏดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การคิดออกเสียง

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
	solving	concept				process			
		symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
9	**no bug**	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug
4	**no bug**	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	bug
3	**no bug**	no bug	bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug	no bug
3	**no bug**	no bug	no bug	bug	bug	no bug	no bug	no bug	bug
2	**no bug**	no bug	no bug	no bug	bug	no bug	no bug	no bug	bug

ตารางที่ 29 ผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การคิดออกเสียง (ต่อ)

จำนวนนักเรียน (คน)	ผลการวินิจฉัยการมีข้อบกพร่องประจำโหนด								
		concept				process			
	solving	symbol	compute	propaty	equation	Understand	devising	carrying	looking
2	**no**	no	no			no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	no	no	no			no	no	no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2	**no**	no	no	no	no	no			
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	**no**	no	no			no		no	no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	**no**	no	no		no	no		no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	**no**	no	no	no		no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1	**no**	no	no	no	no	no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
20									
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
8		no	no			no			no
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
4						no			
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
3		no	no						
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
3			no			no			
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
3		no	no			no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
2		no				no	no		
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1		no	no		no				
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug
1		no	no			no		no	
	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug	bug

จากตารางที่ 29 พบว่าผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดออกเสียงแยกตามโหนดทักษะหลักและทักษะย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบรูปแบบของข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ (bug) 9 ลักษณะ จำนวนนักเรียนที่พบว่ามีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีจำนวน 45 คน โดยรูปแบบข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบมากที่สุดคือ นักเรียนมีข้อบกพร่องในทุกโหนดของทักษะหลักและทักษะย่อยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และพบรูปแบบของการวินิจฉัยที่ไม่พบข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (no bug) ได้ 12 ลักษณะ จำนวนนักเรียนที่พบว่าไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบมากที่สุด คือ นักเรียนไม่มีข้อบกพร่องในทุกโหนดของทักษะหลักและทักษะย่อยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยการคิดออกเสียงระหว่างวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนจากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดทั้ง 3 วิธี กับวิธีการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง

การกำหนดคะแนนจุดตัดให้กับโหนดข้อบกพร่องในเครือข่ายเบย์เซียนนั้นจะส่งผลต่อการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดข้อบกพร่อง และส่งผลต่อการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เครือข่ายเบย์เซียน ดังนั้นเพื่อให้การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ผลการวินิจฉัยที่มีความถูกต้องแม่นยำที่สุด จึงต้องมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดเพื่อให้ สามารถนำคะแนนจุดตัดจากวิธีที่ดีที่สุดนำมาใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัดให้กับโหนดข้อบกพร่อง ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนจากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดทั้ง 3 วิธี กับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ด้วยการพิจารณาค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม ปรากกฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนจากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดทั้ง 3 วิธี กับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง	การวินิจฉัยด้วยเครือข่ายเบย์เซียนจากคะแนนจุดตัดแบบต่างๆ		
	เจาะจงจุดตัดที่ 0.50	วิธีของแองกอฟ	วิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส
ค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม	77.63	82.89	71.05

จากตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนจากวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดทั้ง 3 วิธีกับวิธีวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียงพบว่า การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการกำหนดจุดตัดจากวิธีของแองกอฟ ให้ผลการวินิจฉัยที่สอดคล้องกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงมากที่สุด รองลงมาคือ การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการกำหนดจุดตัดแบบเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ด้วยค่าของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มเท่ากับ 82.89 77.63 และ 71.05 ตามลำดับ

ดังนั้นการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟมีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มนักเรียนได้ดีกว่าการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีการเจาะจงจุดตัดและวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

วิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนมีองค์ประกอบหลักคือโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดประจำโหนดข้อบกพร่องด้วยวิธีของแองกอฟ ซึ่งทำให้ได้โมเดลการวินิจฉัยที่มีคความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มได้ดีกว่ากว่าใช้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดประจำโหนดข้อบกพร่องด้วยวิธีเจาะจงจุดตัดและวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ดังนั้นเพื่อศึกษาถึงประสิทธิผลในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้น จึงมีการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน กับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง โดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient : κ) ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 31 การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางทางคณิตศาสตร์ระหว่างการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง

ผลการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียง	ผลการวินิจฉัยด้วยเครือข่ายเบย์เซียน		
	ไม่มีข้อบกพร่อง	มีข้อบกพร่อง	รวม
ไม่มีข้อบกพร่อง	23	8	31
มีข้อบกพร่อง	5	40	45
รวม	28	48	**76**

$$P_o = \frac{23 + 40}{76} = 0.8289$$

$$P_e = \frac{[(31\times28)\div76] + [(45\times48)\div76]}{76} = 0.5242$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของแคปปา (κ) $= \frac{0.8289 - 0.5242}{1 - 0.5242} = 0.64$

ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน กับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของแคปปา (κ) เท่ากับ 0.64 แสดงให้เห็นว่าผลการวินิจฉัยระหว่างวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนกับวิธีการวินิจฉัยโดยการคิดออกเสียงมีความสอดคล้องของความเห็นตรงกันระดับดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 2) เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และ3) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ **ระยะที่ 1** พัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ เป็นการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สร้างร่างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน นำร่างโมเดลมาทดลองใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ สร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ กำหนดจุดตัดโดยวิธีของแองกอฟเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง กำหนดค่าความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัย วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน แหล่งข้อมูลสำหรับการวิจัยในระยะนี้แบ่งเป็นกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา 6 คน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ 5 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากโรงเรียนขนาดกลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ ที่ตอบรับในการให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จำนวน 5 โรงเรียน รวม 424 คน แบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อค้นหาข้อบกพร่องจำนวน 120 คน และกลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบจำนวน 304 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบเพื่อค้นหาความบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหา แบบประเมินคะแนนจุดตัดของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากความคิดเห็นเกี่ยวกับปัญหาการเรียนและการสอนเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้วยการวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบตามแนวการทดสอบแบบดั้งเดิม ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ และทฤษฎีการ

ตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ด้วยวิธีการแบบพหุมิติและวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน วิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบวินิจฉัยโดยใช้วิธีตรวจสอบความสอดคล้องภายในวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีวิเคราะห์พหุมิติ **ระยะที่ 2** เปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ประชากรคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 76 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์ด้วยวิธีของแองกอฟ วิธีการเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลสสร้างโดยใช้ Netica Application และแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์(สำหรับวิธีการคิดออกเสียง) การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องในการกำหนดกลุ่มผู้สอบด้วยการพิจารณาค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม **ระยะที่ 3** ตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 424 คน กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 76 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง) และ โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยด้วยวิธีวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน และ ผลการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ด้วยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา
(Cohen's kappa coefficient : κ)

สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย แยกนำเสนอตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่ 1) ผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 2) ผลเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส และ 3) ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนโดยแต่ละข้อมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ สามารถสรุปได้ 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ผลการสำรวจและจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การสำรวจและการจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบข้อบกพร่อง 20 ประเด็น ซึ่งสามารถจัดกลุ่มข้อบกพร่องที่พบได้เป็น 8 กลุ่ม ข้อบกพร่อง คือ ข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ข้อบกพร่องในการคำนวณ ข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน ข้อบกพร่องในการแก้สมการ ข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อบกพร่องในการวางแผนแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา สามารถแยกได้เป็น 8 ทักษะย่อย คือ ทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน ทักษะการแก้สมการ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา ทักษะการดำเนินการตามแผน และทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ และทักษะย่อยทั้ง 8 ทักษะเหล่านี้สามารถสรุปได้ทักษะหลัก 2 ทักษะ คือ ทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

ประเด็นที่ 2 วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่พัฒนาขึ้น

การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีองค์ประกอบสำคัญ คือ โมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน และแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการสร้างโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนมีเริ่มจากจากการสำรวจ (Surveying) และจัดกลุ่มข้อบกพร่อง (Grouping) แยกตามลักษณะที่ร่วมกันกันตามทักษะย่อย แล้วสร้าง (creating) เป็นโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนโดยใช้ Netica Applcation ส่วนของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 2 ฉบับ คือ แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และแบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา วิธีวินิจฉัยดำเนินการโดยการใส่คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัยใส่ที่โหนข้อสอบ (Item node) ของโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน เพื่อให้โปรแกรมทำการวินิจฉัยค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ประเด็นที่ 3 คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบสอบปรนัย 5 ตัวเลือก ที่มีตัวเลือกสุดท้ายเป็นแบบปลายเปิด มีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ให้เกิดการเดาข้อสอบ ใช้วินิจฉัยความบกพร่องของนักเรียนแบ่งเป็น 2 ฉบับ คือ แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

และ แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา รวมทั้งหมด 60 ข้อ คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยเมื่อพิจารณาจาก**ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ**ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) เอกมิติ (UIRT) และทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติด้านค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกให้จำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์มากกว่าการวิเคราะห์แบบอื่น **ด้านค่าความเที่ยง** (Reliability) ของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์ของแอลฟาและวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ จากการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (marginal maximum-likelihood ; MML) ซึ่งค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability จะให้ค่าความเที่ยงสูงกว่าการประมาณค่าความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา โดยแบบสอบวินิจฉัยด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability เท่ากับ 0.78 ส่วนด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability เท่ากับ 0.88 **ด้านความตรงเชิงเนื้อหา** พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Item Objective Congruence) โดยข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แต่หากข้อคำถามใดไม่ถึง 0.50 ผู้วิจัยได้ทำการปรับแก้ตามคำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบเนื้อหา ภาษา และโครงสร้าง ให้มีความเหมาะสม **ด้านความตรงเชิงโครงสร้าง**จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบพหุมิติ เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบระหว่างแบบพหุมิติกับแบบเอกมิติรวมแล้ว พบว่า โมเดลแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) เท่ากับ 19804.71 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 121) โมเดลแบบเอกมิติรวมมีค่าค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) เท่ากับ 20032.43 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 120) โดยโมเดลทั้งสองมีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance statistic) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณาค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ของโมเดลแบบพหุมิติเท่ากับ 20046.71 และแบบเอกมิติรวมมีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ของโมเดลแบบเอกมิติรวม เท่ากับ 20272.43 ซึ่งโมเดลแบบพหุมิติมีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) น้อยกว่าแบบเอกมิติรวม และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยการทดสอบสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 22.70 (df = 16 , p = 0.122) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมทั้งพิจารณาค่าสถิติตัวอื่น ๆ คือดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ 0.99 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ 0.97 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMSEA) เท่ากับ 0.032 ซึ่งเป็นการยืนยันถึงความตรงเชิงโครงสร้างทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อันเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงตามโครงสร้างทฤษฎีของการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียนจากการใช้

คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส สามารถสรุปได้ว่าการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการใช้คะแนนจุดตัดที่ได้จากวิธีของแองกอฟ มีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มนักเรียน มากกว่าการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีการกำหนดจุดตัดด้วยการเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส เมื่อเปรียบเทียบผลกับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียง ด้วยค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม เท่ากับ 82.89 , 77.63 และ 71.05 ตามลำดับ

3. **ผลการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน** สามารถสรุปได้ว่าการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิผลอยู่ในระดับดี เมื่อเปรียบเทียบกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของแคปปาที่แสดงถึงความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยจากทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากับ 0.64

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ มีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปราย 4 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นแรก วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นและความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียน ประเด็นที่สอง คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประเด็นที่สาม คุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ประเด็นที่สี่ การนำเครือข่ายเบย์เซียนและผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้ โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1. **วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นและความถูกต้องในการวินิจฉัยเพื่อจำแนกกลุ่มนักเรียน**

วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำแนวคิดของโมเดลการจำแนกวินิจฉัยที่ใช้เครือข่ายเบย์เซียนมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบเพื่อวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิผล ชัดเจน เข้าใจง่าย รวมถึงมีความยืดหยุ่น โดยหลักการเครือข่ายเบย์เซียนใช้การเชื่อมความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของคุณลักษณะที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และนำหลักการของความน่าจะเป็นมาใช้ประมาณค่าการมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งเหมาะกับโมเดลที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์หลายรูปแบบ เช่น Conjunctive Relationship , Disjunctive Relationship , Inhibitor Relationship และโมเดลแบบ Compensatory Relationship ซึ่งคุณลักษณะหนึ่งสามารถชดเชยอย่างเต็มที่สำหรับอีกคุณลักษณะหนึ่งในขณะที่การวิเคราะห์ปัจจัยหลายหรือทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

กรอบการสร้างแบบจำลองเครือข่ายแบบเบย์เซียนเชื่อมโยงโดยตรงได้กับกับการสร้างแบบจำลองการตอบสนองข้อสอบด้วยการเป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายที่ประกอบขึ้น ด้วยส่วนของตัวแปรที่แสดงถึงความสามารถ การเชื่อมโยงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ เหล่านั้น รวมถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรกับสถานการณ์ที่นำมาใช้วัดความสามารถของผู้สอบ (Almond et al, 2007) และจากงานวิจัยของ Shin และ Kuo (2005) ได้ใช้แนวคิดของเครือข่ายเบย์เซียนร่วมกับทฤษฎีการเรียงลำดับข้อสอบ (Item ordering theory) เพื่อสร้างเป็นเครือข่ายเบย์เซียนแล้วประยุกต์ใช้กับการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ ได้ระบบการประเมินที่ให้ชื่อว่า Bayesian networks based adaptive test (BNET) โดยระบบนี้นำไปใช้ในการทำนายการเกิดข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเรียนในเรื่องการประมาณค่าและการปัดเศษและการประมาณค่าทศนิยม เมื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบการทดสอบนี้พบว่ามีอัตราส่วนของความแม่นยำในการทำนาย (Prediction accuracy rate) อยู่ในระดับดีมาก (97.7%) และจากงานวิจัยของ Lee และ Corter (2010) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวินิจฉัยมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (bugs) ในทักษะที่เกี่ยวกับการแสดงการลบที่มีพหุแถวของนักเรียนโดยการใช้เครือข่ายเบย์เซียน และศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครือข่ายจะถูกประเมินโดยใช้สถานการณ์การทดสอบ ผลการทำนายการมีข้อบกพร่องที่ดีที่สุดเกิดจากการใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่มีการเชื่อมโยงกันของโหนดต่าง ๆ ในเครือข่ายอย่างเป็นลำดับขั้นโดยให้อัตราการวินิจฉัยมีความถูกต้องถึง 99% ผลลัพธ์เหล่านี้บ่งชี้ว่าการนำเครือข่ายเบย์เซียนมาใช้เพื่อการวินิจฉัยข้อบกพร่องสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิผลและเชื่อถือ และประสิทธิผลของการทำงานของเครือข่ายเบย์เซียนจะเพิ่มขึ้นเมื่อเครือข่ายเบย์เซียนที่สร้างขึ้นนี้สามารถสร้างได้ครอบคลุมทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยใช้การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่ถูกต้อง จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนสามารถวินิจฉัยได้กับทักษะหรือเนื้อหาที่ประกอบด้วยหลายทักษะ การวินิจฉัยทำได้โดยการสร้างโมเดลให้ครอบคลุมข้อบกพร่อง ทักษะของเนื้อหาที่ต้องการวินิจฉัย ซึ่งทำได้ง่าย สะดวก และสามารถวินิจฉัยนักเรียนได้จำนวนมาก ได้โดยการนำคะแนนสอบที่ได้จากนักเรียนแต่ละคนใส่ในโหนดข้อสอบ (Item noode) ให้ครบทุกโหนดในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จึงเหมาะกับการวินิจฉัยข้อบกพร่องของนักเรียนกลุ่มใหญ่ได้โดยใช้เวลาน้อย และมีความเป็นปรนัยในการตรวจและวินิจฉัย สามารถวินิจฉัยเนื้อหาที่มีหลายองค์ประกอบและแต่ละองค์ประกอบที่ความสัมพันธ์กันอันเป็นลักษณะสำคัญของเครือข่ายเบย์เซียนและเป็นลักษณะเด่นของวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้น แตกต่างจากการวินิจฉัยโดยทั่วไปที่ใช้แบบสอบวินิจฉัยเพียงอย่างเดียว (สมชาย บุญรักษา, 2536; สุภาวดี กิตติวิศิษฎ์, 2537; วัลยา ธำรงลักษณ์รัตน์, 2546; จงกล ทำสวน , 2547; วิยดา ซ่อนขำ , 2551; Tatsuoka & Corter, 2004) หรือวิธีวินิจฉัยบางวิธีซึ่งทำการวินิจฉัยทีละเนื้อหาย่อย ๆ (Tatsuoka, 1983) ไม่มีการเชื่อมโยงองค์ประกอบหรือมิติที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน

ค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม (The correct prediction rate or classification accuracy) เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มที่สามารถคำนวณและสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ง่าย และมีการนำมาใช้เปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มอย่างแพร่หลาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Shu และ Kuo (2005) ที่ได้ศึกษาประสิทธิผลของเครือข่ายเบย์เซียนสำหรับการสร้างโมเดลการประเมินเพื่อระบุข้อบกพร่องในการบวกและลบจำนวนทศนิยม โดยสร้างโมเดลแบบเครือข่ายเบย์เซียน 4 โมเดลให้มีการใช้จุดตัดแบบเจาะจงในระดับที่แตกต่างกัน (0.2 – 0.8) แล้วทำการเปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มที่ได้จากโมเดลที่ระดับจุดตัดต่าง ๆ กับการจำแนกกลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญ จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การกำหนดจุดตัดแต่ละโหนดในโมเดลให้สามารถมีค่าที่แตกต่างกันได้หลายค่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิผลของการจำแนกกลุ่มนักเรียน และเขาได้เสนอเกณฑ์การยอมรับค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มด้วยค่าร้อยละของการเห็นตรงกันที่ 70% ขึ้นไป จากเกณฑ์การพิจารณานี้พบว่าโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ วิธีเจาะจงจุดตัด และวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลสมีความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยโมเดลที่สามารถจำแนกกลุ่มได้ดีที่สุดคือโมเดลที่มีการกำหนดจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ

วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดการจำแนกกลุ่มนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดข้อบกพร่อง (Bug node) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดแบบวิธีของแองกอฟ โดยเมื่อพิจารณาผลการวินิจฉัยจากโมเดลที่มีการกำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟพบว่ามีสอดคล้องกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงมากกว่าผลการวินิจฉัยจากโมเดลที่มีการกำหนดคะแนนจุดด้วยด้วยวิธีเจาะจงจุดตัดและวิธีที่ใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส อาจเนื่องมาจากวิธีการนี้สามารถดำเนินการได้ทั้งก่อนและหลังการสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณากำหนดมาตรฐานมีหลักในการพิจารณาความน่าจะเป็นที่ผู้มีความสามารถขั้นต่ำ (Minimally competent candidate) จะสามารถตอบข้อสอบข้อนั้น ๆ ได้ถูกต้อง และพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแต่ละข้อประกอบการตัดสินด้วย โดยคะแนนจุดตัดจะได้มาจากผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของข้อสอบทุกข้อนั่นเอง ซึ่งเห็นได้ว่าเป็นวิธีที่สามารถนำมาปฏิบัติได้ง่าย คะแนนจุดตัดมีความแตกต่างกันได้ในแต่ละตอนหรือแต่ละมิติตามค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญที่จะเป็นผู้กำหนดจุดตัดต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านการสอนคณิตศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล เพราะจะทราบปัญหาข้อบกพร่องของนักเรียนรวมถึงให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้วิจัยเกี่ยวกับการเนื้อหาและการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เพราะความสามารถของผู้เชี่ยวชาญจะส่งผลต่อคะแนนจุดตัดที่กำหนด ซึ่งคะแนนจุดตัดที่แตกต่างกันในแต่ละมิติย่อยมีความเหมาะสมกับลักษณะของข้อสอบที่มีความยากง่ายแตกต่างกัน (Livingston & Zieky, 1982 ; ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ ,2554) ส่วนการกำหนดคะแนนจุดตัดที่ให้ผลการจำแนกกลุ่มที่สอดคล้องกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงเป็นอันดับที่ 2 คือวิธีการเจาะจง

เป็นการกำหนดคะแนนจุดตัดที่ไม่ได้มีการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบใช้เกณฑ์การจำแนกกลุ่มโดยใช้ผู้ที่จะผ่านเกณฑ์จะต้องได้คะแนน 50% ของคะแนนเต็มในแต่ละมิติ ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนการผ่านเกณฑ์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป แต่อาจไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้กำหนดคะแนนจุดตัดของแบบสอบวินิจฉัยที่มีค่าพารามิเตอร์ความยากแตกต่างกัน ดังนั้นคะแนนจุดตัดการผ่านเกณฑ์จึงไม่ควรกำหนดให้เท่ากันในทุกมิติ ในส่วนของวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดที่ให้ผลการจำแนกกลุ่มที่สอดคล้องกับการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงเป็นอันดับที่ 3 คือ วิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดโดยใช้ทฤษฎีการตัดสินใจของแกลส ซึ่งเป็นวิธีที่อาศัยความสัมพันธ์ของคะแนนจุดตัดของแบบทดสอบอิงเกณฑ์กับเกณฑ์ภายนอกที่สอดคล้องซึ่งกำหนดไว้ก่อน โดยการสร้างฟังก์ชันของคะแนนจุดตัด ซึ่งได้จากการใช้เกณฑ์ภายนอกจำแนกคนเป็นสองกลุ่ม ซึ่งเกณฑ์ภายนอกอาจไม่ได้มาตรฐาน โดยเกณฑ์ภายนอกที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค21102) ที่แต่ละโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างอาจมีมาตรฐานในการให้เกรดต่างกัน ทำให้ผลการวินิจฉัยมีความสอดคล้องกับผลการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงมีความสอดคล้องกันต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ

วิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนี้แม้จะง่าย วินิจฉัยได้รวดเร็ว แต่ยังมีข้อบกพร่องในกรณีที่นักเรียนเดาสุ่มหรือไม่ตั้งใจทำแบบสอบ ถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะออกแบบข้อสอบให้มีลักษณะที่มีตัวเลือกตัวสุดท้ายเป็นปลายเปิด แต่ยังพบปัญหาที่นักเรียนเดาสุ่มข้อสอบซึ่งอาจทำการวินิจฉัยให้ผลที่ไม่ตรงได้ ดังนั้นก่อนที่จะเริ่มทำการวินิจฉัยด้วยการให้นักเรียนทำแบบสอบวินิจฉัย ควรชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการนำผลที่ได้จากการวินิจฉัยไปใช้เพื่อเป็นสารสนเทศในการปรับปรุงการเรียนของตนเองได้ในโอกาสต่อไป

2. คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คุณภาพของแบบสอบวินิจฉัยในส่วนของค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาซึ่งแสดงให้เห็นว่าด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา (0.73) ด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหา (0.87) แต่เมื่อวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ จากการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal maximum-likelihood ; MML) ได้ค่าความเที่ยงแบบ EAP reliability ด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา (0.78) ด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหา (0.88) ซึ่งในงานวิจัยของชัยวิชิต เชียรชนะ (2552) ได้กล่าวถึงการประมาณค่าความเที่ยงด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ ว่าเป็นการประยุกต์ความเที่ยงของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบดั้งเดิมเป็นค่าที่เหมือนกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ใช้โมเดลมาร์จิแน็ล (marginal model) ดังนั้นการพิจารณาค่าความเที่ยงจึงใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับค่าความเที่ยงตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม จากการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงด้วยวิธีพหุมิตินี้จะให้ค่าความเที่ยงสูงกว่าการประมาณค่าความเที่ยงด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาโดย Nunnally

และ Bernstein (1994) ; Hair และคณะ (2006 อ้างถึงในชัยวิชิต เชียรชนะ , 2552) เสนอเกณฑ์การพิจารณาค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาไว้สอดคล้องกันโดยพิจารณายอมรับค่า .700 ขึ้นไป จากเกณฑ์การพิจารณาดังกล่าวค่าความเที่ยงของแบบสอบวินิจฉัยทั้ง 2 ด้านมีค่าเกินเกณฑ์การพิจารณาทั้ง 2 ด้าน ซึ่งแสดงหลักฐานการคงเส้นคงวาของการวินิจฉัยโดยแบบสอบวินิจฉัยนี้

ในส่วนความตรงเชิงโครงสร้างของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ โดยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และ การใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ค่าสถิติดีเวียนซ์ (G^2 =19804.71) มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลเมื่อวิเคราะห์แบบเอกมิติรวม (G^2 =20032.43) และเมื่อพิจารณาค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ของโมเดลแบบพหุมิติ (AIC=20046.71) มีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลแบบเอกมิติรวม (AIC=20272.43) เมื่อได้พิจารณาจากเกณฑ์ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจัก ซึ่ง Hoskens และ Boeck (2001) ที่ได้เสนอว่า สถิติดิเวียนซ์ (Deviance ; G^2) และค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) เป็นสถิติที่ใช้บ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดล ซึ่งถ้าโมเดลใดมีค่าของสถิติดิเวียนซ์ และค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี ต่ำกว่าแสดงว่าโมเดลนั้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเหมาะสมที่จะเป็นพหุมิติ

3. คุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

การตรวจสอบคุณภาพของวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยที่ได้จากวิธีการวินิจฉัยโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน กับการวินิจฉัยโดยใช้การคิดออกเสียงซึ่งถือว่าเป็นวิธีการที่จะสามารถส่งเสริมความเข้าใจในการเรียนการสอน มีการนำกระบวนการคิดออกเสียงมาใช้ในการสอนทั้งในห้องเรียนและสอนซ่อมเสริมนอกห้องเรียน นำมาใช้ในการตรวจสอบ วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการเรียนการสอนโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนการแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งการคิดออกเสียงถือว่าเป็นเทคนิควิธีที่ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษากระบวนการคิดการแก้โจทย์ปัญหาได้เป็นอย่างดี ตั้งแต่เห็นโจทย์จนกระทั่งได้คำตอบทำให้ทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างไร ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการคิดออกเสียงจะทำให้สามารถรู้ถึงปัญหา พัฒนาความรู้ความคิดในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ซึ่งจากผลการใช้การคิดออกเสียงสามารถทำให้นักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้นได้ (Muth, 1993 ; สิริมาศ สิทธิหล่อ, 2534 ; กำจร มุณีแก้ว, 2539 ; สุดารัตน์ มนต์นิมิต, 2545) จากที่กล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นได้ว่าการศึกษาคุณภาพของวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นด้วยการนำผลการวิธีวินิจฉัยที่ได้มาเปรียบเทียบความสอดคล้องกับผลวินิจฉัยที่ได้จากการคิดออกเสียงจึงมีความเหมาะสมและเชื่อถือได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำมาใช้

ในการวินิจฉัยทักษะที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของแคปปา (Cohen's kappa coefficient : κ) ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้วัดความแม่นยำ (Precision) ของการตัดสินที่อาจเกิดขึ้นจากผู้สังเกตที่แตกต่างกันแต่สังเกตในสถานการณ์เดียวกัน หรือ การวัดจากสถานการณ์เดียวกันแต่ใช้วิธีสังเกตที่แตกต่างกัน โดย Viera J. และ Garrell M. (2005) ได้เสนอเกณฑ์ในการแปลผลจากค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่คำนวณได้โดยเกณฑ์ที่แสดงถึงความสอดคล้องจากการวินิจฉัย 2 วิธีอยู่ในระดับดี เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเกิน 0.61 จากเกณฑ์นี้แสดงให้เห็นว่า ความสอดคล้องของผลการวินิจฉัยด้วยวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นกับวิธีวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียง (0.64) มีความสอดคล้องกันในระดับดี ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงถึงการมีคุณภาพของวิธีวินิจฉัยแบบใช้เครือข่ายเบย์เซียน

4. การนำเครือข่ายเบย์เซียนและผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้

วิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนที่พัฒนาขึ้นมีการนำองค์ความรู้ในเรื่องของโมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Diagnostic classification models;DMCs) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้อธิบายถึงสาเหตุของการตอบสนองข้อสอบหรือพฤติกรรมที่สังเกตได้ที่ได้มาจากผู้สอบ เป็นโมเดลที่การตัดสินใจได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมที่สังเกตได้กับคุณลักษณะที่ต้องมีประจำข้อสอบแต่ละข้อหรือพฤติกรรมที่แสดงออกแต่ละพฤติกรรม เพื่อใช้จำแนกกลุ่มของผู้สอบตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น โดยโมเดลเครือข่ายเบย์เซียนที่นำมาวินิจฉัยใช้หลักการของความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขในการวินิจฉัยหรือทำนายการเกิดขึ้นของคุณลักษณะหรือพฤติกรรมต่าง ๆ และในส่วนของทฤษฎีกราฟที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เห็นถึงองค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ของคุณลักษณะพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่ต้องการ แล้วมีการเชื่อมโยงองค์ประกอบย่อยของคุณลักษณะเหล่านั้นเข้าด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ดังนั้นในการสร้างเครือข่ายเบย์เซียนและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุนั้นจะต้องมีเหตุผล ทฤษฎีหรืองานวิจัยมารองรับ เพื่อให้การสร้างและการเชื่อมโยงของเครือข่ายเบย์เซียนนั้นสามารถวินิจฉัยได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในส่วนนี้ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ ครูที่สอนคณิตศาสตร์ ศึกษาจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นจะนักเรียนควรจะมีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นและมีความเข้าใจในการใช้กระบวนการเพื่อแก้ปัญหา (Wu & Adams, 2006 ; ประดิษฐ์วิชัย, 2533; สุพิศา แก้วสุรรณ,2535 ; ขนิษฐา คำทอน ,2539; สาคร พิมพ์ทา, 2552; Santhitiwanich A. et al.,2014; Boora S. et al.,2015) จึงได้สร้างเครือข่ายเบย์เซียนเพื่อวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยทักษะหลักคือ การใช้มโนทัศน์ในการแก้ปัญหา ซึ่ง Clark (2010) และ สมเดช บุญประจักษ์(2540) ได้กล่าวว่าการแก้ปัญหาจะมีประสิทธิภาพนั้นสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือความรู้พื้นฐานที่ดีที่จะนำมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับสาระของ

ปัญหา และการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ซึ่งเป็นแนวคิดการแก้ปัญหาที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนมากที่สุดแนวคิดหนึ่ง ในส่วนของการกำหนดความน่าจะเป็นประจำโหนดในโมเดลนั้นได้ใช้แนวคิดว่าการที่นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้นั้น นักเรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานที่มีอยู่มาประกอบกับความสามารถในการใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่ Baker และ Mayer (1999) ; ZANZALI และ NAM (nd.) และ Wu และ Adams (2006) ได้เสนอว่าการที่จะประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาควรที่จะทดสอบในเรื่องของกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา แสดงถึงว่ากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำเป็นต่อความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างยิ่ง โดยการสร้างโมเดลแบบเครือข่ายเบย์เซียนเพื่อวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นถ้ามีการศึกษาและวิจัยในส่วนขององค์ประกอบหรือคุณลักษณะที่สำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถนำข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้มาปรับโมเดลให้มีลักษณะอื่นได้ ซึ่งย่อมส่งผลให้การวินิจฉัยมีรูปแบบการเชื่อมโยงในโมเดลที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลจากการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนนั้นจะบอกให้ทราบว่าผู้สอบหรือนักเรียนคนนั้นมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ และมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในทักษะหลักและทักษะย่อยต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ใดบ้าง จากผลการวิจัยนั้นทำให้ทราบว่านักเรียนที่มีข้อบกพร่องในการแก้ ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะมีข้อบกพร่องทั้งในทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลที่ได้จะสามารถนำไปเป็นสารสนเทศให้กับครูที่จะนำไปใช้ในแก้ไขให้กับนักเรียนที่มีข้อบกพร่องในเรื่องการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน และเตรียมการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนกลุ่มอื่น โดยเน้นให้มีการสอนในทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อันอาจที่จะส่งผลต่อการทำให้นักเรียนมีความบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เมื่อพิจารณาจากผลการสร้างโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเครือข่ายเบย์เซียน พบว่าทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาเป็นทักษะหลักที่นักเรียนมีข้อบกพร่อง พิจารณาจากค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการมีข้อบกพร่อง มีค่าเท่ากับ 49.2 โดยทักษะย่อยที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด คือ ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา ทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา และทักษะการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา ตามลำดับ ในส่วนของทักษะการมีใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาพบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องพิจารณาจากค่าร้อยละของความน่าจะเป็นของการมีข้อบกพร่อง มีค่าเท่ากับ 44.3 โดยทักษะย่อยที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด คือ ทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน ทักษะการแก้สมการ ทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ และทักษะการคำนวณ ตามลำดับ นั้นคือการนำผลที่ได้นี้ไปวางแผนในการจัดการเรียนการสอนครูจึงควรเน้นย้ำการจัดการเรียนการสอนในทักษะที่จะส่งผลให้นักเรียนมีความบกพร่องในการ

แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เช่น ครูจะจัดการสอนให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนจะสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างไร

จากโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนและผลการวินิจฉัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าจำนวนทักษะย่อยของการมีข้อบกพร่องไม่ได้ ส่งต่อการมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องต่อการแก้ปัญหา แต่การมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะขึ้นอยู่กับลักษณะความสำคัญของทักษะย่อยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยทักษะที่สำคัญต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากที่สุดคือ ทักษะการคำนวณ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประดิษฐ์วิชัย (2533) สุพิศา แก้วสุรรณ (2535) ขนิษฐา คำทอน (2539) การศึกษาข้อบกพร่องในการการแก้ปัญหา ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนจะมีข้อบกพร่องในการคำนวณ การแก้สมการเพื่อหาคำตอบ และข้อบกพร่องในการใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในนักเรียนกลุ่มอ่อนมักจะพบข้อบกพร่องในขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหา หรือการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา

ข้อเสนอแนะในการนำวิธีการที่พัฒนาขึ้นไปใช้

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญของวิธีที่พัฒนาขึ้นคือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโหนดต่าง ๆ และการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขที่กำหนดให้กับโหนดทักษะย่อย โหนดทักษะหลัก และโหนดวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเบเซียน ซึ่งผู้วิจัยมีประเด็นเสนอแนะ 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ในโมเดลจะส่งผลต่อประสิทธิผลของการวินิจฉัย ดังนั้นเพื่อให้ได้โมเดลมีความสมบูรณ์ และสามารถวินิจฉัยได้ตรง ควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบที่ใช้วัดข้อบกพร่องกลุ่มต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ศึกษาเปรียบเทียบการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโหนดต่าง ๆ ในโมเดลในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ที่อาจส่งผลต่อความตรงของการวินิจฉัยความสามารถทางคณิตศาสตร์

ประเด็นที่ 2 การกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดในโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนที่แตกต่างกันอาจจะส่งผลต่อประสิทธิผลของการวินิจฉัย แต่การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดทักษะย่อย โหนดทักษะหลักและโหนดวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงทำให้ไม่สามารถสรุป

ข้อค้นพบได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาหรือเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยเมื่อมีการการกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำโหนดต่าง ๆ ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

2. วิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ง่าย เพียงแค่ใส่คะแนนสอบของผู้สอบหรือลงในโหนดข้อสอบของโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน โปรแกรมจะวิเคราะห์ความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในทักษะหลักหรือทักษะย่อยใด แต่วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดคือไม่สามารถวินิจฉัยในรายละเอียดว่านักเรียนมีข้อบกพร่องอย่างไร หรือมีรูปแบบข้อบกพร่องอย่างไร วินิจฉัยได้แค่เพียงว่ามีความบกพร่องในทักษะใด หรือบกพร่องในกลุ่มข้อบกพร่องใด แต่ยังไม่สามารถระบุอย่างเจาะจงลงไปที่ข้อบกพร่องย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นในการพัฒนาวิธีวินิจฉัยต่อไป จึงควรคำนึงถึงการวินิจฉัยถึงรายละเอียดของข้อบกพร่องว่าเป็นอย่างไร เพื่อให้การนำผลการวินิจฉัยไปเป็นประโยชน์ในการแก้ไขต่อไป

3. ผู้ที่จะนำวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้ อาจมีการปรับ หรือ แก้ไขสถานการณ์ที่เป็นการวินิจฉัยกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาให้มีลักษณะใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน หรือ ออกแบบให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์ของข้อสอบแนว PISA ในการวินิจฉัยความสามารถในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ตามแนวการประเมินสากลของ Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)

4. วิธีการเปรียบเทียบความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มโดยใช้ค่าร้อยละของสัดส่วนความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มเป็นเพียงวิธีเบื้องต้น และสัมประสิทธิ์ของแคปปาเป็นเพียงการตรวจสอบเบื้องต้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ผลมาจากการวินิจฉัยจากทั้งสองวิธีสอดคล้องกันโดยบังเอิญ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการเพิ่มหรือเปลี่ยนวิธีการตรวจสอบประสิทธิผลของวิธีการวินิจฉัย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่กระทำอย่างเป็นขั้นตอนและต้องอาศัยความรู้ที่เป็นมโนทัศน์พื้นฐานที่จำเป็นมาใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหา ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยแยกวินิจฉัยเป็น 2 ทักษะหลัก คือ ทักษะด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหากับทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีปรับโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหา ให้มีการนำมโนทัศน์พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหาแทรกให้อยู่ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา เช่น การนำทักษะการคำนวณแทรกลงในขั้นตอนการวางแผนการแก้ปัญหาซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการแก้ปัญหา

2. วิธีการวินิจฉัยนี้สามารถวินิจฉัยได้กับนักเรียนได้ทีละจำนวนมาก เนื่องจากสามารถวินิจฉัยได้ง่าย แต่วินิจฉัยได้เพียงแต่ว่ามีข้อพร่อง/ไม่บกพร่องในส่วนใด ไม่สามารถบอกรูปแบบความบกพร่องได้ ดังนั้นอาจใช้วิธีอื่นประกอบการวินิจฉัยเพิ่มเติม เช่น การสัมภาษณ์ การให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำ

3. วิธีการนี้สามารถนำไปใช้กับการวินิจฉัยเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ได้และสามารถวินิจฉัยข้อบกพร่องที่มีลักษณะเป็นทักษะที่มีลักษณะที่มีองค์ประกอบย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน แต่เป็นการวินิจฉัยแบบคะแนนรวม ไม่ได้เน้นการวินิจฉัยแบบการคิดที่บกพร่องหรือคลาดเคลื่อนได้ และไม่สามารถวินิจฉัยนักเรียนที่ไม่ตั้งใจทำข้อสอบหรือการไม่รอบคอบในการทำข้อสอบได้

4. วิธีวินิจฉัยการคิดออกเสียงที่ใช้นำมาใช้เปรียบเทียบกับวิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นใช้เวลานานในการเก็บรวบรวมข้อมูล และผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงจึงทำให้เสียเวลาและอาจเกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยได้ เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการวินิจฉัยด้วยการคิดออกเสียงจึงควรมีศึกษาการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการคิดออกเสียงจากครูผู้สอนหรือทีมวิจัย

5. การนำวิธีการวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นไปใช้เพื่อวินิจฉัยความสามารถในเนื้อหาหรืออื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นความสามารถที่มีหลายองค์ประกอบย่อย มีข้อเสนอแนะแยกเป็นประเด็นดังนี้

ประเด็นที่ 1 การพัฒนาโมเดลการวินิจฉัย เริ่มจากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาองค์ประกอบของความสามารถที่ต้องการวินิจฉัยให้คลอบคลุม และค้นหาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบย่อย ๆ นั้นว่าองค์ประกอบใดส่งผลต่อองค์ประกอบใดหรือไม่ อย่างไร เชื่อมโยงความสัมพันธ์นั้น

ประเด็นที่ 2 แบบสอบวินิจฉัยตามโมเดลที่พัฒนาขึ้น ควรมีการออกแบบจำนวนข้อสอบให้ครอบคลุมข้อบกพร่องที่พบ และองค์ประกอบของทักษะหรือความสามารถที่จะวินิจฉัย ในส่วนของตัวเลือกของข้อสอบในแต่ละข้อควรมีการสำรวจข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับนักเรียนส่วนใหญ่ และควรมีตัวเลือกปลายเปิดให้นักเรียนได้ตอบในกรณีที่นักเรียนมีข้อบกพร่องไม่เหมือนกับในตัวลวงที่อยู่ในข้อสอบ

ประเด็นที่ 3 หลังจากการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว การให้ผลย้อนกลับของการวินิจฉัยเพื่อนำไปปรับปรุงหรือแก้ไขข้อบกพร่องที่พบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญ แต่ผู้วิจัยไม่ได้เน้นการให้ข้อมูลย้อนกลับ ดังนั้นผู้ที่จะนำวิธีนี้ไปใช้ควรคำนึงถึงการให้ผลย้อนกลับไปยังนักเรียนหรือครูผู้สอนด้วย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช *2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2552). การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร (Vol. 4). กรุงเทพมหานคร: บริษัทธรรมสารจำกัด.

กำจร มุณีแก้ว. (2539). ผลของการสอนโดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3* โรงเรียนสาธิตสังกัดสำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาศาสตร์.

โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. (2552). ตัวอย่างการประเมินผลนานาชาติ *PISA:*คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.

โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. (2554). ผลการประเมิน *PISA 2009* การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สถานบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี.

โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. (2557). ผลการประเมิน *PISA 2012* คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

จงกล ทำสวน. (2548). การวินิจฉัยข้อผิดพลาดในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม. วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 33*(3).

ชัยวิชิต เชียรชนะ. (2552). การพัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถวัลย์ สุนทรา. (2533). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการและอสมการตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3* ในจังหวัดศรีษะเกษ. . (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทศพร ทักษิมา. (2545). การศึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนเรื่องระบบสมการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทองหล่อ วงษ์อินทร์. (2537). การวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการคิดแก้ไขปัญหาและเมตาคอคนิชั่นของนักเรียนมัธยมศึกษาผู้ชำนาญ และไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. (ค.ด.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงคราญ ตันตะละ. (2534). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัย เรื่อง สมการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พัชรี จันทร์เพ็ง. (2550). การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการเชื่อมโยงคะแนนตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติภายใต้การหมุนแกน โครงสร้างเชิงมิติและระดับความสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มะลิวรรณ โคตรศรี. (2547). การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3.* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลผลการเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาสน์.

วลี เฉลยสมัย. (2539). การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่คำนึงถึงสภาพที่เป็นจริงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัลยา ธำรงลักษณ์รัตน์. (2546). ชุดเครื่องมือวินิจฉัยจุดอ่อน จุดแข็ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *3.* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภารัตน์ ศรีบุตรตา. (2541). การเปรียบเทียบความสอดคล้องในการตัดสินคะแนนจุดตัด ระหว่างวิธีของแองกอฟ วิธีของนีเดลสกี และวิธีของอิมพาราและเพลค. (ค.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิยดา ซ่อนขำ. (2551). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยจุดบกพร่องในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริเดช สุชีวะ. (2538). การพัฒนาวิธีการวินิจฉัยสำหรับตรวจสอบมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริพันธ์ ติยะวงศ์สุวรรณ. (2554). การพัฒนาวิธีการกำหนดคะแนนจุดตัดสำหรับการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ *6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย.

สมชาย บุญรักษา. (2536). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยในการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องสมการและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และระบบสมการเชิงเส้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3* ในจังหวัดพังงา. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาศรีนครินทรวิโรฒ.

สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *1* โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ. (ปริญญาดุษฎีบัณฑิต.), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สมประสงค์ และ เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์. (2554). การทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์แบบพหุมิติ. Retrieved from http://cdn.learners.in.th/assets/media/files/000/333/099/original_MCAT.pdf?1298868203.

สมพล สุนัยรัตนาภรณ์. (2551). การเรียนรู้โครงสร้างเบย์เซียนเน็ตเวิร์คด้วย *Genetic Algorithm* โดยใช้ โครโมโซมรูปแบบ *Directed Acyclic Graph.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สาคร พิมพ์ทา. (2552). การพัฒนาโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ *6* สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต *3.* (การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สิริมาศ สิทธิหล่อ. (2534). การพัฒนาวิธีการวัดกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการคิดออกเสียง. (ค.ม.), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุกัญญา ทองนาค. (2555). การพัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค. (ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุดารัตน์ หวลมุกดา. (2550). ประสิทธิภาพของการทดสอบแบบปรับเหมาะด้วยคอมพิวเตอร์ตามระดับชั้นของค่าอำนาจจำแนกภายใต้เงื่อนไขต่างกันโดยใช้วิธีการจำลองข้อมูล. (ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนิสา พงษ์ประยูร. (2543). การศึกษาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ เรื่องสมการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุภาวดี กิตติวิศิษฎ์. (2537). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนที่ *1* ในจังหวัดนครราชสีมา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวิมล เสวกสุริยวงศ์. (2553). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวินิจฉัยทางคณิตศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. .

อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์. (2551). การพัฒนาวิธีการประเมินเชิงวินิจฉัยโดยประยุกต์ใช้โมเดลลำดับขั้นของคุณลักษณะและการทดสอบแบบปรับเหมาะโดยใช้คอมพิวเตอร์. (ปริญญานิพนธ์ ดุษฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรนุช เศวตรัตนเสถียร. (2556). เทคนิคการคิดออกเสียงกับงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศ. สงขลานครินทร์ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, *19*(4), 161-189.

ภาษาต่างประเทศ

Ahmad, A., Al-Mashari, A., & Al-Lawati, A. (2010, February 28). On the development of a computer based diagnostic assessment tool to help in teaching and learning process. *International Journal of Education and Development using ICT [Online], 6(1)*.

Allen, N. L., Carlson, J.E., and Zelenak, C.A. (1999). The NAEP 1996 Technical Report *(NCES 1999- 452)*. Washington, DC: office of Educational Research and Improvement.

Almond, R., DiBello, L., Jenkins, F., Mislevy, R., Senturk, D., Steinberg, L. ;& Yan, D. . (2001). Models for conditional probability tables in educational assessment *Artificial intelligence and statistics 2001* (pp. 137-143): Educational Testing Service.

Almond, R. G., DiBello, L. V., Moulder, B. and Zapata-Rivera, J.-D. . (2007). Modeling Diagnostic Assessments with Bayesian Networks. *Journal of Educational Measurement, 44*(4), 341–359. doi: 10.1111/j.1745-3984.2007.00043.x

Angoff , W. H. (1971). Scales, norms and equivalent scores. *Educational Measurement*. Washington, DC : American Council on Education.

Anthony J. Viera, M., & Joanne M. Garrett, P. (2005). Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Family Medicine, 37*(5), 360-363.

Baker, E. L., & Mayer, R. E. (1999). Computer-based assessment of problem solving. *Computers in Human Behavior, 15*(3–4), 269-282. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0747-5632(99)00023-0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Baron, D., & Bernard, H. W. (1958). *Evaluation techniques for classroom teacher*. New York McGrew-Hill.

Baroody, A. J., & Coslick, R. T. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8: Helping Children Think Mathematically*: Merrill.

Bejar, I. I. (2008,october). Standard Setting:What Is It ? Why Is It Important? *R&D Connections.* (Vol.). Princeton : NJ: ETS Research & Development Educational Testing Service.

Berk, R. A. (1986). A Consumer's Guide to Setting Performance Standards on Criterion-Referenced Tests. *Review of Educational Research, 56*(1), 137-172. doi: 10.3102/00346543056001137

Bitter, G. G., Hatfield, M. M., & Edwards, N. T. (1989). *Mathematics Methods for The Elementary and Middle School*. Boston: Allyn and Bacon.

Bolt, D. M., & Lall, V. F. (2003). Estimation of Compensatory and Noncompensatory Multidimensional Item Response Models Using Markov Chain Monte Carlo. *Applied Psychological Measurement, 27*(6), 395-414. doi: 10.1177/0146621603258350

Boora, S., Pasiphol, S., & Tangdhanakanond, K. (2015). Development of Cognitive Diagnostic Testing on Basic Arithmetic Operation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191*(0), 769-772. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.533

Boren, M. T., & Ramey, J. (2000). Thinking Aloud: Reconciling Theory and Practice. *IEEE Transactions on Professional Communication, 43*(3), 261-278.

Boursicot, K. M., Roberts, T., & Pell, G. (2006). Standard Setting for Clinical Competence at Graduation from Medical School: A Comparison of Passing Scores Across Five Medical Schools. *Advances in Health Sciences Education, 11*(2), 173-183. doi: 10.1007/s10459-005-5291-8

Buckendahl, C. W., Smith, R. W., Impara, J. C., & Plake, B. S. (2002). A Comparison of Angoff and Bookmark Standard Setting Methods. *Journal of Educational Measurement, 39*(3), 253-263. doi: 10.1111/j.1745-3984.2002.tb01177.x

Callingham, R., & Griffin, P. (2005). *Measuring Mathematical Competence: A Developmental Approach*. Conference Papers. ECNU. Shanghai.

Carroll, J. (1945). The effect of difficulty and chance success on correlations between items or between tests. *Psychometrika, 10*(1), 1-19. doi: 10.1007/BF02289789

Clark , A. (2010,september). *Math in Focus:Problem Solving by Andy Clark*: Singapore_math.

Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement, 20*(1), 37-46. doi: 10.1177/001316446002000104

DiBello, L. V., Stout, W. F., & Roussos, L. A. (1995). Unified cognitive/psychometric diagnostic assessment likelihood-based classification techniques. In P.D. Nichols, S. F. Chipman & R. L. Brennan (Eds.), *Cognitively diagnostic assessment* (pp. 361-389). Mahwah, NJ: : Erlbaum.

Egodawatte, G. (2010). A Rubric to Self-assess and Peer-assess Mathematical Problem Solving Tasks of College Students. *Acta Didactica Napocensia, 3*, 75-88.

Embretson, S. E. (1987). Toward development of a psychometric approach. In C. S. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment: An interactional approach to evaluating learning protential*. New York: Guilford Press.

Embretson, S. E. (1991). A multidimensional latent trait model for measuring learning and change. *Psychometrika,, 56*, 495-516.

Fulkerson, K. F. G., J.P. and Gallassi, M.D. (1984). Relation between condition and performance in mathematic anxious : A failure of cognitive theory. *journal of counseling Psychology, 31*, 376-382.

Glass, G. V. (1978). STANDARDS AND CRITERIA. *Journal of Educational Measurement, 15*(4), 237-261. doi: 10.1111/j.1745-3984.1978.tb00072.x

Gleason, J. (2008). An evaluation of mathematics competitions using item response theory. *Notices of the American Mathematical Society, 55*(1), 8-15.

Good, C. V. E. (1973). *Dictionary of education*. Newyork: McGrew-Hill.

Green, D. R., Trimble, C. S., & Lewis, D. M. (2003). Interpreting the Results of Three Different Standard-Setting Procedures. *Educational Measurement: Issues and Practice, 22*(1), 22-32. doi: 10.1111/j.1745-3992.2003.tb00113.x

Gregory, R. J. (1995). *Psychological testing : History , principle and applications.* . Boston: Allyn and Bacon.

Haberman, S., & Sinharay, S. (2010). Reporting of Subscores Using Multidimensional Item Response Theory. *Psychometrika, 75*(2), 209-227. doi: 10.1007/s11336-010-9158-4

Halpin, G., & Halpin, G. (1987). An Analysis of the Reliability and Validity of Procedures for Setting Minimum Competency Standards. *Educational and Psychological Measurement, 47*(4), 977-983. doi: 10.1177/0013164487474013

Hambleton, R. K. (1980). Test score validity and standard-setting. In R. Berk (Ed.), *Criterion-referenced testing: State of the art*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Hambleton, R. K., & Rovinelli, R. J. (1986). Assessing the Dimensionality of a Set of Test Items. *Applied Psychological Measurement, 10*(3), 287-302. doi: 10.1177/014662168601000307

Hartig, J., & Höhler, J. (1987). Representation of Competencies in Multidimensional IRT Models With Winthin-Item and Between-Item Multidimensionality. *Journal of Psychology, 216*(2), 89-101.

Hartig, J., & Höhler, J. (2009). Multidimensional IRT models for the assessment of competencies. *Studies in Educational Evaluation, 35*(2–3), 57-63. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2009.10.002

Heim, A. W. (1975). *Psychological testing*. London: Oxford University Press.

Henson, R., Templin, J., & Porch, F. (2004) *Description of the underlying algorithm of Arpeggio 1.3.1m: an approach to handle missing data at random*. External Diagnostic Research Group Technical Report.

Höhler, J., Hartig, J., & Goldhammer, F. (2010). Modeling the multidimensional structure of students' foreign language competence within and between classrooms. *Psychological Test and Assessment Modeling, 52*(3), 323-340.

Hoskens, M., & De Boeck, P. (2001). Multidimensional Componential Item Response Theory Models for Polytomous Items. *Applied Psychological Measurement, 25*(1), 19-37. doi: 10.1177/01466216010251002

Hughes, J., & Parkes, S. (2003). Trends in the use of verbal protocol analysis in software engineering research. *Behaviour & Information Technology, 22*(2), 127-140. doi: 10.1080/0144929031000081341

Jensen, F. V. (1996). *Introduction to Bayesian Networks*: Springer-Verlag New York, Inc.

Jordan, M. I. (1997). AN INTRODUCTION TO GRAPHICAL MODELS. 30/7/2011, from http://www.cis.upenn.edu/~mkearns/papers/barbados/jordan-tut.pdf

Kane, M. (1994). Validating the Performance Standards Associated With Passing Scores. *Review of Educational Research, 64*(3), 425-461. doi: 10.3102/00346543064003425

Ketterlin-Geller, L. R. Y., Paul. (2009,october). Diagnostic Assessments in Mathematics to Support Instructional Decision Making. *Practical Assessment, Research & Evaluation, 14*(16).

Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E., & Leutner, D. (2008). Current issues in competence modeling and assessment. *Zeitschrift für Psychologie, 216*(2), 61-73.

Lee, J., & Corter, J. E. (2003,June) *Diagnosis of bugs in multi-column subtraction using Bayesian Networks*. Paper presented at the annual meeting of the Classification Society of North America: Tallahassee, FL

Lee, J., & Corter, J. E. (2011). Diagnosis of Subtraction Bugs Using Bayesian Networks. *Applied Psychological Measurement, 35*(1), 27-47. doi: 10.1177/0146621610377079

Livingston, S., & Zieky, M. . (1982). *Passing scores:A manual for setting standards of performance on educational and occupational tests.* Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Lord, F. M. (1980). *Applications of Item Response Theory to Practical Testing Problems.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lord, F. M., & Novick, M. R. (1968). *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Massachusetts: Addison-Wesley.

Lundgrén-Laine, H., & Salanterä, S. (2010). Think-Aloud Technique and Protocol Analysis in Clinical Decision-Making Research. *Qualitative Health Research, 20*(4), 565-575. doi: 10.1177/1049732309354278

Mayer, R. E., & Wittrock, R. C. (2006). Problem solving *Handbook of educational psychology*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Mayer, R. E., & Hegarty , M. (1996). The process of understanding mathematical problems. *The nature of mathematical thinking*, 29-53.

McDonald, R. P. (2000). A Basis for Multidimensional Item Response Theory. *Applied Psychological Measurement, 24*(2), 99-114. doi: 10.1177/01466210022031552

McDonald, R. P., & Ahlawat, K. S. (1974). DIFFICULTY FACTORS IN BINARY DATA. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 27*(1), 82-99. doi: 10.1111/j.2044-8317.1974.tb00530.x

Meyer, R. A. (1978). Mathematical problem-solving performance and intellectual abilities of fourth-grade children. *Journal for Research in Mathematics Education, 9*(5).

Millman, J. (1973). Passing Scores and Test Lengths for Domain-Referenced Measures. *Review of Educational Research, 43*(2), 205-216. doi: 10.3102/00346543043002205

Mislevy, R. J. (1992). Linking Educational Assessments: Concepts, Issues, Methods, and Prospects. Princeton,NJ: Educational Testing Service.

Mislevy, R. J., Almond, R. G., Yan, D., & Steinberg, L. S. (2001). Bayes Nets in Educational Assessment: Where Do the Numbers Come From? *Educational Testing Service*, 437-446.

Muth, K. D. (1993). The Thinking-out-Loud Procedure: A Diagnostic Tool for Middle School Mathematics Teachers. *Middle School Journal, 24*(4), 5-9.

Nandakumar, R. (1994). Assessing Dimensionality of a Set of Item Responses-Comparison of Different Approaches. *Journal of Educational Measurement, 31*(1), 17-35. doi: 10.1111/j.1745-3984.1994.tb00432.x

National Council of Teachers of Mathematics Commission on Standards for School Mathematics. (1989). Curriculum and evaluation standards for school mathematics. Reston VA: The Council.

Nielsen, J., & Yssing, C. (2004). (2004). What Kind of Information Does an HCI Expert Want? – On Concurrent Usability Testing. (Working paper). http://openarchive.cbs.dk/bitstream/handle/ 10398/6465/15-2004.pdf?sequence=1.

Norcini, J. J. (2003). Setting standards on educational tests. *Med Educ, 37*(5), 464-469.

NORSYS SOFTWARE CORP. (2014). Netica Application. 2014, from https://www.norsys.com/netica.html

Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* New York: McGraw-Hill.

Ping Yin, & Sconing, J. (2008). Estimating Standard Errors of Cut Scores for Item Rating and Mapmark Procedures: A Generalizability Theory Approach. *Educational and Psychological Measurement, 68*(1), 25-41. doi: 10.1177/0013164407301546

Polya, G. (1973). *How to Solve It : A new aspect of mathematical method* (2 ed.). Princeton : University Press: .

Reckase, M. D. (1990). Unidimensional Data from Multidimensional Tests and Multidimensional Data from Unidimensional Tests. *Paper presented at the annual meeting of theAmerican EducationalResearch Association*. Boston: American College Testing

Reckase, M. D. (1997). The Past and Future of Multidimensional Item Response Theory. *Applied Psychological Measurement, 21*(1), 25-36. doi: 10.1177/0146621697211002

Reeff, J.-P., Zabal, A., & Blech, C. (2006). The Assessment of Problem-Solving Competencies:A Draft Version of a General Framework. Retrieved 10.7.2011 http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2006/reeff06_01.pdf

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 and Perspectives, 6*(4), 219-262. doi: 10.1080/15366360802490866

Samejima, F. (1974). Normal ogive model on the continuous response level in the multidimensional latent space. *Psychometrika, 39*(1), 111-121. doi: 10.1007/BF02291580

Santhitiwanich, A., Pasiphol, S., & Tangdhanakanond, K. (2014). The Integration of Indicators of Reading, Analytical Thinking and Writing Abilities with Indicators of Subject Content. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116*(0), 4854-4858. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1037

Schoenfeld, A. H. (1983). Problem Solving in the Mathematics Curriculum. A Report, Recommendations, and an AnnotatedBibliography. MAA Notes, Number 1. Washington,D.C.: Mathematical Association of America.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to Think Mathematically: Problem Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: MacMillan.

Segall, D. (2001). General ability measurement: An application of multidimensional item response theory. *Psychometrika, 66*(1), 79-97. doi: 10.1007/BF02295734

Shih, S.-C., & Kuo, B.-C. (2005). Using Bayesian Networks for Modeling Students' Learning Bugs and Sub-skills. In R. Khosla, R. Howlett & L. Jain (Eds.), *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems* (Vol. 3681, pp. 69-75): Springer Berlin Heidelberg.

Spencer, S. G. (2004). The Strength of Multidimensional Item Response Theory in Exploring Construct Space that is Multidimensional and Correlated *All Theses and Dissertations*: Department of Instructional Psychology and Technology Brigham Young University.

Suen, H. K. (1990). *Principles of Test Theories*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Tatsuoka, K. K. (1983). RULE SPACE: AN APPROACH FOR DEALING WITH MISCONCEPTIONS BASED ON ITEM RESPONSE THEORY. *Journal of Educational Measurement, 20*(4), 345-354. doi: 10.1111/j.1745-3984.1983.tb00212.x

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., & Bradshaw, L. (2013). Measuring the Reliability of Diagnostic Classification Model Examinee Estimates. *Journal of Classification, 30*(2), 251-275. doi: 10.1007/s00357-013-9129-4

Templin, J. H., X., Roussos, L., & Stout, W. (2003). The pseudo-item method: a simple technique for analysis of polytomous data with the fusion model: External Diagnostic Research Group Technical Report.

Troutman, A., & Lichtenberg, B. K. (1995). *Mathematics, a good beginning: Strategies for teaching children*: Pacific Grove: Brooks/Cole.

Wu, M., & Adams, R. (2006). Modelling mathematics problem solving item responses using a multidimensional IRT model. *Mathematics Education Research Journal, 18*(2), 93-113. doi: 10.1007/BF03217438

Yang, C. W., Liao, B. C., & Huei, C. (2011). A HO-IRT Based Diagnostic Assessment System with Constructed Response Items (Journal). from Turkish Online Journal of Educational Technology http://eric.ed.gov/?id=EJ946610

Yao, L., & Schwarz, R. D. (2006). A Multidimensional Partial Credit Model With Associated Item and Test Statistics: An Application to Mixed-Format Tests. *Applied Psychological Measurement, 30*(6), 469-492. doi: 10.1177/0146621605284537

Yin, P., & Sconing, J. (2008). Estimating standard errors of cutscores for item rating and mapmark procedures a generalizability theory approach. *Educational and Psychological Measurement, 68*, 25-41.

Yu, F., & Nandakumar, R. (2001). Poly-Detect for Quantifying the Degree of Multidimensionality of Item Response Data. *Journal of Educational Measurement, 38*(2), 99-120. doi: 10.1111/j.1745-3984.2001.tb01118.x

ZANZALI, N. A. A., & NAM, L. L. (n.d.). Evaluating the levels of problem solving abilities in mathematics.: UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA.

Zarzo, E. (2015). The Art of Memory in the Digital Age. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 178*(0), 222-226. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.185

ZHANG, B. S., CLEMENT A. (2008). Evaluating item fit for multidimensional item response models. *Educational and Psychological Measurement, 68*(2), 181-196.

Zhang, J. (2007). Conditional Covariance Theory and Detect for Polytomous Items. *Psychometrika, 72*(1), 69-91. doi: 10.1007/s11336-004-1257-7

Zieky, M. J., Perie, M., & Livingston, S. (2008). *Cutscores: A Manual For Setting Standards Of Performance On Educational And Occupational Tests* Princeton:NJ: Educational Testing Service.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยและกำหนดคะแนนจุดตัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

และกำหนดคะแนนจุดตัด

1. ดร. ศิวะโชติ ศรีสุทธิยากร

   อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ดร. พงศธร มหาวิจิตร

   อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ดร. เรืองเดช ศิริกิจ

   อาจารย์ประจำสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

4. ดร. อมรรัตน์ สร้อยสังวาลย์

   อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

5. นายมานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล

   ครูเชี่ยวชาญ (วิชาคณิตศาสตร์) โรงเรียนสงวนหญิงจังหวัดสุพรรณบุรี

6. ดร. ธีรวัฒน์ สุขีสาร

   ครูชำนาญการพิเศษ (วิชาคณิตศาสตร์) โรงเรียนอนุบาลพระนครศรีอยุธยา

7. ดร. นิอร ไชยพรพัฒนา

   ดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ฉบับที่ 1 แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

แบบสอบเพื่อการสำรวจ

คำชี้แจง ข้อสอบชุดนี้มี 4 ตอน ขอให้นักเรียนตอบทุกข้อตามความเข้าใจของตนเอง

ตอนที่ 1 จงเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

เช่น สิบห้ารวมกับสาม
ตอบ 15 + 3

1. หกสิบหักออกสี่สิบแปด
ตอบ .....

2. เจ็ดสิบห้าแบ่งเป็นห้าส่วน
ตอบ .....

3. ครึ่งหนึ่งของสี่สิบสี่
ตอบ .....

4. สามร้อยยี่สิบเพิ่มอีกสามเท่าของสามร้อยยี่สิบ
ตอบ .....

5. ห้าร้อยหักออกสามเท่าของสี่สิบห้า
ตอบ .....

6. สี่ในห้าของสามหมื่นห้าพัน
ตอบ .....

ตอนที่ 2 จงหาผลลัพธ์

เช่น 15 + 3 = 18

1. 60 – 48 = ...

2. 75 ÷ 5 = ...

3. $\frac{1}{2} \times 44$ = ...

4. 320 + 3(320) =.....

5. 500 – 3(45) =.....

6. $\frac{4}{5} \times 35{,}000$ = ...

ตอนที่ 3 จงเติมช่องว่างให้สมบูรณ์

เช่น ถ้า 15 + 3 = a แล้ว a = 15 + 3

1. ถ้า a – 48 = 12 แล้ว 12 + 48 =.....

2. ถ้า a ÷ 5 = 15 แล้ว (a÷5) × 5 = ...

3. ถ้า $\frac{1}{2}$ a = 22 แล้ว $\frac{1}{2}$ a × 2 = ...

4. a + 3a = 1,280 แล้ว .....= 1,280

5. 500 – 3a = 365 แล้ว .....= 3a

6. ถ้า a - $\frac{1}{5}$ = 28,000 แล้ว ..... a = 28,000

ตอนที่ 4 จงหาคำตอบของสมการต่อไปนี้

เช่น a + 3 = 18 ตอบ a = ...15.....

