การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ (PISA)

วิทยานิพนธ์

ของ

จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี

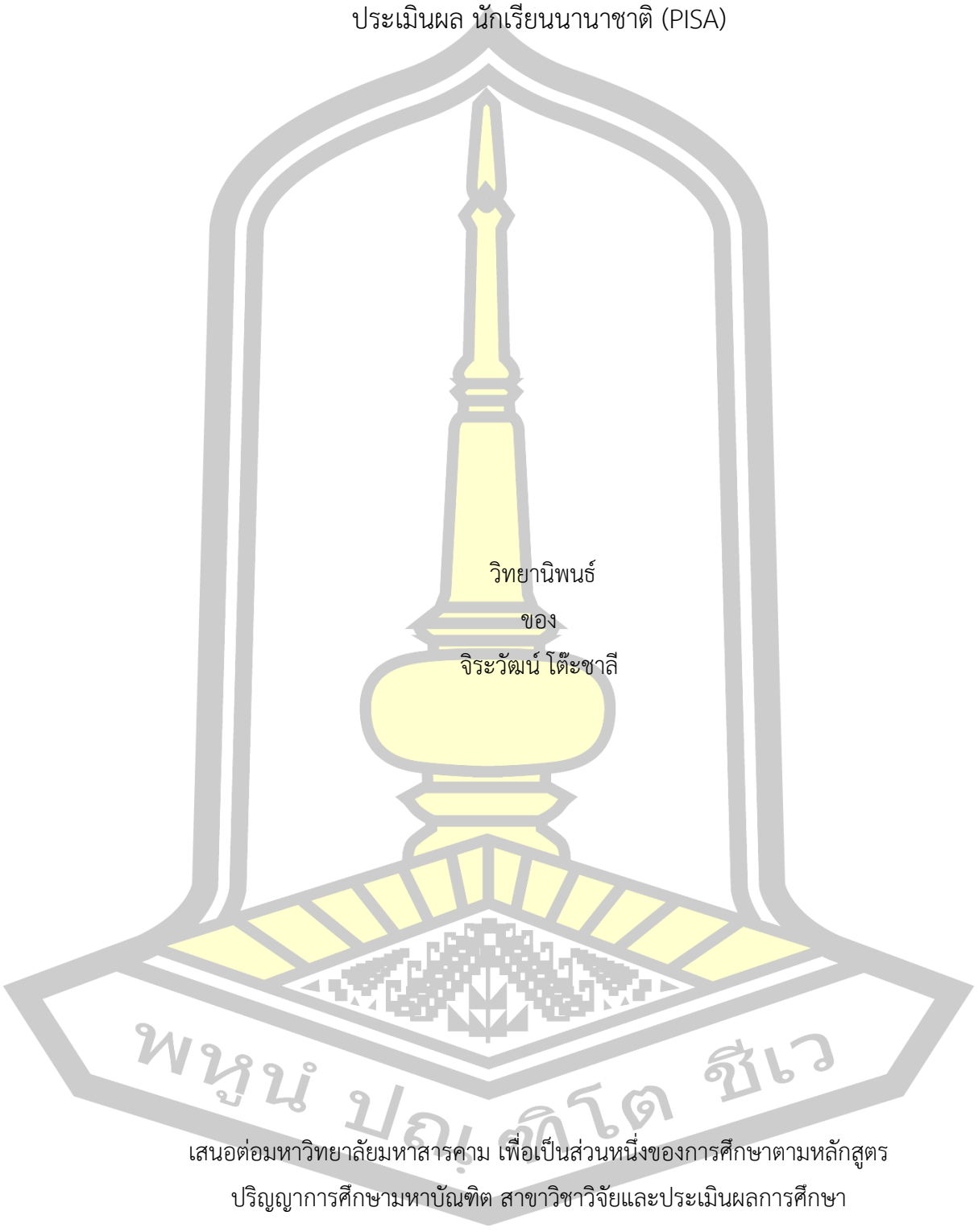
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

ตุลาคม 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ (PISA)



วิทยานิพนธ์

ของ

จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

ตุลาคม 2561

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Guideline to Promote Scientific Literacy for International Student Assesment : PISA

Jirawat Tochalee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Education (Educational Research and Evaluation)

October 2018

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายจิระวัฒน์ โต๊ะชาลี แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. สมบัติ ท้ายเรือคำ)

.....กรรมการ
(อ. ดร. สมทรง สิทธิ)

.....กรรมการ
(ผศ. ว่าที่ ร.ต.ดร. อรัญ ซุยกระเดื่อง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน.....เดือน.....ปี.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดรสมบัติ ท้ายเรือคำอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อความคิดเห็น ช่วยเหลือและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความกรุณา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย และผู้เชี่ยวชาญ ผศ.ดร.ศิริ ดวงพร ผศ.ดร.สุปรานี สุทธิพรหม นางสาวพรวิมล ระวันประโคน อาจารย์กลยุทธ์ ดีจริง นายเอกรินทร์ อัชชะกุลวสุท นางสาวศิริพร สุริยา นางสาวธนิกานต์ ศรีต้นวงศ์ นางนัฏกานต์ ดวงพร ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญที่ช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัย และขอขอบคุณผู้บริหารและคุณครู ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่ๆและเพื่อนๆนิสิตปริญญาโทสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษาที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์และให้ความสะดวกในการประสานงานในการดำเนินเอกสารต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ลำปาง โต๊ะชาลี นางปทิตตา โต๊ะชาลี ภรรยา คนในครอบครัวทุกคน ซึ่งอยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณมารดา บิดา บุพการี และบูรพาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ชื่อเรื่อง การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ (PISA)
ผู้วิจัย จิระวัฒน์ โต๊ะชาลี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ท้ายเรือคำ
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิจัยและประเมินผลการศึกษา
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีการศึกษา** 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) 2) เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน โดยเลือกแบบเจาะจง กลุ่มที่ 2 ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) จำนวน 600 คน และใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) จำนวน 1,020 คน โดยการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling) กลุ่มที่3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ จำนวน 9 คน โดยเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง 2) แบบสอบถามการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม (IOC) เท่ากับ 0.67 ถึง 1.00 ค่าอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.346 ถึง 0.803 ความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.952 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ(Exploratory Factor Analysis: EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า 1. การวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ทั้ง 5 ด้าน 28 ตัวบ่งชี้มีค่าเป็นบวก ตั้งแต่ 0.765 ถึง 0.943 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการวัดละประเมินผล ด้านการใช้สื่อและเทคโนโลยี ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนน้ำหนักองค์ประกอบ

เท่ากับ 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 และ 0.766 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ค่าไค-สแควร์ (chi – square) เท่ากับ 654.26 ที่ค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ 345 ค่าค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ chi – square /df) = 1.89 ค่า GFI = 0.958 ค่า AGFI = 0.951 ค่า CFI = 0.998 ค่า SRMR = 0.0536 RMSEA = 0.030 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง 2. ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมประกอบด้วยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มีทั้งหมด 5 แนวทางได้แก่ การใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี, การจัดแหล่งเรียนรู้, การวัดละประเมินผล ,กลยุทธ์การสอน, การจัดกิจกรรมเสริมการเรียน

คำสำคัญ : ตัวบ่งชี้, การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์, ตามแนวทางการประเมินผล PISA, ครูผู้สอน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE The Development of Guideline to Promote Scientific Literacy for International Student Assesment : PISA

AUTHOR Jirawat Tochalee

ADVISORS Associate Professor Sombat Tayraukham , Ed.D.

DEGREE Master of Education **MAJOR** Educational Research and Evaluation

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2018

ABSTRACT

The purposes of this research were to: 1) to develop indicators to Promote Scientific Literacy Literacy in PISA 2) to develop of guidelines to Promote Scientific Literacy Literacy in PISA. The samples were divided into 3 groups: group1 are 5 experts by purposive sampling, group2 are 3 experts by purposive sampling Service Area Office Used in the Exploratory Factor Analysis: EFA 600 people and Used in the Confirmatory Factor Analysis: CFA 1,020 people random by Multistage Random Sampling. Group 3 are 9 experts that who support and Promote Scientific Literacy Literacy. The research instruments were: 1) a Semi – structured Interview form 2) Science teacher High School Grade 1, Academic Year 2017 Under the Office of the Basic Education Commission The North East. The content validity (IOC) is 0.67 to 1.00; the computer program.