1. a – 48 = 12 ตอบ a = ...
2. a ÷ 5 = 15 ตอบ a = ...
3. $\frac{1}{2}$ a = 22 ตอบ a = ...
4. a + 3a = 1,280 ตอบ a = ...
5. 500 – 3a = 365 ตอบ a = ...
6. a - $\frac{1}{5}$ a = 28,000 ตอบ a = ...

ฉบับที่ 2 แบบสอบค้นหาข้อบกพร่องด้านการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

ชื่อ-นามสกุล .....โรงเรียน.....

คำชี้แจง

1. ขอให้นักเรียนตั้งใจทำเพื่อข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยต่อไป
2. เป็นข้อสอบอัตนัยประกอบด้วยทั้งหมด 6 โจทย์ แต่ละโจทย์มี 6 ข้อ ให้นักเรียนเติมคำตอบตามคำชี้แจง
3. ให้นักเรียนทำข้อสอบและทดในตัวข้อสอบที่แจกให้นี้
4. ขอให้นักเรียนเติมคำตอบทุกข้อ การทำผิดไม่ส่งผลต่อคะแนนวิชาใด ๆ ทั้งสิ้น
5. เมื่อทำเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ส่งข้อสอบกับกรรมการกำกับการสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นางสาวพรพิมล ยังฉิม
นิสิตปริญญาดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามในแต่ละโจทย์ตามความเข้าใจของนักเรียน

โจทย์ที่ 1 จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาว่าจำนวน ๆ นั้นคือจำนวนใด

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้

(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ

(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร

(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

โจทย์ที่ 2 ออมสินนำเงินที่แม่ให้มาทั้งหมด แบ่งให้น้อง 5 คน คนละเท่า ๆ กัน ถ้าน้องได้เงินคนละ 15 บาท แม่ให้เงินออมสินมาจำนวนเท่าใด

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้

(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ

(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร

(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

โจทย์ที่ 3 น้ำผึ้งมีอายุ 22 ปี น้ำผึ้งมีอายุเป็นครึ่งหนึ่งของอายุน้ำหวาน น้ำหวานมีอายุกี่ปี

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร
(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

โจทย์ที่ 4 : เดิมสำลีมีเงินอยู่จำนวนหนึ่ง แม่ให้เพิ่มอีกสามเท่าของเงินที่สำลีมีอยู่เดิม ถ้าขณะนี้สำลีมีเงินรวม 1,280 บาท เดิมสำลีมีเงินออมอยู่เท่าใด

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร
(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

โจทย์ที่ 5 : มาลีซื้อส้ม 3 กิโลกรัม ให้ธนบัตรใบละ 500 บาท มาลีได้รับเงินทอน 365 บาท ส้มราคากิโลกรัมละเท่าไร

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร
(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

โจทย์ที่ 6 : รถจักรยานยนต์ปิดป้ายขายไว้ราคาหนึ่ง ถ้าลูกค้าซื้อด้วยเงินสดจะได้ลดราคา $\frac{1}{5}$ ของราคาที่ปิดไว้ ถ้าสำราญซื้อจักรยานยนต์ด้วยเงินสดจ่ายเงินไป 28,000 บาท อยากทราบว่าเดิมรถจักรยานยนต์คันนี้ปิดป้ายขายไว้เท่าใด

คำถามที่ 1 โจทย์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ตอบ .....

คำถามที่ 2 เงื่อนไขใดบ้างที่โจทย์กำหนดมาให้
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 3 จากโจทย์มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็นในการนำมาหาคำตอบ
(ตอบได้มากกว่า 1คำตอบ)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 4 นักเรียนจะวางแผนเพื่อหาคำตอบของโจทย์นี้อย่างไร
(เขียนสมการได้ว่าอย่างไร)

ตอบ .....

.....

.....

คำถามที่ 5 คำตอบของโจทย์นี้คืออะไร

ตอบ .....

.....

คำถามที่ 6 นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร จงอธิบาย

ตอบ .....

.....

.....

แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ฉบับที่ 1 แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

คำชี้แจง

1. แบบสอบนี้มี มี 4 ตอน แต่ละตอนมี 6 ข้อ จำนวนทั้งหมด 24 ข้อ
2. ก่อนตอบคำถามให้เขียนชื่อ นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน และโรงเรียนของนักเรียนในกระดาษคำตอบ
3. ให้นักเรียนอ่านคำสั่งในแต่ละตอนอย่างรอบคอบ และตอบคำถามโดยเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดหนึ่งคำตอบ
4. หากต้องการตอบ**แต่ไม่มีในตัวเลือกที่กำหนดให้** ให้นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกข้อ จ. โดยเติมคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง ดังตัวอย่าง

☺ ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ a + 4 = 10

ก. 14

ข. -6

ค. 0

ง. -14

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

สถานการณ์ที่	ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ คำตอบที่ถูกต้องคือ .....
1	☺					× **คำตอบที่ถูกคือ 6**

ตอนที่ 1 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์

คำสั่ง : ให้นักเรียนเปลี่ยนประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์

1. หกสิบหักออกสี่สิบแปด

ก. $60 - 48$

ข. $60 + 48$

ค. $60 \div 48$

ง. $48 - 60$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

2. เจ็ดสิบห้าแบ่งเป็นห้าส่วนเท่า ๆ กัน

ก. 75×5

ข. $75 \div 5$

ค. $5 \div 75$

ง. $75 + 75 + 75 + 75 + 75$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

3. ครึ่งหนึ่งของสี่สิบสี่

ก. $\frac{1}{2} \times 44$

ข. 2×44

ค. $44 - 22$

ง. $2 \div 44$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

4. สามร้อยยี่สิบเพิ่มอีกสามเท่าของสามร้อยยี่สิบ

ก. 320×3

ข. 320×320^3

ค. $320 + (3 \times 320)$

ง. $320 \times (3 \times 320)$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

5. ห้าร้อยหักออกสามเท่าของสี่สิบห้า

ก. $500 \div 3$

ข. $500 - 45$

ค. $500 - 3 \times 45$

ง. $500 - (3 \times 45)$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

6. สี่ในห้าของสามหมื่นห้าพัน

ก. $4 (5 \times 35{,}000)$

ข. $\frac{4}{5} \times 35{,}000$

ค. $5 \div 35{,}000$

ง. $5 \times 35{,}000$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

ตอนที่ 2 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการคำนวณ
คำสั่ง ให้นักเรียนหาผลลัพธ์ในแต่ละข้อต่อไปนี้

7. จงหาผลลัพธ์ของ 60 - 48

ก. 12

ข. 18

ค. 22

ง. 28

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

8. จงหาผลลัพธ์ของ 75 ÷ 5

ก. 13

ข. 14

ค. 15

ง. 17

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

9. จงหาผลลัพธ์ของ $\frac{1}{2} \times 44$

ก. 22

ข. 44

ค. 88

ง. 968

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

10. จงหาผลลัพธ์ของ 320 + (3 × 320)

ก. 323

ข. 643

ค. 960

ง. 1,280

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

11. จงหาผลลัพธ์ของ 500 - (3 × 45)

ก. 135

ข. 288.3

ค. 365

ง. 375

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

12. จงหาผลลัพธ์ของ $\frac{4}{5} \times$ 35,000

ก. 28,000

ข. 32,000

ค. 35,000

ง. 175,000

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

ตอนที่ 3 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการใช้สมบัติของการเท่ากัน

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมข้อความต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

13. ถ้า 48 – a = 12 แล้ว 48 – 12 = ...

ก. a

ข. 12

ค. 18

ง. a + 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

14. ถ้า a ÷ 5 = 15 แล้ว (a ÷ 5) × 5 = ...

ก. 3 × 5

ข. 15× 5

ค. 25 × 5

ง. 75 × 5

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

15. ถ้า $\frac{1}{2}$ a = 22 แล้ว $\frac{1}{2}$ a × 2 = ...

ก. 1 × 2

ข. 11 × 2

ค. 22 × 2

ง. 44 × 2

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

16. ถ้า a + 3a = 1,280 แล้ว 1,280 =.....

ก. a -3a

ข. 3a - a

ค. 1,280 – 3a

ง. 4a

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

17. ถ้า 500 - 3a = 365 แล้ว ..... = 3a

ก. 500 + 365

ข. 500 - 365

ค. 365 - 500

ง. 365

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

18. ถ้า a - $\frac{1}{5}$ a = 28,000 cล้ว .. a = 28,000

ก. $\frac{1}{5}$

ข. $\frac{4}{5}$

ค. 4

ง. 5

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูก คือ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 4 การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบของสมการ
คำสั่ง ให้นักเรียนหาคำตอบของสมการต่อไปนี้

19. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ a – 48= 12

ก. 4

ข. 12

ค. 36

ง. 60

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

20. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ a ÷ 5 = 15

ก. 0.04

ข. 15

ค. 25

ง. 525

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ 75

21. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ $\frac{1}{2}a = 22$

ก. 11

ข. 24.2

ค. 44

ง. 88

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

22. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ a+3a=1,280

ก. 320

ข. 426

ค. 1,277

ง. 1,280

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

23. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ 500 - 3a = 365

ก. 3

ข. 45

ค. 135

ง. 235

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

24. ข้อใดเป็นคำตอบของสมการ $a - \frac{1}{5}a = 28{,}000$

ก. 7,000

ข. 14,000

ค. 32,000

ง. 35,000

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก

เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบวินิจฉัย ฉบับที่ 2

แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของโพลยา

คำชี้แจง

1. แบบสอบนี้มี 6 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถาม 6 ข้อ
2. ก่อนตอบคำถามให้เขียนชื่อ นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน และโรงเรียนของนักเรียนในกระดาษคำตอบให้เรียบร้อย
3. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ที่กำหนดอย่างรอบคอบ และตอบคำถามโดยเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดหนึ่งตัวเลือก
4. หาก**ไม่มีคำตอบในตัวเลือกที่กำหนดให้** ให้นักเรียนเลือกตอบในตัวเลือกข้อ จ. โดยเติมคำตอบที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง ดังตัวอย่าง

☺ สองเท่าของจำนวนหนึ่งเท่ากับยี่สิบ จงหาจำนวนนั้น

ฉ. 80

ช. 40

ซ. 20

ฌ. 1

ญ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

สถานการณ์ที่	ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ คำตอบที่ถูกต้องคือ .....
1	☺					× **คำตอบที่ถูกคือ 10**

สถานการณ์ที่ 1 : จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาจำนวน ๆ นั้น

1.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. ผลรวมของ 48 กับ 12

ข. ผลต่างของ 48 กับ 12

ค. จำนวน ๆ หนึ่งที่มากกว่า 48 อยู่ 12

ง. จำนวน ๆ หนึ่งที่น้อยกว่า 48 อยู่ 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 12 อยู่ 48

ข. จำนวน ๆ หนึ่งน้อยกว่า 12 อยู่ 48

ค. จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12

ง. จำนวน ๆ หนึ่งน้อยกว่า 48 อยู่ 12

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) จำนวน ๆ นี้มากกว่า 48 (2) ทั้งสองจำนวนต่างกันเท่ากับ 12

(3) ผลรวมของจำนวนทั้งสองจำนวนนี้ (4) ผลต่างของจำนวนทั้งสองจำนวนนี้

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (1) และ (3)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทน จำนวน ๆ นี้ที่ต้องการทราบ)

ก. $a \times 48 = 12$

ข. $a - 48 = 12$

ค. $48 - a = 12$

ง. $48 + a = 12$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 60

ข. 36

ค. 12

ง. 4

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

1.6 ข้อใดถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือ จำนวน ๆ หนึ่งที่มากกว่า 12 อยู่ 48

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ ผลรวมของจำนวน ๆ หนึ่งกับ 12 เท่ากับ 48

(3) สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ $48 - a = 12$

(5) จำนวน ๆ นี้ คือ 60 เพราะ 60 มากกว่า 48 อยู่ 12

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

ทำสถานการณ์ที่ 2 ต่อเลย

สถานการณ์ที่ 2 : แม่ให้เงินออมสินจำนวนหนึ่งเพื่อนำมา แบ่งให้น้อง 5 คน ให้ได้คนละเท่า ๆ กัน ถ้าน้องได้เงินคนละ 15 บาท แม่ให้เงินออมสินมาจำนวนเท่าใด

2.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. จำนวนน้องของออมสิน

ข. จำนวนเงินที่ออมสินมี

ค. จำนวนเงินที่แม่ให้ออมสินมาแบ่งให้น้อง

ง. จำนวนเงินที่ออมสินแบ่งให้น้องแต่ละคน

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

2.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. ออมสินได้รับเงิน 15 บาท

ข. แม่ของออมสินมีบุตรทั้งหมด 5 คน

ค. น้องของออมสินได้รับเงินคนละ 5 บาท

ง. น้องของออมสินได้รับเงินคนละเท่า ๆ กัน

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

2.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) จำนวนเงินทั้งหมด (2) จำนวนเงินที่เหลือ

(3) จำนวนน้องของออมสิน (4) จำนวนเงินที่แบ่งให้น้องแต่ละคน

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (1) และ (3)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

2.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทน จำนวนเงินที่แม่ให้ออมสินมาแบ่งให้น้อง)

ก. $15 \div a = 5$

ข. $5 \div a = 15$

ค. $a \div 5 = 15$

ง. $a \div 15 = 5$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

2.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 525

ข. 75

ค. 25

ง. 0.04

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

2.6 ข้อใดถูกต้อง

((1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือ จำนวนเงินที่แม่ให้ออมสินเพื่อมาแบ่งให้น้อง

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ เงินที่ออมสินมี กับ เงินที่ได้รับจากแม่

(3) สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ $15 \div a = 5$

(4) แม่ให้เงินออมสินมา 75 บาท เพราะ เมื่อนำมาแบ่งให้น้อง 5 คน น้องทุกคนจะได้รับเงินคนละ 15 บาท

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

ทำสถานการณ์ที่ 3 ต่อเลย

สถานการณ์ที่ 3 : น้ำผึ้งมีอายุ 22 ปี น้ำผึ้งมีอายุเป็นครึ่งหนึ่งของอายุน้ำหวาน น้ำหวานมีอายุกี่ปี

3.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. อายุของน้ำหวาน
ข. อายุของน้ำผึ้ง
ค. อายุของน้ำหวานที่มากกว่าน้ำผึ้ง
ง. อายุของน้ำหวานรวมกับน้ำผึ้ง
จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

3.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. น้ำหวานมีอายุเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำผึ้ง
ข. น้ำผึ้งมีอายุเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำหวาน
ค. น้ำหวานมากกว่าน้ำผึ้ง 22 ปี
ง. น้ำหวานอายุ 22 ปี
จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

3.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) อายุของน้ำหวาน (2) อายุของน้ำผึ้ง
(3) ผลรวมของอายุของน้ำหวานกับน้ำผึ้ง (4) เงื่อนไขอายุของน้ำหวานที่เกี่ยวข้องกับน้ำผึ้ง

ก. ข้อ (1) และ (2)
ข. ข้อ (2) และ (3)
ค. ข้อ (3) และ (4)
ง. ข้อ (2) และ (4)
จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

3.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทนอายุของน้ำหวาน)

ก. $a = 2 + 22$

ข. $2a = 22$

ค. $\frac{1}{2}a = 22$

ง. $a + 2 = 22$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

3.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 88

ข. 44

ค. 24.2

ง. 11

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

3.6 ข้อใดถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือ อายุของหวาน

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ อายุของน้ำหวาน กับ อายุของน้ำผึ้ง

(3) สมการที่ใช้หาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ $2a = 44$

(4) น้ำหวานมีอายุ 44 ปี เพราะ ครึ่งหนึ่งของอายุน้ำหวาน จะเท่ากับอายุของน้ำผึ้ง คือ 22 ปี

ก. (1) และ (2)

ข. (1) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

ทำสถานการณ์ที่ 4 ต่อเลย

สถานการณ์ที่ 4 : เดิมสำลีมีเงินออมอยู่จำนวนหนึ่ง พอถึงวันเกิดแม่ให้เพิ่มเพื่อเป็นของขวัญ อีกสามเท่าของเงินที่สำลีมีอยู่เดิม ถ้าสำลีมีเงินรวมทั้งหมด 1,280 บาท เดิมสำลีมีเงินออมอยู่เท่าใด

4.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. เงินออมที่สำลีมีอยู่เดิม

ข. เงินทั้งหมดของสำลี

ค. เงินที่แม่ให้สำลีเพื่อเป็นของขวัญวันเกิด

ง. เงินที่สำลีรวมกับเงินที่แม่ให้เป็นของขวัญวันเกิด

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ.....

4.2 ข้อใดคือเงื่อนไขของสถานการณ์นี้ที่กำหนดมาให้

ก. เงินออมเดิมของสำลีมีเป็นสามเท่าของเงินที่แม่ให้เป็นของขวัญวันเกิด

ข. แม่ให้เงินสำลีอีกสามเท่าของเงินที่สำลีออมอยู่เดิม

ค. แม่ให้เงินสำลี 1,280 บาท

ง. สำลีมีเงินเดิมอยู่ 1,280 บาท

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) เงินออมเดิมของสำลี (2) เงินที่แม่ให้สำลีเพื่อเป็นของขวัญวันเกิด

(3) เงินรวมทั้งหมดของสำลี (4) วันเกิดของสำลี

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (2) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

4.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทน จำนวนเงินที่สำลีออมอยู่เดิม)

ก. $3a - a = 1,280$

ข. $a - 3a = 1.280$

ค. $a + 3a = 1,280$

ง. $1,280 + a = 3a$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

4.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 1,280

ข. 1,277

ค. 426

ง. 320

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

4.6 ข้อใดถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือ จำนวนเงินที่แม่ให้ในวันเกิด

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ จำนวนเงินที่สำลีออมอยู่เดิม กับ จำนวนเงินที่แม่ให้ในวันเกิด

(3) สมการที่ใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ $a + 3a = 1,280$

(4) เดิมสำลีมีเงินออมอยู่ 320 บาท รวมกับเงินที่แม่ให้เพิ่มอีก $3 \times 320 = 960$ บาท รวมเป็นเงินออมทั้งหมด 1, 280 บาท

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

ทำสถานการณ์ที่ 5 ต่อเลย

สถานการณ์ที่ 5 : มาลีซื้อส้ม 3 กิโลกรัม ให้ธนบัตรใบละ 500 บาท มาลีได้รับเงินทอน 365 บาท ส้มราคากิโลกรัมละเท่าไร

5.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. เงินทอนที่มาลีได้รับ

ข. จำนวนเงินที่มาลีต้องจ่าย

ค. จำนวนผลไม้ที่มาลีซื้อทั้งหมด

ง. ราคาของส้มต่อกิโลกรัม

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

5.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. มาลีซื้อส้ม 3 กิโลกรัม

ข. มาลีซื้อส้มเป็นเงิน 500 บาท

ค. มาลีจ่ายเงินซื้อส้มเป็นเงิน 365 บาท

ง. มาลีซื้อส้มเป็นเงินกิโลกรัมละ 365 บาท

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

5.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) เงินที่ใช้ในการซื้อส้ม 3 กิโลกรัม (2) จำนวนธนบัตรที่ใช้

(3) ราคาส้มเป็นกิโลกรัม (4) น้ำหนักของส้มที่ซื้อทั้งหมด

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (1) และ (3)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

5.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(กำหนดให้ a แทน จำนวนเงินที่มาลีต้องจ่ายในการซื้อผลไม้)

ก. $500 - 365 = a$

ข. $500 + 365 = 3a$

ค. $500 + 3a = 365$

ง. $500 - 3a = 365$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้องคือ .....

5.5 คำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

ก. 235

ข. 135

ค. 45

ง. 3

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

5.6 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบคือ ราคาส้มต่อกิโลกรัม

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหา คือ เงินทอนที่ได้รับ กับ จำนวนเงินที่จ่ายทั้งหมด

(3) สมการที่ใช้หาคำตอบของสมการนี้คือ $500 - 365 = a$

(4) ส้มราคากิโลกรัมละ 45 บาท เพราะเมื่อจ่ายเงินไป 500 บาท จะได้รับเงินทอนจำนวน 365 บาท

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

ทำสถานการณ์สุดท้ายกันต่อเลย

สถานการณ์ที่ 6 : รถจักรยานยนต์ปิดป้ายขายไว้ราคาหนึ่ง ถ้าลูกค้าซื้อด้วยเงินสดจะได้ลดราคา $\frac{1}{5}$ ของราคาที่ปิดไว้ ถ้าสำราญซื้อจักรยานยนต์ด้วยเงินสดจ่ายเงินไป 28,000 บาท อยากทราบว่าเดิมรถจักรยานยนต์คันนี้ปิดป้ายขายไว้เท่าใด

6.1 สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด

ก. เงินทอนที่ได้รับ

ข. ราคาป้ายของรถจักรยานยนต์

ค. เงินส่วนลดของรถจักรยานยนต์

ง. ส่วนต่างระหว่างราคาที่ติดป้ายกับราคาจริงที่ต้องจ่ายเมื่อซื้อด้วยเงินสด

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

6.2 ข้อใดคือเงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้

ก. ลดราคารถจักรยานยนต์ลง 28,000 บาท

ข. ลดราคารถจักรยานยนต์เหลือ 28,000 บาท

ค. ราคาจักรยานยนต์เหลือ $\frac{1}{5}$ ของราคาป้ายเมื่อซื้อด้วยเงินสด

ง. ลดราคารถจักรยานยนต์ $\frac{1}{5}$ ของราคาป้ายเมื่อซื้อด้วยเงินสด

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

6.3 ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

(1) ส่วนต่างของราคาที่ติดป้ายกับราคาขายจริง (2) ราคาเดิมของรถจักรยานยนต์

(3) จ่ายเงินซื้อจักรยานยนต์เป็นเงินสด 28,000 บาท (4) ซื้อเงินสดลดให้ $\frac{1}{5}$ ของราคาป้าย

ก. ข้อ (1) และ (2)

ข. ข้อ (2) และ (3)

ค. ข้อ (3) และ (4)

ง. ข้อ (1) และ (3)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

6.4 สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือข้อใด

(เมื่อกำหนดให้ a แทน ราคาป้ายขายของรถจักรยานยนต์)

ก. $5a = 28,000$

ข. $\frac{1}{5}a = 28,000$

ค. $a - \frac{1}{5}a = 28,000$

ง. $a - \frac{4}{5}a = 28,000$

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะตอบที่ถูกต้องคือ.....