The discriminative power is 0.346 to 0.803, the reliability is 0.952 for data analysis by basic statistical analysis Exploratory Factor Analysis (EFA) and Confirmatory Factor Analysis (CFA) using a findings indicated that the analysis model elements the promoting indicators of Reading Literacy in PISA and 5 in the 28 indicators were positive, with values ranging from 0.765 to 0.943 with a statistical significance level 01. The factor loading is sorted descending by the weight of the sort from high to low is to provide Learning Resources, Teaching Strategies, Measurement and Evaluation, Media Innovation and Technology and Teaching Activities. The factor loading 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 and 0.766 respectively with the index measure level

of integration between models with empirical data. The chi – square value = 654.26 , Degree of Freedom (df) = 345 , Relative chi – square (chi – square /df) = 1.89, GFI =0.958, AGFI = 0.951, CFI = 0.998, SRMR= 0.0536, RMSEA=0.030, indicating that the model has validity. The result of the promoting guidelines of reading literacy in data indicate that 5 components of Guidelines which are Media Innovation and Technology, Learning Resources, Measurement and Evaluation, Teaching Strategies, Teaching Activities

Keyword : Indicator, Promote Scientific Literacy Literacy, Development The Programme for International Student Assessment (PISA)Development The Programme for International Student Assessment (PISA), teachers

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฑ

บทที่ 1 ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการทำวิจัย 6

ความสำคัญของการวิจัย 6

ขอบเขตการทำวิจัย 7

นิยามศัพท์เฉพาะ 8

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

แนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ 10

ปัญหาการรู้วิทยาศาสตร์ 24

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ 25

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้ 37

การวิเคราะห์องค์ประกอบ 46

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 59

งานวิจัยในประเทศ 59

งานวิจัยต่างประเทศ 62

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 68

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 68
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 88
การเก็บรวบรวมข้อมูล 88
การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 89
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 89
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 94
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของตัวบ่งชี้ 95
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ 103
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 115
ตอนที่ 4 ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) 135
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 143
ความมุ่งหมายของการวิจัย 143
สรุปผล 143
อภิปรายผล 147
ข้อเสนอแนะ 148
บรรณานุกรม 150
ภาคผนวก 155
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 156
ภาคผนวก ข คุณภาพเครื่องมือวิจัย 167
ภาคผนวก ค รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 170
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation coefficient) 173
ภาคผนวก จ คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 188

ประวัติผู้เขียน.....213

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 จำนวนตัวอย่างครูและโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis : EFA) 70

ตาราง 2 จำนวนตัวอย่างครูและโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis : CFA) 74

ตาราง 3 สรุปการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ 103

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวบ่งชี้ 104

ตาราง 5 ค่า Communality (h^2) ของตัวบ่งชี้ 108

ตาราง 6 ความแปรปรวนของการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) 109

ตาราง 7 องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 111

ตาราง 8 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ 112

ตาราง 9 องค์ประกอบที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผล 112

ตาราง 10 องค์ประกอบที่ 4 ด้านกลยุทธ์การสอน 113

ตาราง 11 องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน 114

ตาราง 12 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของการพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริม ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) 115

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความโด่ง และค่าความเบ้ของตัวบ่งชี้ 116

ตาราง 14 ผลการองค์ประกอบด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT) 119

ตาราง 15 ผลการองค์ประกอบด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER) 122

ตาราง 16 ผลการองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล(Measurement and Evaluation: EVA) 124

ตาราง 17 ผลการองค์ประกอบด้านกลยุทธ์การสอน (Teaching Strategies:TES) 126

ตาราง 18 ผลการองค์ประกอบด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA)..... 128

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง..... 130

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง..... 133

ตาราง 21 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ (IOC) ค่าอำนาจจำแนกและ..... 168