6.5 คำตอบของสถานการณ์นี้คือข้อใด

ก. 35,000

ข. 32,000

ค. 14,000

ง. 7,000

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกคือ .....

6.6 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

(1) สิ่งที่สถานการณ์นี้ ต้องการให้หาคำตอบ คือ ส่วนต่างของราคาที่ติดป้ายกับราคาขายจริง

(2) ข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคือ ราคาที่ปิดป้ายไว้เดิม และ เงินส่วนลดเมื่อซื้อด้วยเงินสด

(3) สมการที่ใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้ คือ $a - \frac{1}{5}a = 28,000$

(4) เดิมจักรยานยนต์ปิดป้ายขายไว้ 35,000 ถ้าจ่ายเงินสดจะลดให้ $\frac{1}{5}(35,000) = 7,000$ บาท นั่นคือ จะจ่ายเงินเป็นเงินสด 28,000 บาท

ก. (1) และ (2)

ข. (2) และ (3)

ค. (3) และ (4)

ง. (1) และ (4)

จ. ไม่มีคำตอบที่ถูก เพราะคำตอบที่ถูกต้อง คือ .....

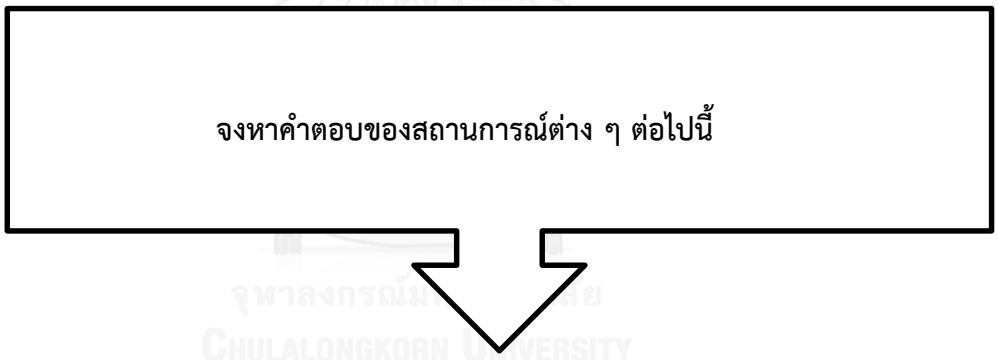
แบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (สำหรับวิธีการคิดออกเสียง)

คำชี้แจงในการคิดออกเสียงเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

1. ให้นักเรียนอ่านโจทย์ดัง ๆ ชัด ๆ ให้เข้าใจสัก 2 – 3 รอบ

2. ให้นักเรียนหาคำตอบของแต่ละสถานการณ์แต่ละข้อต่อไปนี้

3. เมื่ออ่านโจทย์ที่เป็นสถานการณ์แต่ละข้อแล้ว ให้นักเรียน**<u>รายงานความคิดออกมาโดยการพูดและเขียน</u>**ว่านักเรียนจะหาคำตอบของปัญหานั้น ๆ อย่างไรทีละขั้นตอน



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบที่ใช้วินิจฉัยการคิดออกเสียง(การใช้กระบวนการแก้ปัญหา)

สถานการณ์ที่ 1 :
จำนวน ๆ หนึ่งมากกว่า 48 อยู่ 12 จงหาจำนวน ๆ นั้น

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)	**ใช้สำหรับทดเลข**
2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง	
3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้	
4. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร	
5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ	
6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร	

สถานการณ์ที่ 2 :

แม่ให้เงินออมสินจำนวนหนึ่งเพื่อนำมา แบ่งให้น้อง 5 คน ให้ได้คนละเท่า ๆ กัน ถ้าน้องได้เงินคนละ 15 บาท แม่ให้เงินออมสินมาจำนวนเท่าใด

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)

2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง

3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

4. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร

5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ

6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร

ใช้สำหรับทดเลข

สถานการณ์ที่ 3 :
น้ำผึ้งมีอายุ 22 ปี น้ำผึ้งมีอายุเป็นครึ่งหนึ่งของอายุน้ำหวาน น้ำหวานมีอายุกี่ปี

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)

2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง

3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

4. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร

5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ

6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร

ใช้สำหรับทดเลข

สถานการณ์ที่ 4 :

เดิมสำลีมีเงินออมอยู่จำนวนหนึ่ง พอถึงวันเกิดแม่ให้เพิ่มเพื่อเป็นของขวัญอีกสามเท่าของเงินที่สำลีมีอยู่เดิม ถ้าสำลีมีเงินรวมทั้งหมด 1,280 บาท เดิมสำลีมีเงินออมอยู่เท่าใด

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)

2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง

3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

4. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร

5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ

6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร

ใช้สำหรับทดเลข

สถานการณ์ที่ 5 :
มาลีซื้อส้ม 3 กิโลกรัม ให้ธนบัตรใบละ 500 บาท มาลีได้รับเงินทอน 365 บาท ส้มราคากิโลกรัมละเท่าไร

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)

2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง

3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

3. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร

5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ

6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร

ใช้สำหรับทดเลข

สถานการณ์ที่ 6 :

รถจักรยานยนต์ปิดป้ายขายไว้ราคาหนึ่ง ถ้าลูกค้าซื้อด้วยเงินสดจะได้ลดราคา $\frac{1}{5}$ ของราคาที่ปิดไว้ ถ้าสำราญซื้อจักรยานยนต์ด้วยเงินสดจ่ายเงินไป 28,000 บาท อยากทราบว่าเดิมรถจักรยานยนต์คันนี้ปิดป้ายขายไว้เท่าใด

1. สถานการณ์นี้ต้องการทราบสิ่งใด (โจทย์ถามอะไร)

2. เงื่อนไขที่สถานการณ์นี้กำหนดมาให้คืออะไรบ้าง

3. ข้อมูลใดที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์นี้

4. เขียนสมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์นี้ได้อย่างไร

5. คำตอบของสถานการณ์นี้ คือ

6. จะแสดงเหตุผลเพื่อแสดงว่านักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องได้อย่างไร

ใช้สำหรับทดเลข

แบบสอบที่ใช้วินิจฉัยการคิดออกเสียง(การใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา)

1.ให้นักเรียนเปลี่ยนประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์

หกสิบหักออกสี่สิบแปด	**ใช้สำหรับทดเลข**
เจ็ดสิบห้าแบ่งเป็นห้าส่วนเท่า ๆ กัน	
ครึ่งหนึ่งของสี่สิบสี่	
สามร้อยยี่สิบเพิ่มอีกสามเท่าของสามร้อยยี่สิบ	
ห้าร้อยหักออกสามเท่าของสี่สิบห้า	
สี่ในห้าของสามหมื่นห้าพัน	

2.ให้นักเรียนหาผลลัพธ์ในแต่ละข้อต่อไปนี้ **(แสดงวิธีทำ)**

60 - 48

75 ÷ 5

$\frac{1}{2} \times 44$

320 + (3 × 320)

500 - (3 × 45)

$\frac{4}{5} \times$ 35,000

ใช้สำหรับทดเลข

Chulalongkorn University

3. ให้นักเรียนเติมข้อความต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

ถ้า 48 – a = 12 แล้ว 48 – 12 = ...

ถ้า a ÷ 5 = 15 แล้ว (a ÷ 5) × 5 = ...

ถ้า $\frac{1}{2}$ a = 22 แล้ว $\frac{1}{2}$ a × 2 = ...

ถ้า a + 3a = 1,280 แล้ว 1,280 = ...

ถ้า 500 - 3a = 365 แล้ว ..... = 3a

ถ้า $\frac{4}{5}$ × a = 28,000 แล้ว 28,000 ×... = a

ใช้สำหรับทดเลข

4.ให้นักเรียนหาคำตอบของสมการต่อไปนี้ (แสดงวิธีทำ)

$a - 48 = 12$

$a \div 5 = 15$

$\frac{1}{2}a = 22$

$a + 3a = 1{,}280$

CHULALONGKORN UNIVERSITY

$500 - 3a = 365$

$\frac{4}{5} \times a = 28{,}000$

ใช้สำหรับทดเลข

ภาคผนวก ค
คู่มือการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) โดยใช้ Netica Application

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คู่มือการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) โดยใช้ Netica Application

จัดทำโดย
นางสาวพรพิมล ยังฉิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คู่มือนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต
สาขาการวัดและประเมินผล ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

คู่มือการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) ใช้ Netica Application มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งาน Netica Application เพื่อการวินิจฉัยโดยมีรายละเอียดของหน้าจอ คำสั่ง ขั้นตอนการวินิจฉัย และการแปลผลที่ได้จากการวินิจฉัย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผล ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่องการพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายเบย์เซียนและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

วิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเหมาะกับการนำไปใช้วินิจฉัยทักษะที่มีหลายองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ในการพัฒนาวิธีวินิจฉัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำมาใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ ครูหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปปรับใช้กับการวินิจฉัยในทักษะหรือเนื้อหาอื่น ๆ ได้ โดยเฉพาะในเนื้อหาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ในคู่มือเล่มนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 กล่าวถึงบทนำ ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนในการพัฒนาวินิจฉัยการแก้ปัญหาโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน และส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปและการใช้ Application เพื่อการวินิจฉัย ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ Application ส่วนประกอบโครงของโมเดลเครือข่ายการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเครือข่ายเบย์เซียน การใช้ Application ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การเรียกใช้โปแกรม ขั้นตอนการใช้โปรแกรม การแปลผลที่ได้จากการวินิจฉัย และตัวอย่างการวินิจฉัย

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ใช้โปรแกรมและแปลผลที่ได้จากโปรแกรมให้กับผู้ที่สนใจนำไปดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิผลและเกิดประโยชน์ต่อไป

นางสาวพรพิมล ยังฉิม

ผู้จัดทำ

Chulalongkorn University

บทนำ

☺ ความเป็นมาและความสำคัญ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กระบวนการในการหาคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากการสังเกตผลการสอบระดับโรงเรียนจนถึงระดับชาติทำให้พบว่าการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์นั่นน่าจะประสบปัญหา เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถแก้ปัญหาที่พบได้ โดยมีนักเรียนจำนวนไม่น้อยเมื่อพบโจทย์ปัญหาแล้วไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นอย่างไร นักเรียนบางคนเมื่อพบโจทย์ปัญหาถึงกับไม่อ่านโจทย์เนื่องจากคิดว่าไม่มีความสามารถที่จะทำได้ หรือมีความรู้พื้นฐานไม่พอ แต่ในความเป็นจริงแล้วถ้านักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา และรู้จักวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่พบได้ในที่สุด ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของคุณครูที่จะวินิจฉัยให้ได้ว่านักเรียนของท่านมีความบกพร่องในการแก้ปัญหาด้านใด เพื่อช่วยให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังนักเรียน ผู้ปกครองและตัวครูเองในการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และจะส่งไประยะยาวถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่อไป

☺ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้แนวคิดพื้นฐานจากการใช้โมเดลการจำแนกวินิจฉัย (Diagnostic classification models; DCMs) พัฒนาขึ้นโดย Rupp and Templin (2008b) หรือที่เรียกว่าโมเดลการวินิจฉัยแบบพุทธิปัญญา (cognitive diagnostic models; CDMs) แบบโมเดลเครือข่ายเบย์เซียนหรือเครือข่ายแบบเบย์เซียน ซึ่งเป็นโมเดลกราฟิกที่อันประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ ทฤษฎีกราฟ และทฤษฎีความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไข ในเครือข่ายเบย์เซียนประกอบด้วยโหนดของตัวแปรแฝงอันเป็นตัวแทนขององค์ประกอบที่สำคัญของทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (ทักษะหลักและทักษะย่อยของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์) กับตัวแปรสังเกตได้(ข้อสอบ) และความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ในโมเดล

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการในการหาคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากผลการสำรวจข้อบกพร่องและการจัดกลุ่มข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะพบว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบข้อบกพร่อง 20 ประเด็น ซึ่งสามารถจัดกลุ่มข้อบกพร่องที่พบได้เป็น 8 กลุ่ม คือ ข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ข้อบกพร่องในการคำนวณ ข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน ข้อบกพร่องในการหาคำตอบของสมการ ข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อบกพร่องในการวางแผนแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา ข้อบกพร่องในตรวจสอบย้อนกลับกระบวนการแก้ปัญหา สามารถแยกได้เป็น 8 ทักษะย่อย คือ ทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ ทักษะการคำนวณ ทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน ทักษะการแก้สมการ ทักษะการทำความเข้าใจปัญหา ทักษะการวางแผนแก้ปัญหา ทักษะการดำเนินการตามแผน และทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ และทักษะย่อยทั้ง 8 ทักษะเหล่านี้สามารถสรุปได้ทักษะหลัก 2 ทักษะ คือ ทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ ทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของโพลยา

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่ามี 2 องค์ประกอบหลัก อันได้แก่ **มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา** หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจ ที่นักเรียนนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อยดังนี้ 1) การเปลี่ยนประโยคภาษา เป็นประโยคสัญลักษณ์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเปลี่ยนจากประโยคภาษาที่กำหนดให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 2) การคำนวณ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการหาผลบวก ลบ คูณ หาร จากโจทย์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง 3) การใช้สมบัติของการเท่ากัน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำ สมบัติของการเท่ากัน อันได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติสะท้อน สมบัติการบวก และสมบัติการคูณไปใช้ได้อย่างถูกต้อง 4) การแก้สมการ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการหาคำตอบของสมการที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง และ**กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินการในการหาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดให้ตามแนวคิดของ Ploya ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสรุป ได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการให้หาคำตอบ และอะไรคือเงื่อนไขที่สถานการณ์กำหนดมาให้ 2) การวางแผนการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการสรุปได้ว่า ข้อมูลใดที่จำเป็นที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ และสามารถการวางแผนการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ เพื่อนำไปใช้หาคำตอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้ 3) การดำเนินการตามแผน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนการแก้ปัญหาที่ได้วางไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง นั่นคือการแก้สมการที่ได้วางแผนไว้จนได้คำตอบที่ถูกต้อง 4) การตรวจสอบย้อนกลับ หมายถึง ความสามารถของนักเรียน

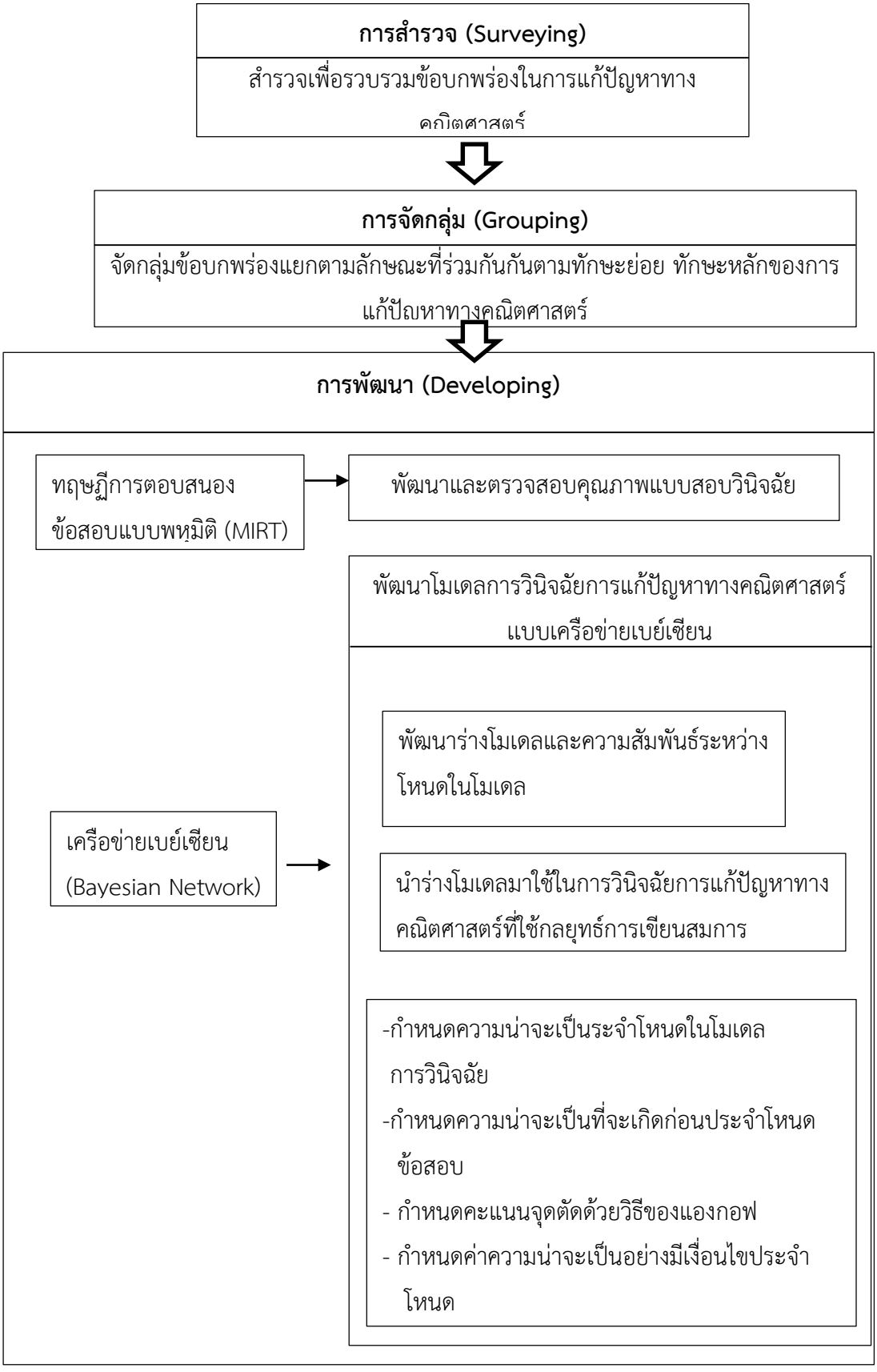
ในการมองย้อนกลับไปที่กระบวนการในการได้มาซึ่งคำตอบว่ามีความถูกต้องหรือผิดพลาดที่ขั้นตอนใดทั้ง 3 ขั้นตอนข้างต้นหรือไม่

การวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีองค์ประกอบสำคัญ คือ โมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน และแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการสร้างโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียนมีเริ่มจากจากการสำรวจ (Surveying) และจัดกลุ่มข้อบกพร่อง (Grouping) แยกตามลักษณะที่ร่วมกันกันตามทักษะย่อย แล้วสร้าง (creating) เป็นโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียนโดยใช้ Netica Applcation ส่วนของแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มี 2 ฉบับ คือ แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา และแบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา วิธีวินิจฉัยดำเนินการโดยการใส่คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคนได้จากการทำแบบสอบวินิจฉัยใส่ที่โหนข้อสอบ (Item node) ของโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน เพื่อให้โปรแกรมทำการวินิจฉัยค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่อง/ไม่บกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนในการพัฒนาวิธีวินิจฉัยการแก้ปัญหาโดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน

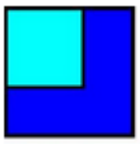
วิธีวินิจฉัยที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้เครือข่ายเบย์เซียน ใช้วินิจฉัยข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนผ่านโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน โดยเฉพาะนำไปใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ ขั้นตอนการพัฒนาวิธีวินิจฉัยแสดงดังแผนภาพต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


การสำรวจ (Surveying)
สำรวจเพื่อรวบรวมข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์
การจัดกลุ่ม (Grouping)
จัดกลุ่มข้อบกพร่องแยกตามลักษณะที่ร่วมกันกันตามทักษะย่อย ทักษะหลักของการ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
การพัฒนา (Developing)
ทฤษฎีการตอบสนอง
ข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT)
พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบสอบวินิจฉัย
พัฒนาโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
แบบเครือข่ายเบย์เซียน
เครือข่ายเบย์เซียน
(Bayesian Network)
พัฒนาร่างโมเดลและความสัมพันธ์ระหว่าง
โหนดในโมเดล
นำร่างโมเดลมาใช้ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ที่ใช้กลยุทธ์การเขียนสมการ
-กำหนดความน่าจะเป็นระจำโหนดในโมเดล
การวินิจฉัย
-กำหนดความน่าจะเป็นที่จะเกิดก่อนประจำโหนด
ข้อสอบ
- กำหนดคะแนนจุดตัดด้วยวิธีของแองกอฟ
- กำหนดค่าความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขประจำ
โหนด