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT)..... 121

ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER)..... 123

ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation: EVA)..... 125

ภาพประกอบ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านกลยุทธ์การสอน (Teaching Strategies:TES)..... 127

ภาพประกอบ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการจัดกิจกรรม เสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA)..... 129

ภาพประกอบ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองตัวบ่งชี้การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)..... 134

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (K knowledge-based society) ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้วิทยาศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

การเรียนรู้เพื่อมีชีวิตในโลกยุคศตวรรษที่ 21 สาระวิชามีความสำคัญ แต่ไม่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ ซึ่งปัจจุบันการเรียนรู้สาระวิชา (content) ควรเป็นการเรียนจากการค้นคว้าเองของนักเรียน โดยครูช่วยแนะนำ และช่วยออกแบบกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเองได้ สาระวิชาหลัก (Core Subjects) ประกอบด้วย ภาษาแม่และภาษาสำคัญของโลก ศิลปะ วิทยาศาสตร์ การปกครองและหน้าที่พลเมือง เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ และประวัติศาสตร์ โดยวิชาแกนหลักนี้จะนำมาสู่การกำหนดเป็นกรอบแนวคิดและยุทธศาสตร์สำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หรือหัวข้อสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิชาแกนหลัก และสอดแทรกทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 เข้าไปในทุกวิชาแกนหลัก และหนึ่งในเป้าหมายยุทธศาสตร์การปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง คือ คนไทยคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาได้ โดยมีทักษะในการคิดและปฏิบัติมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งสอดคล้องกับความสำคัญของวิทยาศาสตร์

การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของไทยมีเป้าหมายเช่นเดียวกับการจัดการศึกษาโดยทั่วไป คือ การเตรียมพลเมืองที่ดีของสังคม ตามความต้องการของสังคม แม้ว่าในหลักสูตร

วิทยาศาสตร์จะไม่ระบุคำว่า การรู้วิทยาศาสตร์ โดยตรง แต่ถ้าพิจารณาจากเป้าหมายและวิสัยทัศน์ของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ จะพบว่ามีความสอดคล้องกับการรู้วิทยาศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยมีการปรับหลักสูตรตามการปฏิรูปการศึกษา เป็นไปตาม พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ตั้ง แต่ในปี 2545 และปรับครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2551 ซึ่ง มาตรา 23 ของ พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับ ที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษา เน้นถึงการจัดการศึกษา ทั้ง การศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษา ตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้ง ความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสม ของแต่ละระดับ การศึกษาในเรื่องต่างๆ โดยมาตรา 23 (2) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ไว้ ว่า การจัด การศึกษาต้องให้ผู้เรียนเกิดความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้ง ความรู้ความ เข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ปัจจุบันแนวโน้มการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในการประเมินจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ Programme for International Student Assessment หรือที่เรียกกันโดยทั่วๆ ไปว่า PISA ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินว่านักเรียนของประเทศที่ร่วมโครงการที่จบการศึกษาภาคบังคับได้รับการเตรียมพร้อมความรู้ และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในอนาคตมากน้อยเพียงใด จุดเน้นของการประเมิน PISA คือ การรู้เรื่อง (Literacy) ที่ยึดการเรียนรู้ตลอดชีวิต นักเรียนมีความรู้ และทักษะใหม่ที่จำเป็น เพื่อการปรับตัวให้เข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงซึ่งนักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ทุกอย่างจากโรงเรียน แต่เพื่อให้นักเรียนสามารถรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่อง โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International student Assessment) มีจุดเน้นที่การประเมินเพื่อชี้วัดว่าเยาวชนที่จบการศึกษาภาคบังคับหรือมีอายุ 15 ปีมีคุณภาพการเรียนรู้ที่จำเป็นต่อชีวิตหรือไม่ เพียงใด โดยประเมินสมรรถนะของผู้เรียนที่จะใช้ความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริง โดยเน้นการประเมินการรู้เรื่อง (literacy) และใช้ผลประเมินเพื่อชี้บอกระดับนโยบายว่าเยาวชนได้รับการเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคตเพียงใดซึ่งโครงการนี้จะเป็นการประเมินใน 3 ด้าน คือ ด้านการอ่าน (Reading literacy) ด้านวิคณิตศาสตร์ (Mathematics literacy) และด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552)

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสมรรถนะของบุคคลในการที่จะบ่งบอกและเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อโลก ตัดสินใจในประเด็นต่างๆ บนพื้นฐานของความรู้ที่เข้มแข็ง และเพื่อใช้และผูกพันกับวิทยาศาสตร์ที่จะตอบสนองความจำเป็นต่อชีวิตของแต่ละบุคคล ในอันที่จะทำให้บุคคลนั้นเป็นผู้มีส่วนร่วมในสังคม โดยการนำความรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็น การให้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร สื่อความหมาย การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ การติดตามและประเมินผลข้อโต้แย้ง การนำเสนอข้อมูลมาใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง และเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีวิจารณญาณ มีความมั่นใจในตนเอง ห่วงใยและสร้างสรรค์สังคม และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นตัวชี้วัดบอกคุณภาพการศึกษา เพื่อการพัฒนาการประเมินทักษะเพื่อชีวิตมากกว่าการเรียนรู้หัวข้อวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรในโรงเรียน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจเพื่อช่วยให้เข้าใจประเด็นหรือความจำเป็นต่างๆ มีความหมาย และทำให้ภารกิจนั้นๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ ดังนั้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จึงเน้นความชัดเจนที่ต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิต ในกระบวนการนี้ต้องการทักษะหลายอย่างเป็นต้นว่าทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะการโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะ การสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ทักษะต่างๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน ทั้งนี้โดยถือข้อตกลงเบื้องต้นว่าการที่คนคนหนึ่งจะใช้วิทยาศาสตร์ได้ คนคนนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐานและทักษะทางวิทยาศาสตร์มากพออยู่แล้ว ซึ่งหมายถึง สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ได้ในขณะที่อยู่โรงเรียน

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสมรรถนะของบุคคลในการที่จะบ่งบอกและเข้าใจบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อโลก ตัดสินใจในประเด็นต่างๆ บนพื้นฐานของความรู้ที่เข้มแข็ง และเพื่อใช้และผูกพันกับวิทยาศาสตร์ที่จะตอบสนองความจำเป็นต่อชีวิตของแต่ละบุคคล ในอันที่จะทำให้บุคคลนั้นเป็นผู้มีส่วนร่วมในสังคม โดยการนำความรู้วิทยาศาสตร์ แนวคิดวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็น การให้เหตุผล การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร สื่อความหมาย การแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ การติดตามและประเมินผลข้อโต้แย้ง การนำเสนอข้อมูลมาใช้ใสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง และเตรียมพร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีวิจารณญาณ มีความมั่นใจในตนเอง ห่วงใยและสร้างสรรค์สังคม และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นตัวชี้วัดบอกคุณภาพการศึกษา เพื่อการพัฒนาการประเมินทักษะเพื่อชีวิตมากกว่าการเรียนรู้หัวข้อวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรในโรงเรียน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจเพื่อช่วยให้เข้าใจประเด็นหรือความจำเป็นต่างๆ มีความหมาย และทำให้ภารกิจนั้นๆ สำเร็จลุล่วงไปได้ ดังนั้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จึงเน้นความชัดเจนที่ต้องการให้นักเรียนเผชิญหน้ากับปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในชีวิต ในกระบวนการนี้ต้องการทักษะหลายอย่างเป็นต้นว่าทักษะการคิดและการใช้เหตุผล ทักษะการโต้แย้ง การสื่อสาร ทักษะ การสร้างตัวแบบ การตั้งปัญหาและการแก้ปัญหา การนำเสนอ การใช้สัญลักษณ์ การดำเนินการ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ทักษะต่างๆ ที่หลากหลายมารวมกัน หรือทับซ้อนหรือคาบเกี่ยวกัน ทั้งนี้ โดยถือข้อตกลงเบื้องต้นว่าการที่คนคนหนึ่งจะใช้วิทยาศาสตร์ได้ คนคนนั้นจะต้องมีความรู้พื้นฐาน และทักษะทางวิทยาศาสตร์