ข้อมูลทั่วไปและการใช้ Application เพื่อการวินิจฉัย

☺ ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ Application



ภาพที่ 1 สัญลักษณ์ของ Netica Application

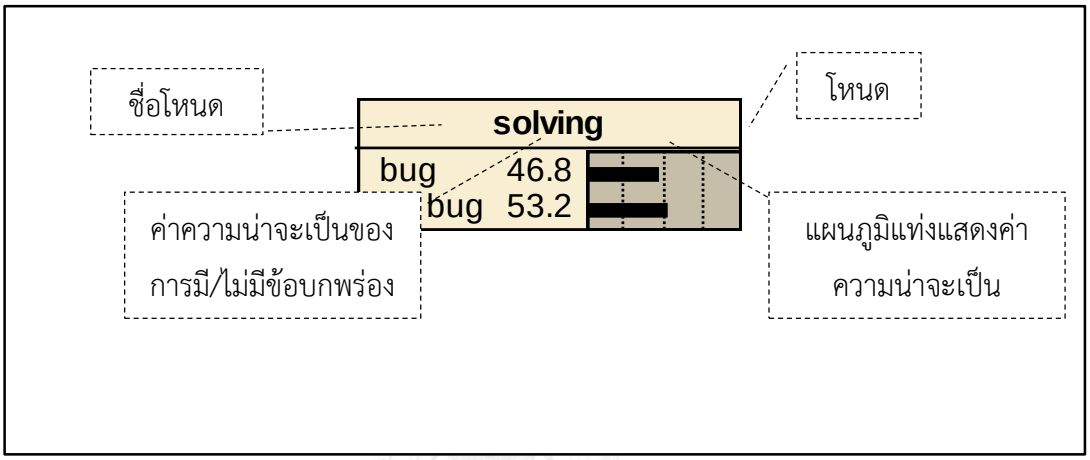
Netica Application เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งพัฒนาขึ้นจากNorsys SOFTWARE CORP. ประเทศแคนาดา ซึ่งทำการพัฒนาซอฟต์แวร์เครือข่ายแบบเบย์ของโลก โดยการออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย เชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพสูง สำหรับการจัดการกับความไม่แน่นอนในการดำเนินธุรกิจด้านวิศวกรรม การแพทย์ นิเวศวิทยา และการศึกษา ถือว่าเป็นเครื่องมือทางเลือกสำหรับหลายบริษัท ชั้นนำของโลก หน่วยงานราชการ ผู้ที่สนใจ และมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย

Netica Application มีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งานด้วยโปรแกรมที่สมบูรณ์สำหรับการทำงานกับ belief networks และมีอิทธิพลต่อแผนภาพความเชื่อ มีการโต้ตอบระหว่างโปรแกรมกับผู้ใช้ ที่ใช้งานง่ายสำหรับการวาดภาพ เครือข่าย (networks) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในเครือข่าย ที่อาจจะเข้ามาในรูปแบบของความน่าจะเป็น หรือจากแฟ้มข้อมูล เมื่อสร้างเครือข่ายขึ้นสิ่งที่อยู่ใน เครือข่าย สามารถย้ายไปยัง เครือข่าย อื่น ๆ ได้โดยการคัดลอก และนำไปวางหรือบันทึกแบบแยกส่วนโดยการสร้างที่เก็บ (libraries) แล้วบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลหรือพิมพ์ออกมา Netica สามารถใช้เครือข่ายในการดำเนินการหลายชนิดเพื่อการอนุมานโดยใช้ขั้นตอนวิธีการที่เร็วและทันสมัย โดยเริ่มต้นจากการสร้างสถานการณ์ (case) ที่เรามีความรู้จำกัดเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น Netica จะช่วยหาความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขสำหรับทุกตัวแปรที่ไม่รู้จักในสถานการณ์นั้นได้อย่างเหมาะสม จะมีการแสดงค่าของความน่าจะเป็นด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันได้ ทั้งกราฟแท่ง และ ไมค์ (meters) แต่ที่นิยมใช้จะเป็นรูปแบบกราฟแท่งในแนวนอน

☺ **ส่วนประกอบ โครงสร้างของโมเดลเครือข่ายการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเบย์เซียน**

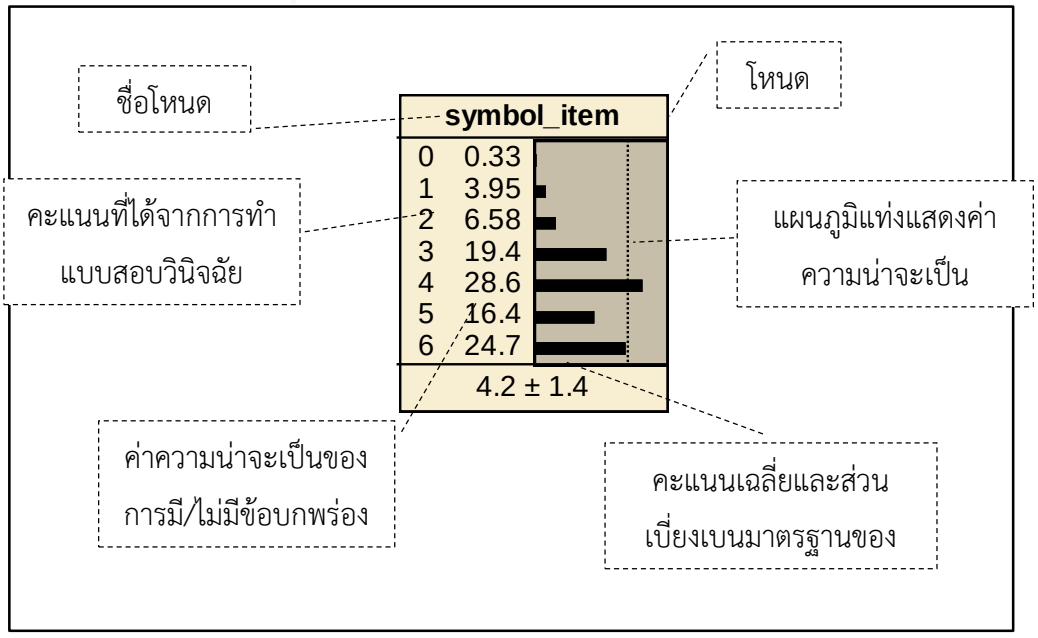
โหนดในโมเดลเครือข่ายแบบเบย์เซียนประกอบด้วย 5 ลักษณะ คือ โหนดข้อสอบ โหนดข้อบกพร่อง โหนดทักษะย่อย โหนดทักษะหลัก และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โหนดทั้ง 5 ลักษณะมีรูปแบบและส่วนประกอบ 2 รูปแบบ ดังรูป

รูปแบบที่ 1 โหนดที่ใช้วินิจฉัย ได้แก่ โหนดข้อบกพร่อง โหนดทักษะย่อย โหนดทักษะหลัก และโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนประกอบที่คล้ายกันดังภาพนี้



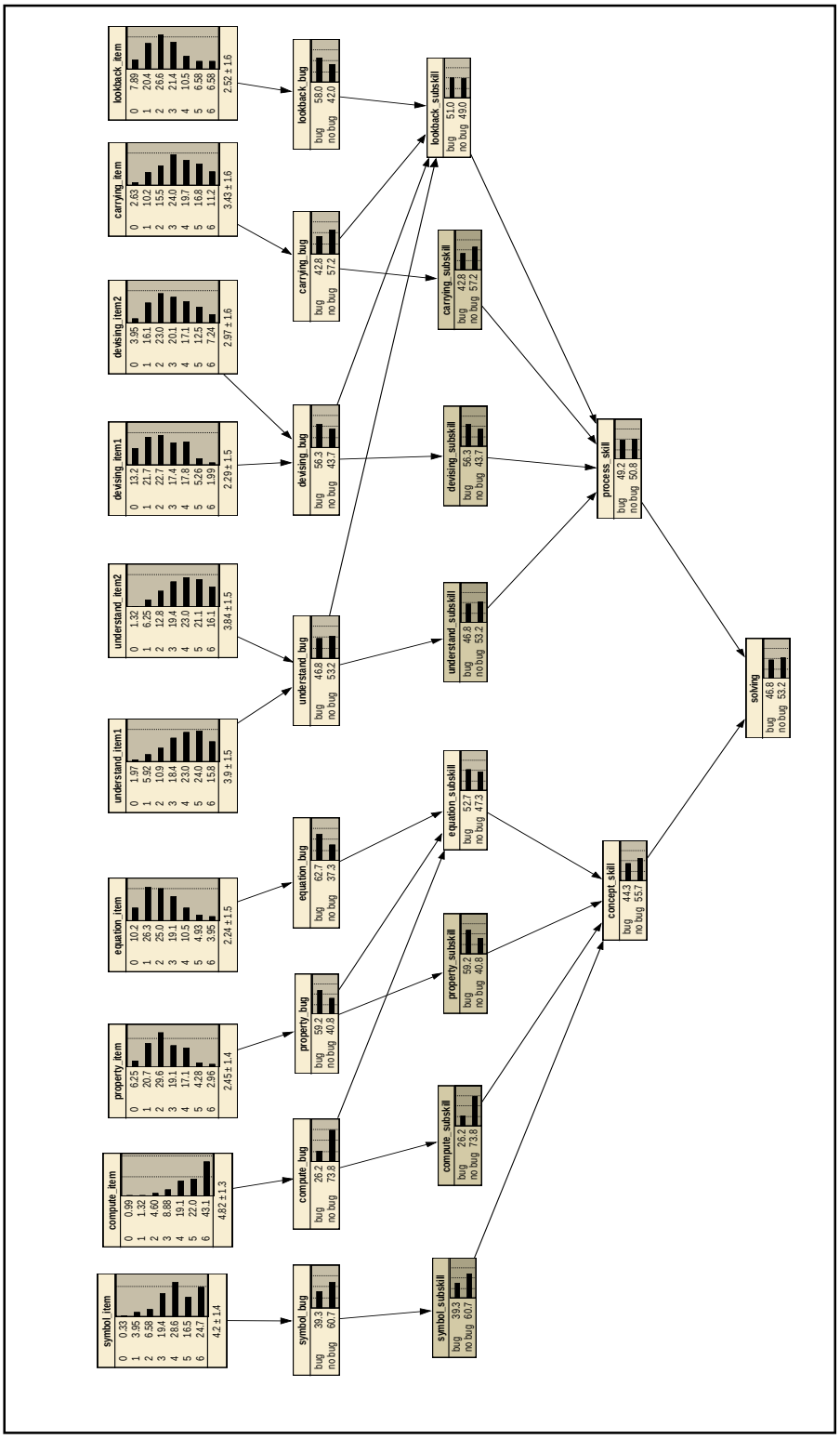
ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของโหนดที่ใช้วินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

รูปแบบที่ 2 โหนดที่ใส่คะแนนสอบ เป็นโหนดที่แสดงความน่าจะเป็นที่เกิดก่อน ได้แก่ โหนดข้อสอบ ซึ่งมีส่วนประกอบที่คล้ายกันดังภาพที่ 3



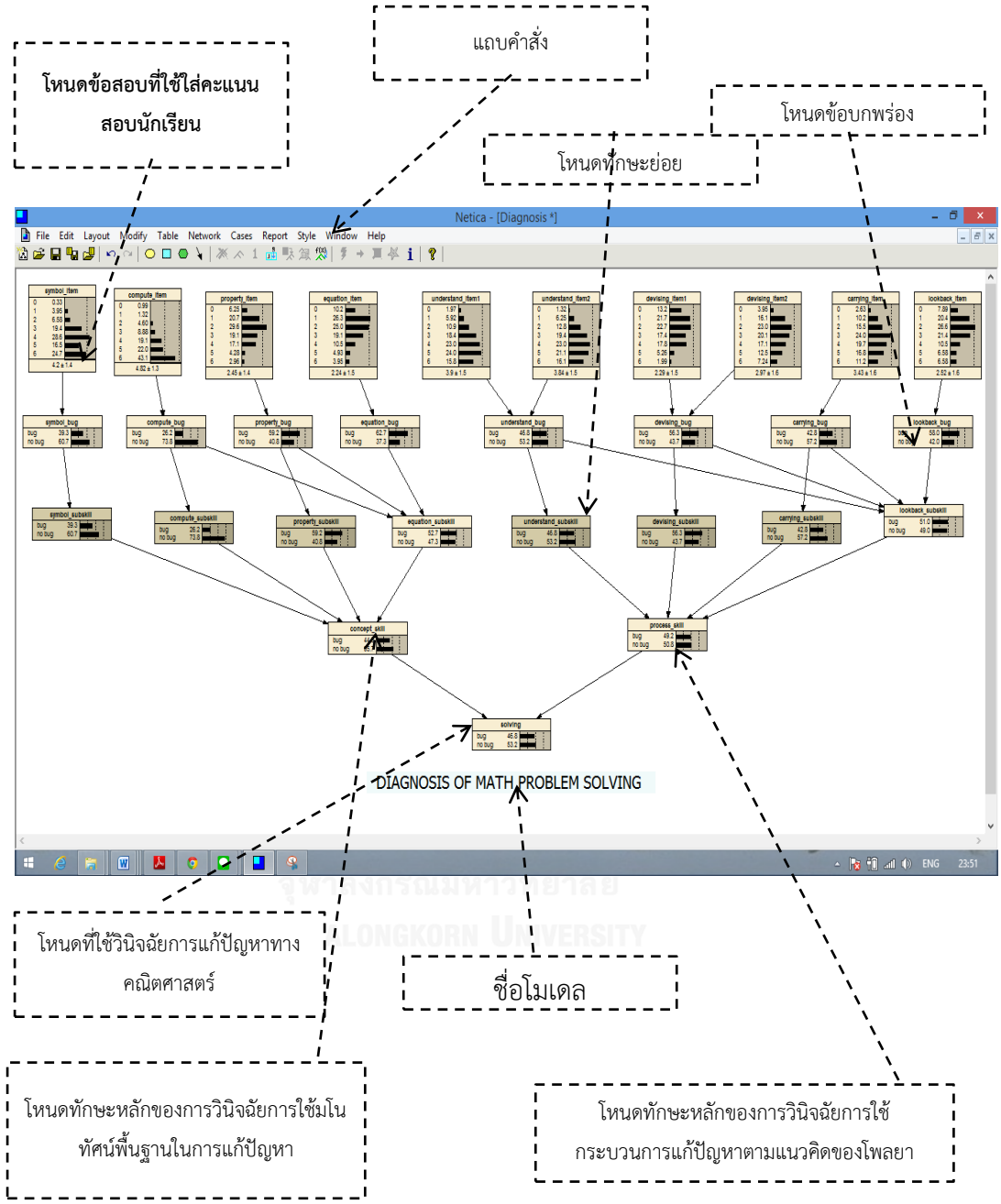
ส่วนประกอบของโหนดข้อสอบ (Item node) ที่ใช้ใส่คะแนนสอบที่ได้

เมื่อนำโหนดทั้ง 5 ลักษณะมาเชื่อมโยงและกำหนดความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขจะได้โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบเครือข่ายเบย์เซียน ที่มีการกำหนดค่าตัวแปรของโหนดด้วยวิธีของนองกอม

ส่วนประกอบของหน้าจอ Netica Application

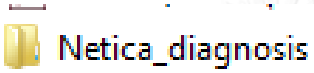


☺ การใช้ Application ในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

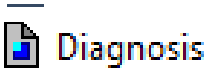
เนื่องจากโปรแกรมที่นำมาใช้ในการวินิจฉัยเป็น Application ดังนั้นสำหรับการใช้งานเครือข่ายเบย์เซียนในการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพียงมีโฟลเดอร์ Netica ซึ่งประกอบด้วยไฟล์ Diagnostic ซึ่งมีขนาดไฟล์ 4.00 KB (4,096 bytes) และเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีระบบปฏิบัติการ Window up ขึ้นไป ก็สามารถใช้โปรแกรมเพื่อการวินิจฉัยได้

1. การเรียกใช้ Application

การเรียกใช้งานโปรแกรมเพียงแค่เปิดเป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บข้อมูล (USB flash drive) เลือกโฟลเดอร์ Netica_diagnosis แล้วดับเบิ้ลคลิกเลือกไฟล์ที่ชื่อ Diagnosis การสามารถเปิดใช้งานได้ (โดยไม่ต้องลงโปรแกรมเพิ่มเติม)



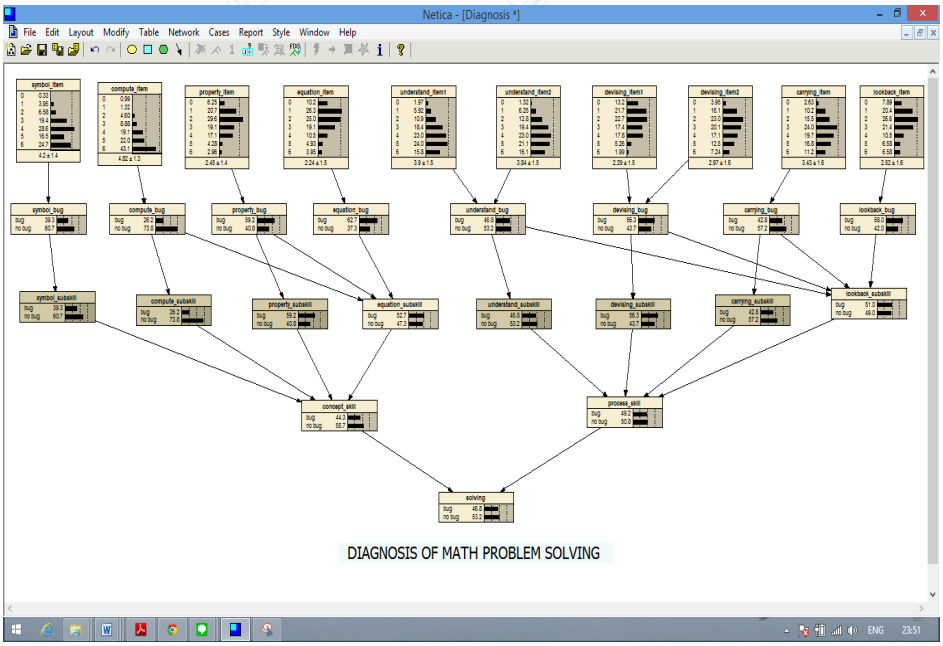
(1)



(2)

2. ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

1. เปิด Application Diagnosis จะพบโมเดลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาแบบเครือข่ายเบย์เซียน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 หน้าต่างเริ่มต้นเมื่อเปิด Application

2. นำคะแนนสอบจากแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับของนักเรียนแต่ละคน ใส่ลงในโหนดข้อสอบ (Item nodes) ซึ่งเป็นโหนดที่อยู่บนสุดของโมเดล ซึ่งการใส่คะแนนมีรายละเอียดดังนี้

2.1) การใส่คะแนนจากแบบสอบฉบับที่ 1 (แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา) ให้นำคะแนนรวม (0 ถึง 6) ใส่ให้ตรงกับโหนดที่ระบุในตารางด้านล่างนี้

รวมคะแนนข้อสอบตอนที่	โหนดสำหรับใส่คะแนน
1. การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยค	symbol_item
2. การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการคำนวณ	compute_item
3. การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการใช้สมบัติของการเท่ากัน	property_item
4. การวินิจฉัยเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบของสมการ	equation_item

2.2) การใส่คะแนนจากแบบสอบฉบับที่ 2 (แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา) ให้นำคะแนนรวม (0 ถึง 6) ใส่ให้ตรงกับโหนดที่ระบุในตารางด้านล่างนี้

รวมคะแนนข้อสอบข้อที่	โหนดสำหรับใส่คะแนน
1.1 , 2.1 , 3.1 , 4.1 , 5.1 , 6.1	understand_item1
1.2 , 2.2 , 3.2 , 4.2 , 5.2 , 6.2	understand_item2
1.3 , 2.3 , 3.3 , 4.3 , 5.3 , 6.3	devising_item1
1.4 , 2.4 , 3.4 , 4.4 , 5.4 , 6.4	devising_item1
1.5 , 2.5 , 3.5 , 4.5 , 5.5 , 6.5	carrying_item
1.6 , 2.6 , 3.6 , 4.6 , 5.6 , 6.6	lookback_item

3. พิจารณาค่าความน่าจะเป็นที่นักเรียนมีโอกาสจะบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากโหนดการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (solving) แล้วแปลผลโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

4. เมื่อต้องการวินิจฉัยนักเรียนคนต่อไปให้กดปุ่ม Remove Case (Findings) เพื่อเริ่มการวินิจฉัย

☺ การแปลผลที่ได้จากการวินิจฉัย

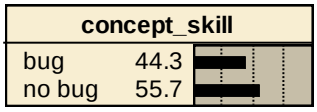
เมื่อนำคะแนนสอบใส่ลงในโหนดข้อสอบแล้วการแปลผลที่ได้ให้**พิจารณาจากค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่นักเรียนจะมีข้อบกพร่อง (bug)** ในโหนดต่าง ๆ เริ่มพิจารณาจากโหนดการวินิจฉัยแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรียงลำดับตามในตารางด้านล่างนี้ ถ้าโมเดลวินิจฉัยได้ค่าร้อยละของความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่อง (bug) มากกว่าค่าความน่าจะเป็นที่ใช้เป็นเกณฑ์การมีข้อบกพร่องจะแปลผลได้ว่านักเรียนมีข้อสอบพร่องในโหนดนั้นจากการนิจฉุยมีเกณฑ์ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงการแปลผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน

โหนด
solving bug 46.8 no bug 53.2 bug ≥ 46.8 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

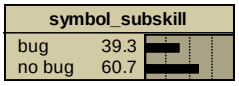
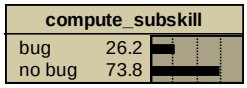
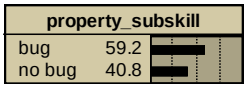
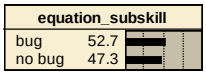
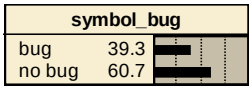
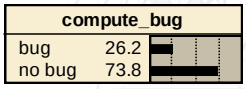
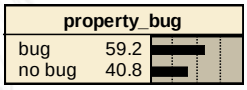
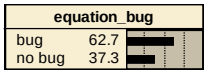
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางแสดงการแปลผลการวินิจฉัยทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



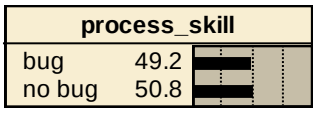
bug ≥ 44.3

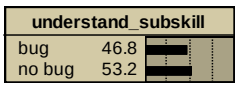
แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

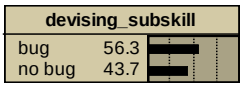
			
bug ≥ 39.3 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์	bug ≥ 26.2 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการคำนวณ	bug ≥ 59.2 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน	bug ≥ 52.7 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการแก้สมการ
			
bug ≥ 39.3 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์	bug ≥ 26.2 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการคำนวณ	bug ≥ 59.2 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน	bug ≥ 62.7 แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการแก้สมการ

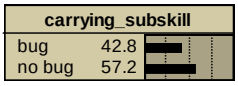
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