มากพออยู่แล้วซึ่งหมายถึง สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ได้ในขณะที่อยู่โรงเรียน

งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษาจำนวนมากระบุว่าระบบการศึกษาปัจจุบันยังไม่สามารถสร้างพลเมืองให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientifically literate citizens) ผลการศึกษาวิเคราะห์สภาพสังคมไทยพบว่าประชาชนยังขาดความเข้าใจถึงความสำคัญของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตประจำวัน และการพัฒนาประเทศ ประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ ยังขาดการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2533) นอกจากนี้ผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติหรือ PISA ที่ดำ เนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทาง เศรษฐกิจ หรือ OECD พบว่าการรู้วิทยาศาสตร์ของ นักเรียนไทยในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เมื่อปี พ.ศ.2558 มีค่าเท่ากับ 421 คะแนน ต่ำ กว่าค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 493 คะแนน (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559:1-3) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ 54 จากทั้งหมด 72 ประเทศ ส่วนสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลการศึกษา หรือ IEA ผู้ก่อตั้งโครงการประเมินผลวิทยาศาสตร์หรือ TIMSS ประเมินผลในระดับนานาชาติเพื่อสะท้อนผลสัมฤทธิ์ของ การจัดการศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และ 6 เน้นการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระ (Content domain) และด้านการคิดหรือการใช้ปัญญา (Cognitive domain) พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนอยู่ในอันดับที่ 24 (จากจำนวนประเทศที่เข้าร่วมโครงการ38 ประเทศ) และมี คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติสะท้อนให้เห็นว่าสภาพของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทยใน ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของโรงเรียนในปัจจุบันยัง บกพร่อง อ่อนแอ และต้องแก้ไขปรับปรุง

Bybee (Bybee R.W., 2009) ได้ชี้ให้เห็นว่า “การที่จะบรรลุ เป้าประสงค์ของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาได้ นั้นต้องทำ ให้นักเรียนเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นส่วนหนึ่งของสังคม”สอดคล้องกับ ภพ เลาหไพบูลย์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ที่กล่าวไว้ว่า “การสอนวิทยาศาสตร์ไม่ควร ให้แนวคิดด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์เพียงอย่างเดียวแต่ควรเน้นให้นักเรียนพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมมีหลายรูปแบบ ซึ่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาและเลือกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของ Yuenyong (C. Yuenyong, 2006) ซึ่งประกอบด้วยการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุประเด็นทางสังคม (Identificationof social issues stage) ขั้นระบุศักยภาพ แนวทางการหาคำ ตอบ (Identification of potential solutionsstage) ขั้นต้องการความรู้ (Needforknowledge stage) ขั้นทำการตัดสินใจ (Decision-makingstage) และ ขั้นกระบวนการทางสังคม (Socializationstage) เนื่องจาก มีกระบวนการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับมิติ สัมพันธ์ (Multidimensional scientific literacy) (Bybee R.W., 2009) สอดคล้องตามวิธีการพัฒนาการรู้

วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี(Scientific and technology literacy; STL) ของ UNESCO (C. and N. Yuenyong, 2009) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า การจัดกิจกรรม การเรียนการสอนควรเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียน สามารถระบุหัวข้อของSTLในสังคม มีความรู้ความเข้าใจ และอธิบายบทบาทและหน้าที่ของ STL ในสังคม การสร้างแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของ นักเรียนแต่ละคน และเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียน มีความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านสังคมและวัฒนธรรม