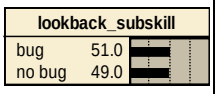
ตารางแสดงการแปลผลการวินิจฉัยทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

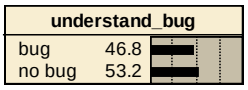
<table>
<tr><td colspan="4"> 

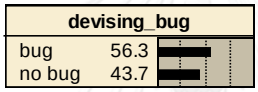
bug ≥ 49.2
แสดงถึง นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา</td></tr>
<tr><td> 

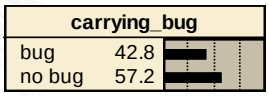
bug ≥ 46.8
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการทำความเข้าใจปัญหา</td><td> 

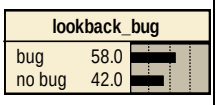
bug ≥ 56.3
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา</td><td> 

bug ≥ 42.8
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา</td><td> 

bug ≥ 51.0
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ</td></tr>
<tr><td> 

bug ≥ 46.8
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา</td><td> 

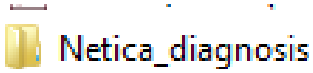
bug ≥ 56.3
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหา</td><td> 

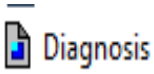
bug ≥ 42.8
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา</td><td> 

bug ≥ 58.0
แสดงถึง
นักเรียนมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ</td></tr>
</table>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปขั้นตอนการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้ Netica Application

1. เปิดการทำงาน 

แล้วเลือก 

2. ใส่คะแนนสอบที่ได้ในโหนดข้อสอบ ทั้ง 10 โหนด คือ

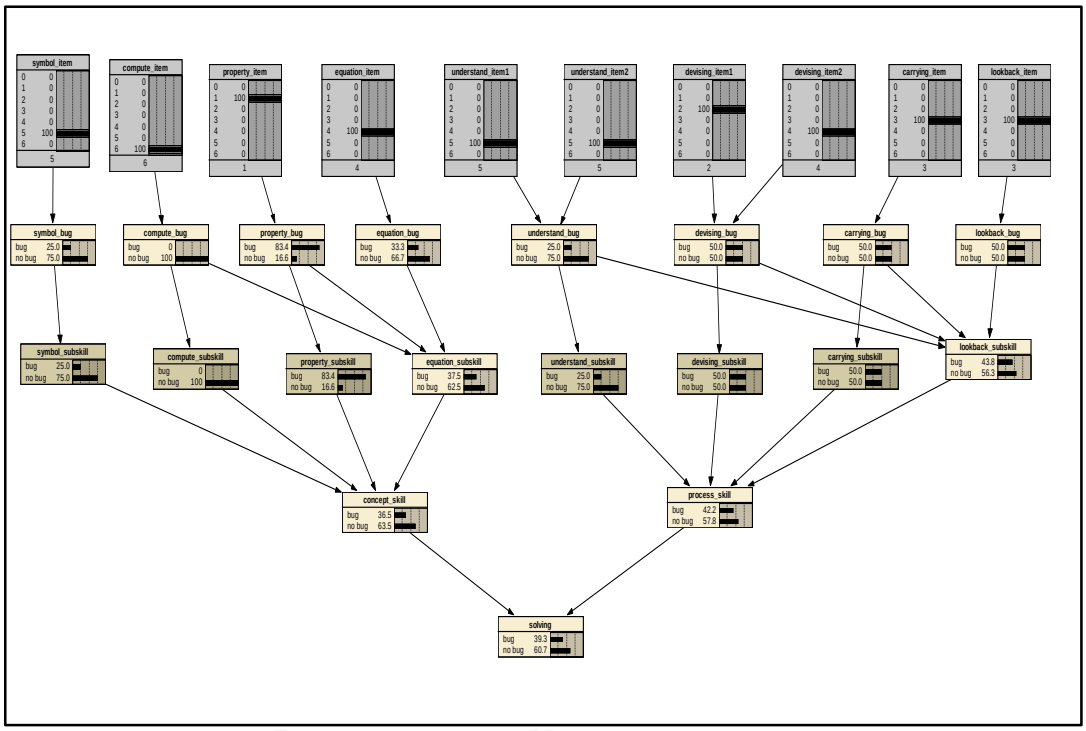
Symbol Item : compute_item : property_item : equation Item : understand_item1 : understand_item2 : devising_item1 : devising_item2 : carrying_item :lookback_Item

3. แปลผลโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

4. กลับไปเริ่มต้นวินิจฉัยคนต่อไป

ตัวอย่างการวินิจฉัยและการแปลผลการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ Application

เครือข่ายเบย์เซียนที่แสดงการวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ เด็กหญิงกนกอร รักเรียน



Chulalongkorn University

เด็กหญิงกนกอร รักเรียน ได้คะแนนจากแบบสอบวินิจฉัยดังนี้

คะแนนสอบที่ได้จาก ฉบับที่ 1 แบบสอบวินิจฉัยการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา

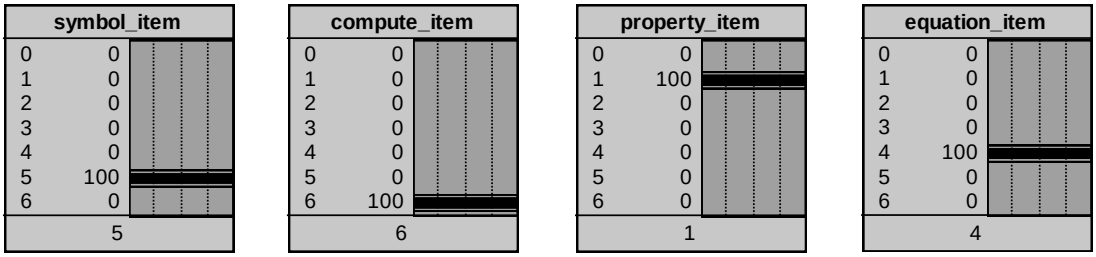
ตอนที่	ข้อที่	ได้คะแนน	รวม	ตอนที่	ข้อที่	ได้คะแนน	รวม
1	1	1	5 (นำไปใส่ใน symbol_Item)	3	13	1	1 (นำไปใส่ใน compute_Item)
	2	0			14	0	
	3	1			15	0	
	4	1			16	0	
	5	1			17	0	
	6	1			18	0	
2	7	1	6 (นำไปใส่ใน property_Item)	4	19	1	4 (นำไปใส่ใน equation_Item)
	8	1			20	1	
	9	1			21	0	
	10	1			22	1	
	11	1			23	1	
	12	1			24	0	

การใส่คะแนนลงในโหนดข้อสอบ ให้กรอกคะแนนดังนี้

Symbol_Item : 5 **compute_item : 6**

property_item : 1 **equation_Item : 4**

ซึ่งจะปรากฏผลดังรูป (สังเกตว่าสีของโหนดจะเปลี่ยนไป และตัวเลขด้านล่างจะแสดงคะแนนที่ได้)



เด็กหญิงกนกอร รักเรียน ได้คะแนนจากแบบสอบวินิจฉัยดังนี้

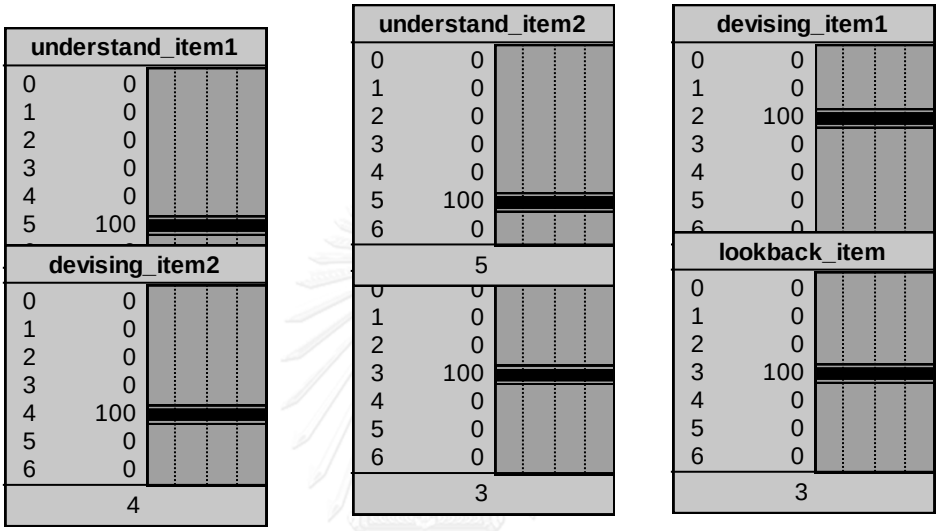
คะแนนสอบที่ได้จาก ฉบับที่ 2 แบบสอบวินิจฉัยการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา

สถานการณ์ที่	ข้อที่	คะแนนที่ได้	สถานการณ์ที่	ข้อที่	คะแนนที่ได้
1	1.1	1	4	4.1	1
	1.2	1		4.2	1
	1.3	0		4.3	1
	1.4	1		4.4	1
	1.5	1		4.5	0
	1.6	0		4.6	0
2	2.1	0	5	5.1	1
	2.2	1		5.2	1
	2.3	0		5.3	0
	2.4	1		5.4	0
	2.5	1		5.5	0
	2.6	1		5.6	1
3	3.1	1	6	6.1	1
	3.2	1		6.2	0
	3.3	1		6.3	0
	3.4	0		6.4	1
	3.5	1		6.5	0
	3.6	1		6.6	0
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.1 , 2.1 , 3.1 , 4.1 , 5.1 , 6.1 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน understand_Item1)					5
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.2 , 2.2 , 3.2 , 4.2 , 5.2 , 6.2 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน understand_Item2)					5
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.3 , 2.3 , 3.3 , 4.3 , 5.3 , 6.3 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน devising_Item1)					2
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.4 , 2.4 , 3.4 , 4.4 , 5.4 , 6.4 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน devising_Item1)					4
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.5 , 2.5 , 3.5 , 4.5 , 5.5 , 6.5 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน carrying_Item)					3
รวมคะแนนสำหรับข้อที่ 1.6 , 2.6 , 3.6 , 4.6 , 5.6 , 6.6 (นำคะแนนรวมไปใส่ใน lookback_Item)					3

การใส่คะแนนลงในโหนดข้อสอบ ให้กรอกคะแนนดังนี้

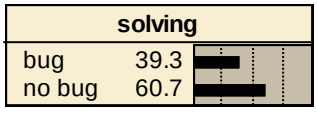
understand_item1 : 5	understand_item2 : 5
devising_item1 : 2	devising_item2 : 4
carrying_item : 3	lookback_Item : 3

ซึ่งจะปรากฏผลดังรูป (สังเกตว่าสีของโหนดจะเปลี่ยนไป และตัวเลขด้านล่างจะแสดงคะแนนที่ได้)



ตารางแสดงการแปลผลที่ได้จากการวินิจฉัยด้วยโมเดลการวินิจฉัยแบบเครือข่ายเบย์เซียน ของเด็กหญิงกนกอร

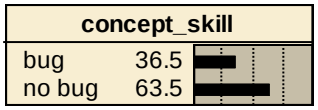
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

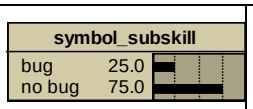
โหนด


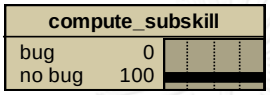
bug $\leq$ 46.8

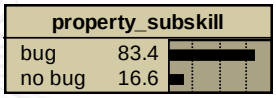
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

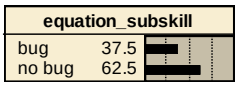
ตารางแสดงการแปลผลการวินิจฉัยทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเด็กหญิงกนกอร

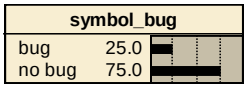
<table>
<tr><td colspan="4"> 

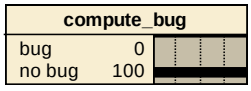
bug ≤ 49.2
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการใช้มโนทัศน์พื้นฐานในการแก้ปัญหา</td></tr>
<tr><td> 

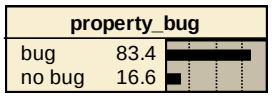
bug ≤ 39.3
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์</td><td> 

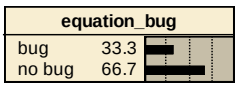
bug ≤ 26.2
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการคำนวณ</td><td> 

bug ≥ 59.2
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการใช้ สมบัติของการเท่ากัน</td><td> 

bug ≤ 52.7
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการแก้สมการ</td></tr>
<tr><td> 

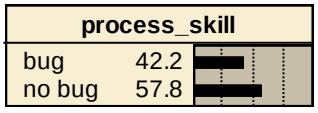
bug ≤ 39.3
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์</td><td> 

bug ≤ 26.2
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการคำนวณ</td><td> 

bug ≥ 59.2
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะมีข้อบกพร่องในการใช้สมบัติของการเท่ากัน</td><td> 

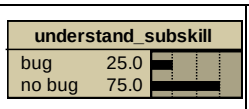
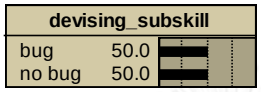
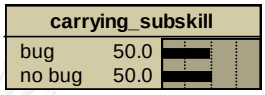
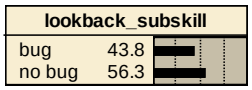
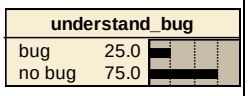
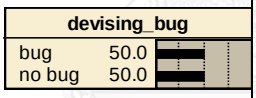
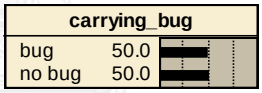
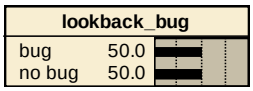
bug ≤ 62.7
แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็น ที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการแก้สมการ</td></tr>
</table>

ตารางแสดงการแปลผลการวินิจฉัยทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ของเด็กหญิงกนกอร



bug ≤ 46.8

แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการใช้กระบวนการแก้ปัญหา

			
bug ≤ 46.8 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการทำความเข้าใจปัญหา	bug ≤ 56.3 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการวางแผนการแก้ปัญหา	bug ≥ 42.8 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในทักษะการดำเนินการตามแผน	bug ≤ 51.0 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในทักษะการตรวจสอบย้อนกลับ
			
bug ≤ 46.8 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการทำความเข้าใจปัญหา	bug ≤ 56.3 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการวางแผนการแก้ปัญหา	bug ≥ 42.8 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะมีข้อบกพร่องในการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา	bug ≤ 58.0 แสดงถึง กนกอรมีความน่าจะเป็นที่จะไม่มีข้อบกพร่องในการตรวจสอบย้อนกลับ

สรุปผลได้ว่า

เด็กหญิงกนกอรไม่มีข้อบกพร่องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่อาจมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือมีข้อบกพร่องที่จะแก้ไขเพื่อให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยการเพิ่มเติมซ่อมเสริมในทักษะการใช้สมบัติของการเท่ากัน และกระบวนการการดำเนินการตามแผนการแก้ปัญหา

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์คุณภาพแบบสอบวินิจฉัยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากโปรแกรม IRT Pro

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

IRTPRO Version 2.1

Output generated by IRTPRO estimation engine Version 4.54 (32-bit)

Project:	Unidimentional Problem solving
Description:	Unidimentional Problem solving
Date:	22 March 2015
Time:	09:11 PM

2PL Model Item Parameter Estimates for Group 1, logit: $a\boldsymbol{\theta} + c$ or $a(\boldsymbol{\theta} - b)$ (Back to TOC)

Item	Label	*a*	*s.e.*	*c*	*s.e.*	*b*	*s.e.*
1	sysbol_1	[2] 1.34	0.44	[1] 3.49	0.45	-2.60	0.63
2	sysbol_2	[4] 1.15	0.22	[3] 1.22	0.17	-1.06	0.18
3	sysbol_3	[6] 0.64	0.15	[5] 0.16	0.12	-0.25	0.20
4	sysbol_4	[8] 0.98	0.17	[7] -0.62	0.14	0.64	0.17
5	sysbol_5	[10] 0.93	0.20	[9] 1.22	0.16	-1.31	0.25
6	sysbol_6	[12] 1.21	0.32	[11] 2.59	0.30	-2.14	0.42
7	compute_1	[14] 1.01	0.29	[13] 2.43	0.26	-2.41	0.55
8	compute_2	[16] 0.44	0.22	[15] 2.04	0.19	-4.68	2.22
9	compute_3	[18] 0.89	0.19	[17] 1.05	0.15	-1.19	0.24
10	compute_4	[20] 1.07	0.29	[19] 2.46	0.27	-2.31	0.50
11	compute_5	[22] 0.72	0.20	[21] 1.54	0.17	-2.15	0.54
12	compute_6	[24] 0.89	0.18	[23] 0.73	0.14	-0.82	0.19
13	propaties_1	[26] 0.58	0.15	[25] 0.69	0.13	-1.19	0.34
14	propaties_2	[28] 0.51	0.14	[27] 0.23	0.12	-0.45	0.25
15	propaties_3	[30] 0.50	0.13	[29] -0.27	0.12	0.55	0.28
16	propaties_4	[32] 0.72	0.16	[31] -1.82	0.18	2.51	0.53
17	propaties_5	[34] 0.47	0.13	[33] -0.41	0.12	0.89	0.35
18	propaties_6	[36] 0.31	0.14	[35] -1.16	0.14	3.73	1.64
19	equation_1	[38] 0.63	0.14	[37] 0.02	0.12	-0.03	0.20
20	equation_2	[40] 0.86	0.16	[39] -0.22	0.13	0.25	0.16
21	equation_3	[42] 0.60	0.14	[41] -0.44	0.12	0.73	0.26
22	equation_4	[44] 0.14	0.13	[43] -0.66	0.12	4.64	4.18
23	equation_5	[46] 0.51	0.14	[45] -0.76	0.13	1.50	0.45
24	equation_6	[48] 0.35	0.14	[47] -1.26	0.14	3.62	1.44
25	under_1.1	[50] 0.61	0.14	[49] 0.13	0.12	-0.21	0.20
26	under_1.2	[52] 1.88	0.38	[51] 2.60	0.36	-1.38	0.17
27	devise_1.1	[54] 1.62	0.24	[53] 0.33	0.17	-0.21	0.10
28	devise_1.2	[56] 1.04	0.18	[55] 0.56	0.15	-0.53	0.14
29	carrying_1	[58] 1.80	0.29	[57] 1.38	0.23	-0.77	0.10

30	looking_1	[60]	1.40	0.23	[59]	-2.38	0.25	1.70	0.23
31	under_2.1	[62]	1.39	0.22	[61]	0.70	0.17	-0.50	0.11
32	under_2.2	[64]	0.88	0.17	[63]	0.60	0.14	-0.68	0.17
33	devise_2.1	[66]	1.60	0.24	[65]	0.31	0.17	-0.19	0.10
34	devise_2.2	[68]	0.93	0.17	[67]	0.25	0.14	-0.27	0.14
35	carrying_2	[70]	2.57	0.45	[69]	2.57	0.39	-1.00	0.10
36	looking_2	[72]	1.39	0.23	[71]	0.79	0.17	-0.57	0.11
37	under_3.1	[74]	1.09	0.23	[73]	1.59	0.20	-1.45	0.25
38	under_3.2	[76]	1.07	0.21	[75]	1.12	0.17	-1.04	0.18
39	devise_3.1	[78]	1.72	0.24	[77]	-0.26	0.17	0.15	0.10
40	devise_3.2	[80]	0.99	0.17	[79]	-0.12	0.13	0.12	0.14
41	carrying_3	[82]	1.39	0.24	[81]	1.06	0.18	-0.77	0.12
42	looking_3	[84]	1.21	0.19	[83]	0.26	0.15	-0.21	0.12
43	under_4.1	[86]	1.33	0.24	[85]	1.34	0.20	-1.01	0.15
44	under_4.2	[88]	0.93	0.18	[87]	0.61	0.14	-0.66	0.16
45	devise_4.1	[90]	0.70	0.15	[89]	-0.32	0.13	0.46	0.20
46	devise_4.2	[92]	1.09	0.19	[91]	0.60	0.15	-0.54	0.13
47	carrying_4	[94]	1.25	0.19	[93]	-0.51	0.15	0.41	0.13
48	looking_4	[96]	0.58	0.14	[95]	-0.63	0.12	1.09	0.32
49	under_5.1	[98]	1.61	0.28	[97]	1.27	0.22	-0.79	0.11
50	under_5.2	[100]	1.02	0.19	[99]	0.71	0.15	-0.70	0.15
51	devise_5.1	[102]	1.19	0.31	[101]	-4.28	0.53	3.60	0.70
52	devise_5.2	[104]	0.86	0.16	[103]	-1.44	0.16	1.67	0.31
53	carrying_5	[106]	0.55	0.14	[105]	-0.17	0.12	0.32	0.23
54	looking_5	[108]	0.67	0.14	[107]	-0.32	0.13	0.48	0.21
55	under_6.1	[110]	0.36	0.13	[109]	0.17	0.12	-0.46	0.35
56	under_6.2	[112]	1.14	0.18	[111]	-0.47	0.14	0.41	0.14
57	devise_6.1	[114]	0.86	0.16	[113]	-0.22	0.13	0.25	0.16
58	devise_6.2	[116]	0.53	0.14	[115]	0.09	0.12	-0.17	0.23
59	carrying_6	[118]	0.73	0.15	[117]	-0.44	0.13	0.60	0.21
60	looking_6	[120]	0.58	0.14	[119]	-0.77	0.13	1.33	0.36

Factor Loadings for Group 1 (Back to TOC)