จากความสำคัญและปัญหาที่กล่าวข้างต้นการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นความรู้และทักษะที่ควรได้รับการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถของนักเรียนอย่างยิ่ง นักเรียนจะเกิดสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นอยู่กับวิธีการ รูปแบบ และแนวทางการส่งเสริมต่างๆที่ครูผู้สอนได้เลือกแนวทางให้เหมาะสมกับนักเรียนโดยครูผู้สอนจะต้องยึดความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนแล้วพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนและเป็นไปตามแนวทางการประเมินผลของ PISA ใน ครั้งต่อไป สำหรับการสร้างและพัฒนาตัวบ่งชี้นั้น (Johnstone, 1981) กำหนดวิธีการสร้างตัวบ่งชี้ไว้ 3 วิธี (1) สร้างตัวบ่งชี้โดยอาศัยนิยามเชิงปฏิบัติการ (The Programmatic Definition of an Indicator) เป็นการสร้างตัวบ่งชี้และกำหนดน้ำหนักความสำคัญโดยผู้สร้างหรือผู้พัฒนาตัวบ่งชี้ (2) สร้างตัวบ่งชี้โดยอาศัยนิยามเชิงทฤษฎี (The Theoretical Definition of an Indicator) เป็นการสร้างตัวบ่งชี้และกำหนดความสำคัญโดยยึดเหตุผลทางทฤษฎี และ (3) สร้างตัวบ่ง ชี้โดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ (The Empirical Definition of an Indicator) เป็นการสร้างตัวบ่งชี้และกำหนดน้ำหนักความสำคัญโดยวิธีการทางสถิติ เช่นการใช้ Factor Analysis, Cluster, Discrimination Analysis ซึ่งใช้วิธีการสร้างโดยอาศัยนิยามเชิงทฤษฎีและอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรไม่มีหลักเกณฑ์ตายตัวว่าควรใช้วิธีใดจึงมีความเหมาะสมมากที่สุดขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวแปรและตัวบ่งชี้ที่พัฒนาขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหานี้ จึงใช้กระบวนการพัฒนาตัวบ่งชี้ทั้งวิธีการเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณประกอบกันโดยได้ตัวบ่งชี้การวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ขึ้นมาเองใช้เทคนิคการสัมภาษณ์สร้างตัวบ่งชี้การวิเคราะห์เชิงสำรวจและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบว่าตัวบ่งชี้ประกอบด้วยองค์ประกอบใดบ้าง ผลการศึกษา ทำให้ทราบองค์ประกอบของตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแนวปฏิบัติเกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผล PISA ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของการจัดกระบวนการเรียนรู้ ที่เป็นกรอบแนวทางการพัฒนา ติดตามและประเมินผลของ PISA ที่จะเกิดกับนักเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยมีจุดประสงค์เฉพาะดังนี้

1. เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

2. เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ความสำคัญของการวิจัย

ข้อสารสนเทศจากการวิจัยการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) สามารถนาข้อสารสนเทศมาใช้สาหรับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ได้ตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ของครูผู้สอน

2. ได้แนวปฏิบัติเกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ(PISA) สำหรับครูผู้สอน นักเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้อง

3. ได้แนวทางการพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) และ สามารถนำตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) นำไปเป็นกรอบ การพัฒนาแนวทางในการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ติดตามประเมินผลให้บรรลุเป้าหมายตามการวัด และประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่จะเกิดกับนักเรียนต่อไป

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ขอบเขตการทำวิจัย

ระยะที่ 1 การพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.1 การสร้างตัวบ่งชี้

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มที่1 เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ประกอบด้วย ครูผู้สอน 3 คน อาจารย์มหาวิทยาลัย 1 คน เจ้าหน้าที่ในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 1 คน ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้ จากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

กลุ่มที่ 2 เป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์มหาวิทยาลัยเชี่ยวชาญด้านการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านระเบียบวิธีวิจัย 1 คน ใช้ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ของตัวบ่งชี้ในแต่ละด้านของแบบสอบถาม โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของตัวบ่งชี้โดยใช้สูตร IOC (Index of Consistency) โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1.2 การพัฒนาและการยืนยันตัวบ่งชี้

1.2.1 ประชากร

ประชากร เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8,565 คน

1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 กลุ่มที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้ เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 600 คน โดยการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling)

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นกลุ่มครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) จำนวน 1,020 คน โดยการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling)