Item	Label	λ_1	*s.e.*
1	sysbol_1	0.62	0.21
2	sysbol_2	0.56	0.12
3	sysbol_3	0.35	0.12
4	sysbol_4	0.50	0.11
5	sysbol_5	0.48	0.13
6	sysbol_6	0.58	0.17
7	compute_1	0.51	0.18
8	compute_2	0.25	0.20
9	compute_3	0.46	0.13
10	compute_4	0.53	0.18
11	compute_5	0.39	0.16
12	compute_6	0.47	0.12
13	propaties_1	0.32	0.13
14	propaties_2	0.29	0.12
15	propaties_3	0.28	0.12
16	propaties_4	0.39	0.13
17	propaties_5	0.27	0.12
18	propaties_6	0.18	0.13
19	equation_1	0.35	0.12
20	equation_2	0.45	0.11
21	equation_3	0.33	0.12
22	equation_4	0.08	0.12
23	equation_5	0.29	0.12
24	equation_6	0.20	0.13
25	under_1.1	0.34	0.12
26	under_1.2	0.74	0.12
27	devise_1.1	0.69	0.09
28	devise_1.2	0.52	0.11
29	carrying_1	0.73	0.09
30	looking_1	0.64	0.11
31	under_2.1	0.63	0.10
32	under_2.2	0.46	0.12
33	devise_2.1	0.68	0.09
34	devise_2.2	0.48	0.11
35	carrying_2	0.83	0.08
36	looking_2	0.63	0.10
37	under_3.1	0.54	0.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

38	under_3.2	0.53	0.12
39	devise_3.1	0.71	0.08
40	devise_3.2	0.50	0.11
41	carrying_3	0.63	0.11
42	looking_3	0.58	0.11
43	under_4.1	0.62	0.12
44	under_4.2	0.48	0.12
45	devise_4.1	0.38	0.11
46	devise_4.2	0.54	0.11
47	carrying_4	0.59	0.10
48	looking_4	0.32	0.12
49	under_5.1	0.69	0.11
50	under_5.2	0.51	0.12
51	devise_5.1	0.57	0.17
52	devise_5.2	0.45	0.12
53	carrying_5	0.31	0.12
54	looking_5	0.37	0.12
55	under_6.1	0.21	0.12
56	under_6.2	0.56	0.10
57	devise_6.1	0.45	0.11
58	devise_6.2	0.30	0.12
59	carrying_6	0.40	0.11
60	looking_6	0.32	0.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Summed-Score Based Item Diagnostic Tables and X^2s for Group 1 (Back to TOC)

S-X^2 Item Level Diagnostic Statistics

Item	Label	X^2	*d.f.*	Probability
1	sysbol_1	9.79	9	0.3694
2	sysbol_2	30.75	25	0.1970
3	sysbol_3	42.34	29	0.0522
4	sysbol_4	25.53	29	0.6514
5	sysbol_5	22.60	26	0.6566
6	sysbol_6	15.35	16	0.5006
7	compute_1	23.31	19	0.2232
8	compute_2	25.99	21	0.2063
9	compute_3	27.35	27	0.4467
10	compute_4	11.99	18	0.8483
11	compute_5	22.08	26	0.6853
12	compute_6	28.27	28	0.4517
13	propaties_1	34.94	29	0.2059
14	propaties_2	33.37	31	0.3519
15	propaties_3	32.24	32	0.4564
16	propaties_4	20.58	25	0.7164
17	propaties_5	29.15	34	0.7051
18	propaties_6	42.74	31	0.0779
19	equation_1	22.29	31	0.8741
20	equation_2	30.35	31	0.5004
21	equation_3	37.99	33	0.2517
22	equation_4	54.64	35	0.0183
23	equation_5	33.74	32	0.3847
24	equation_6	35.54	29	0.1869
25	under_1.1	50.48	31	0.0150
26	under_1.2	18.77	19	0.4730
27	devise_1.1	29.15	25	0.2568
28	devise_1.2	22.22	27	0.7268
29	carrying_1	38.20	21	0.0122
30	looking_1	33.22	21	0.0437
31	under_2.1	26.66	25	0.3750
32	under_2.2	39.76	27	0.0539
33	devise_2.1	27.64	25	0.3237
34	devise_2.2	26.39	28	0.5527
35	carrying_2	18.86	17	0.3383

36	looking_2	26.31	25	0.3928
37	under_3.1	45.87	22	0.0020
38	under_3.2	39.45	27	0.0574
39	devise_3.1	37.66	24	0.0374
40	devise_3.2	27.16	29	0.5642
41	carrying_3	23.67	24	0.4818
42	looking_3	26.19	26	0.4543
43	under_4.1	27.74	23	0.2252
44	under_4.2	27.13	28	0.5123
45	devise_4.1	36.52	31	0.2268
46	devise_4.2	31.37	27	0.2555
47	carrying_4	31.95	26	0.1943
48	looking_4	46.25	32	0.0493
49	under_5.1	38.32	23	0.0234
50	under_5.2	36.29	27	0.1088
51	devise_5.1	9.57	6	0.1435
52	devise_5.2	40.18	26	0.0373
53	carrying_5	45.73	30	0.0329
54	looking_5	36.65	31	0.2226
55	under_6.1	36.25	31	0.2364
56	under_6.2	33.14	29	0.2715
57	devise_6.1	31.16	29	0.3570
58	devise_6.2	43.04	31	0.0735
59	carrying_6	60.40	31	0.0012
60	looking_6	32.15	30	0.3597

Likelihood-based Values and Goodness of Fit Statistics (Back to TOC)

Statistics based on the loglikelihood	
-2loglikelihood:	20032.43
Akaike Information Criterion (AIC):	20272.43
Bayesian Information Criterion (BIC):	20718.48

Statistics based on the full item x item x ... classification
The table is too sparse to compute the general multinomial goodness of fit statistics.

Statistics based on one- and two-way marginal tables
The M_2 statistics could not be computed. The one- and two-way marginal tables are too large.

Summary of the Data and Control Parameters (Back to TOC)

Sample Size	304
Number of Items	60
Number of Dimensions	1

Item	Label	Categories	Model
1	sysbol_1	2	2PL
2	sysbol_2	2	2PL
3	sysbol_3	2	2PL
4	sysbol_4	2	2PL
5	sysbol_5	2	2PL
6	sysbol_6	2	2PL
7	compute_1	2	2PL
8	compute_2	2	2PL
9	compute_3	2	2PL
10	compute_4	2	2PL
11	compute_5	2	2PL
12	compute_6	2	2PL
13	propaties_1	2	2PL
14	propaties_2	2	2PL
15	propaties_3	2	2PL
16	propaties_4	2	2PL
17	propaties_5	2	2PL
18	propaties_6	2	2PL
19	equation_1	2	2PL
20	equation_2	2	2PL
21	equation_3	2	2PL
22	equation_4	2	2PL
23	equation_5	2	2PL
24	equation_6	2	2PL
25	under_1.1	2	2PL
26	under_1.2	2	2PL
27	devise_1.1	2	2PL

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

28	devise_1.2	2	2PL
29	carrying_1	2	2PL
30	looking_1	2	2PL
31	under_2.1	2	2PL
32	under_2.2	2	2PL
33	devise_2.1	2	2PL
34	devise_2.2	2	2PL
35	carrying_2	2	2PL
36	looking_2	2	2PL
37	under_3.1	2	2PL
38	under_3.2	2	2PL
39	devise_3.1	2	2PL
40	devise_3.2	2	2PL
41	carrying_3	2	2PL
42	looking_3	2	2PL
43	under_4.1	2	2PL
44	under_4.2	2	2PL
45	devise_4.1	2	2PL
46	devise_4.2	2	2PL
47	carrying_4	2	2PL
48	looking_4	2	2PL
49	under_5.1	2	2PL
50	under_5.2	2	2PL
51	devise_5.1	2	2PL
52	devise_5.2	2	2PL
53	carrying_5	2	2PL
54	looking_5	2	2PL
55	under_6.1	2	2PL
56	under_6.2	2	2PL
57	devise_6.1	2	2PL
58	devise_6.2	2	2PL
59	carrying_6	2	2PL
60	looking_6	2	2PL

Parameter Estimation Control Values

Bock-Aitkin EM Algorithm		
Maximum number of cycles:	500	
Convergence criterion:	1.00e-005	
Maximum number of M-step iterations:	50	

Convergence criterion for iterative M-steps:	1.00e-006	
Number of rectangular quadrature points:	49	
Minimum, Maximum quadrature points:	-6.00	6.00
SEM algorithm tolerance:	1.00e-003	
Standard error computation algorithm:	Supplemented EM	

Miscellaneous Control Values

Print parameter numbers?	Yes
Z tolerance, max. abs. logit value:	50.00
Number of processor cores used:	4
Number of cycles completed:	90
Maximum parameter change:	0.00e+000
Number of free parameters:	120

Processing times (in seconds)

E-step computations:	0.22
M-step computations:	0.21
Standard error computations:	5.04
Goodness-of-fit statistics:	0.26
Total:	5.73

Output Files

HTML results and control parameters:	C:\Users\DATA\Desktop\PB6.multidimention-irt.htm

Convergence and Numerical Stability

Engine status:	Normal termination
SEM algorithm status:	Not fully converged; caution is advised
First-order test:	Convergence criteria satisfied
Condition number of information matrix:	3.11e+001
Second-order test:	Solution is a possible local maximum

Chulalongkorn University

IRTPRO Version 2.1

Output generated by IRTPRO estimation engine Version 4.54 (32-bit)

Project:	Multidimentional Problem solving
Description:	Multidimentional Problem solving
Date:	22 March 2015
Time:	09:26 PM

2PL Model Item Parameter Estimates for Group 1, logit: a$\boldsymbol{\theta}$ + *c* (Back to TOC)

Item	Label	a_1		*s.e.*	a_2		*s.e.*	*c*		*s.e.*
1	sysbol_1	2	2.21	0.69		0.00	-----	1	4.37	0.83
2	sysbol_2	4	1.67	0.30		0.00	-----	3	1.44	0.23
3	sysbol_3	6	0.59	0.15		0.00	-----	5	0.15	0.12
4	sysbol_4	8	1.47	0.24		0.00	-----	7	-0.70	0.17
5	sysbol_5	10	1.18	0.23		0.00	-----	9	1.31	0.19
6	sysbol_6	12	2.23	0.57		0.00	-----	11	3.43	0.60
7	compute_1	14	1.40	0.35		0.00	-----	13	2.70	0.35
8	compute_2	16	1.07	0.28		0.00	-----	15	2.33	0.27
9	compute_3	18	1.96	0.37		0.00	-----	17	1.48	0.28
10	compute_4	20	1.11	0.31		0.00	-----	19	2.50	0.29
11	compute_5	22	1.05	0.24		0.00	-----	21	1.69	0.21
12	compute_6	24	1.88	0.34		0.00	-----	23	1.02	0.23
13	propaties_1	26	0.69	0.17		0.00	-----	25	0.71	0.14
14	propaties_2	28	0.62	0.16		0.00	-----	27	0.24	0.13
15	propaties_3	30	0.50	0.14		0.00	-----	29	-0.28	0.12
16	propaties_4	32	0.83	0.19		0.00	-----	31	-1.86	0.19
17	propaties_5	34	0.63	0.15		0.00	-----	33	-0.43	0.13
18	propaties_6	36	0.35	0.15		0.00	-----	35	-1.16	0.14
19	equation_1	38	0.94	0.18		0.00	-----	37	0.03	0.14
20	equation_2	40	1.30	0.22		0.00	-----	39	-0.23	0.15
21	equation_3	42	0.84	0.17		0.00	-----	41	-0.46	0.13
22	equation_4	44	0.14	0.13		0.00	-----	43	-0.66	0.12
23	equation_5	46	0.55	0.15		0.00	-----	45	-0.77	0.13
24	equation_6	48	0.40	0.15		0.00	-----	47	-1.27	0.14
25	under_1.1		0.00	-----	50	0.66	0.15	49	0.13	0.12
26	under_1.2		0.00	-----	52	1.78	0.36	51	2.54	0.33
27	devise_1.1		0.00	-----	54	1.80	0.27	53	0.36	0.18
28	devise_1.2		0.00	-----	56	1.07	0.19	55	0.56	0.15
29	carrying_1		0.00	-----	58	1.77	0.29	57	1.37	0.22

30	looking_1		0.00	-----	60	1.49	0.25	59	-2.46	0.27
31	under_2.1		0.00	-----	62	1.49	0.23	61	0.72	0.17
32	under_2.2		0.00	-----	64	0.94	0.18	63	0.61	0.14
33	devise_2.1		0.00	-----	66	1.79	0.27	65	0.34	0.18
34	devise_2.2		0.00	-----	68	0.85	0.16	67	0.24	0.13
35	carrying_2		0.00	-----	70	2.46	0.43	69	2.52	0.37
36	looking_2		0.00	-----	72	1.37	0.22	71	0.78	0.17
37	under_3.1		0.00	-----	74	1.19	0.24	73	1.64	0.20
38	under_3.2		0.00	-----	76	1.18	0.22	75	1.16	0.18
39	devise_3.1		0.00	-----	78	1.72	0.24	77	-0.27	0.17
40	devise_3.2		0.00	-----	80	0.88	0.16	79	-0.13	0.13
41	carrying_3		0.00	-----	82	1.50	0.25	81	1.11	0.19
42	looking_3		0.00	-----	84	1.29	0.20	83	0.27	0.15
43	under_4.1		0.00	-----	86	1.33	0.24	85	1.34	0.20
44	under_4.2		0.00	-----	88	0.95	0.18	87	0.61	0.14
45	devise_4.1		0.00	-----	90	0.77	0.15	89	-0.33	0.13
46	devise_4.2		0.00	-----	92	1.13	0.19	91	0.60	0.15
47	carrying_4		0.00	-----	94	1.33	0.20	93	-0.52	0.15
48	looking_4		0.00	-----	96	0.57	0.14	95	-0.63	0.12
49	under_5.1		0.00	-----	98	1.61	0.27	97	1.28	0.22
50	under_5.2		0.00	-----	100	1.00	0.19	99	0.71	0.15
51	devise_5.1		0.00	-----	102	1.24	0.33	101	-4.33	0.55
52	devise_5.2		0.00	-----	104	0.85	0.17	103	-1.44	0.16
53	carrying_5		0.00	-----	106	0.62	0.14	105	-0.18	0.12
54	looking_5		0.00	-----	108	0.73	0.15	107	-0.32	0.13
55	under_6.1		0.00	-----	110	0.36	0.13	109	0.17	0.12
56	under_6.2		0.00	-----	112	1.07	0.17	111	-0.47	0.14
57	devise_6.1		0.00	-----	114	0.89	0.16	113	-0.22	0.13
58	devise_6.2		0.00	-----	116	0.54	0.14	115	0.09	0.12
59	carrying_6		0.00	-----	118	0.73	0.15	117	-0.45	0.13
60	looking_6		0.00	-----	120	0.59	0.14	119	-0.78	0.13

Summed-Score Based Item Diagnostic Tables and X^2s for Group 1 (Back to TOC)

S-X^2 Item Level Diagnostic Statistics

Item	Label	X^2	*d.f.*	Probability
1	sysbol_1	11.92	10	0.2926
2	sysbol_2	30.46	25	0.2069
3	sysbol_3	44.10	33	0.0935
4	sysbol_4	25.51	27	0.5470
5	sysbol_5	24.68	26	0.5384
6	sysbol_6	16.98	16	0.3883
7	compute_1	22.08	18	0.2279
8	compute_2	26.12	20	0.1615
9	compute_3	33.40	24	0.0956
10	compute_4	15.57	19	0.6869
11	compute_5	26.78	25	0.3686
12	compute_6	29.79	25	0.2316
13	propaties_1	34.81	29	0.2104
14	propaties_2	33.08	31	0.3648
15	propaties_3	31.81	33	0.5273
16	propaties_4	21.18	26	0.7331
17	propaties_5	29.46	34	0.6904
18	propaties_6	42.36	31	0.0837
19	equation_1	22.11	30	0.8505
20	equation_2	32.08	30	0.3629
21	equation_3	38.41	33	0.2371
22	equation_4	54.59	35	0.0185
23	equation_5	33.42	32	0.3998
24	equation_6	35.34	29	0.1932
25	under_1.1	50.85	31	0.0137
26	under_1.2	18.96	19	0.4607
27	devise_1.1	29.53	25	0.2419
28	devise_1.2	21.72	28	0.7946
29	carrying_1	39.83	22	0.0113
30	looking_1	32.77	21	0.0487
31	under_2.1	26.40	25	0.3881
32	under_2.2	40.03	27	0.0507
33	devise_2.1	27.54	24	0.2792
34	devise_2.2	27.04	28	0.5175
35	carrying_2	20.45	18	0.3071

36	looking_2	26.03	25	0.4078
37	under_3.1	45.82	22	0.0021
38	under_3.2	39.30	27	0.0593
39	devise_3.1	36.20	24	0.0523
40	devise_3.2	27.77	30	0.5836
41	carrying_3	23.69	24	0.4807
42	looking_3	26.11	26	0.4584
43	under_4.1	27.42	24	0.2846
44	under_4.2	26.94	28	0.5225
45	devise_4.1	37.31	31	0.2009
46	devise_4.2	31.13	27	0.2651
47	carrying_4	31.99	27	0.2319
48	looking_4	48.15	33	0.0428
49	under_5.1	37.58	23	0.0282
50	under_5.2	35.25	28	0.1623
51	devise_5.1	9.50	6	0.1469
52	devise_5.2	39.29	26	0.0457
53	carrying_5	46.22	30	0.0295
54	looking_5	36.88	31	0.2149
55	under_6.1	36.16	31	0.2395
56	under_6.2	32.82	29	0.2842
57	devise_6.1	31.08	30	0.4132
58	devise_6.2	42.83	31	0.0766
59	carrying_6	59.09	32	0.0025
60	looking_6	32.23	30	0.3560

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Group Parameter Estimates: (Back to TOC)

Group	Label	μ_1		*s.e.*	μ_2		*s.e.*
1	Group 1		0.00	-----		0.00	-----

Latent Variable Variance-Covariance Matrix for Group 1 (Back)

θ_1		*s.e.*	θ_2		*s.e.*
	1.00	-----			
121	0.63	0.05		1.00	-----

Likelihood-based Values and Goodness of Fit Statistics (Back to TOC)

Statistics based on the loglikelihood	
-2loglikelihood:	19804.71
Akaike Information Criterion (AIC):	20046.71
Bayesian Information Criterion (BIC):	20496.47

Statistics based on the full item x item x ... classification
The table is too sparse to compute the general multinomial goodness of fit statistics.

Statistics based on one- and two-way marginal tables
The M_2 statistics were not requested.

Summary of the Data and Control Parameters (Back to TOC)

Sample Size	304
Number of Items	60
Number of Dimensions	2

Item	Label	Categories	Model
1	sysbol_1	2	2PL
2	sysbol_2	2	2PL
3	sysbol_3	2	2PL
4	sysbol_4	2	2PL
5	sysbol_5	2	2PL
6	sysbol_6	2	2PL
7	compute_1	2	2PL
8	compute_2	2	2PL
9	compute_3	2	2PL

10	compute_4	2	2PL
11	compute_5	2	2PL
12	compute_6	2	2PL
13	propaties_1	2	2PL
14	propaties_2	2	2PL
15	propaties_3	2	2PL
16	propaties_4	2	2PL
17	propaties_5	2	2PL
18	propaties_6	2	2PL
19	equation_1	2	2PL
20	equation_2	2	2PL
21	equation_3	2	2PL
22	equation_4	2	2PL
23	equation_5	2	2PL
24	equation_6	2	2PL
25	under_1.1	2	2PL
26	under_1.2	2	2PL
27	devise_1.1	2	2PL
28	devise_1.2	2	2PL
29	carrying_1	2	2PL
30	looking_1	2	2PL
31	under_2.1	2	2PL
32	under_2.2	2	2PL
33	devise_2.1	2	2PL
34	devise_2.2	2	2PL
35	carrying_2	2	2PL
36	looking_2	2	2PL
37	under_3.1	2	2PL
38	under_3.2	2	2PL
39	devise_3.1	2	2PL
40	devise_3.2	2	2PL
41	carrying_3	2	2PL
42	looking_3	2	2PL
43	under_4.1	2	2PL
44	under_4.2	2	2PL
45	devise_4.1	2	2PL
46	devise_4.2	2	2PL
47	carrying_4	2	2PL
48	looking_4	2	2PL
49	under_5.1	2	2PL

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

50	under_5.2	2	2PL
51	devise_5.1	2	2PL
52	devise_5.2	2	2PL
53	carrying_5	2	2PL
54	looking_5	2	2PL
55	under_6.1	2	2PL
56	under_6.2	2	2PL
57	devise_6.1	2	2PL
58	devise_6.2	2	2PL
59	carrying_6	2	2PL
60	looking_6	2	2PL

Parameter Estimation Control Values

Bock-Aitkin EM Algorithm		
Maximum number of cycles:	500	
Convergence criterion:	1.00e-005	
Maximum number of M-step iterations:	50	
Convergence criterion for iterative M-steps:	1.00e-006	
Number of rectangular quadrature points:	49	
Minimum, Maximum quadrature points:	-6.00	6.00
SEM algorithm tolerance:	1.00e-003	
Standard error computation algorithm:	Supplemented EM	

Miscellaneous Control Values

Print parameter numbers?	Yes
Z tolerance, max. abs. logit value:	50.00
Number of processor cores used:	4
Number of cycles completed:	89
Maximum parameter change:	0.00e+000
Number of free parameters:	121

Processing times (in seconds)

E-step computations:	13.78
M-step computations:	8.03
Standard error computations:	201.34
Goodness-of-fit statistics:	2.08
Total:	225.22

Output Files

HTML results and control parameters:	C:\Users\DATA\Desktop\PB13.Test1-irt.htm

Convergence and Numerical Stability

Engine status:	Normal termination
SEM algorithm status:	Normal
First-order test:	Convergence criteria satisfied
Condition number of information matrix:	6.06e+002
Second-order test:	Solution is a possible local maximum

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรพิมล ยังฉิม เกิดเมื่อวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) วิชาเอกคณิตศาสตร์ ทุนครุทายาท จากสถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เมื่อปีการศึกษา 2540 ต่อมาปี พ.ศ. 2541 ได้เข้ารับราชการครู ระดับ 3 โรงเรียนสระกระโจมโสภณพิทยา จังหวัดสุพรรณบุรี ในปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาปริญญามหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และในปีการศึกษา 2553 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้รับทุน “90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย” จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 24

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University