ระยะที่ 2 การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

กลุ่มเป้าหมาย

เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 9 คนประกอบด้วยครูผู้สอน จำนวน 7 คน อาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 2 คน ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 5-10 ปีขึ้นไป โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การประเมินผล PISA หมายถึง กระบวนการวัดและประเมินผลคุณภาพของระบบการศึกษาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ในการเตรียมความพร้อมให้มีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดารงชีวิต ในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยเน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะ ในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน

2. ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกสภาพการณ์หรือสภาวะอย่างใดอย่างหนึ่งใน เชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ซึ่งสารสนเทศดังกล่าวอยู่ในรูปของค่าที่สังเกตได้เป็นตัวเลข ข้อความ องค์ประกอบ ตัวแปร หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่ง โดยการนาตัวแปรหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงใดช่วงหนึ่งไปสัมพันธ์กันเพื่อให้เกิดคุณค่าซึ่งสามารถที่จะชี้ให้เห็นถึงสภาพการณ์ที่บ่งบอกถึงลักษณะของการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผล (PISA)

3. โมเดลการส่งเสริมสร้างการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบจำลองที่แสดงโครงสร้างเชิงเส้นของตัวแปรแฝง และตัวแปรที่สังเกตได้ที่ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก และตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

4. การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรอบรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ด้าน คือ 1) การมีความรู้ความเข้าใจแนวคิดหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์นักเรียนสามารถให้ความหมาย อธิบาย ยกตัวอย่างได้ 2) การมีส่วนร่วมในประเด็นวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิตประจำวันตนเองและผู้อื่นทั้งในระดับครอบครัว ระดับท้องถิ่น และระดับชาติ

5. แนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์กระตุ้นให้นักเรียนเกิดเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงวิธีการค้นหาความรู้ โดยจัดกิจกรรม บริการและ สร้างบรรยากาศ ที่เกี่ยวกับกิจกรรมส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ที่หลากหลาย

ตอบสนอง ความต้องการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน

5.1 ด้านการจัดเรียนการสอน หมายถึง ครูเป็นตัวจักรสำคัญที่จะเป็นผู้เร่งปฏิกิริยาให้ผู้เรียนเป็นผู้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ครูทุกคนควรถือเป็นภาระหน้าที่จะต้องส่งเสริมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ปลูกฝังทักษะการเรียนรู้ สอนวิธีการหาความรู้ และแหล่งการเรียนรู้อันจะช่วย ให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ ตลอดจนมีทักษะจนสามารถบูรณาการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

5.2 ด้านการกิจกรรมการส่งเสริม หมายถึง กิจกรรมที่เร้าใจ จูงใจ กระตุ้น แนะนำให้อยากรู้อยากเห็น และสร้างบรรยากาศ ทั้งในบ้าน โรงเรียน และสังคม ส่วนเป้าหมายของการจัดกิจกรรมส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ เป้าหมายระดับบุคคลและเป้าหมายของวิทยาศาสตร์

5.3 ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้และภูมิปัญญา หมายถึงครูจัดแหล่งข้อมูลและแหล่งการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักและใช้ประโยชน์จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ สามารถดำเนินการเพื่อให้เกิดแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนอย่างมากมาย แหล่งเรียนรู้ที่โรงเรียนสามารถจัดและดำเนินการได้มีหลายประเภท ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับกำลังความสามารถของโรงเรียนแต่ละแห่งเพื่อผู้เรียนจะได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลนอกโรงเรียน

5.4 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี หมายถึง กระบวนการเรียนรู้และวิธีสอนต้องกำหนดใหม่เพื่อมุ่งให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จตามด้วยสื่อการเรียนการสอน ซึ่งครูผู้สอนต้องเป็นผู้จัดการที่คอยควบคุมและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน สื่อการเรียนรู้ต่างๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อวัสดุอุปกณ์ เทคโนโลยี เป็นต้น ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาด้านต่างๆ เป็นตัวกลางที่ทาให้ผู้ส่งสารกับผู้รับสารได้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน พร้อมทั้งช่วยให้นักเรียนได้รับความรู้เชิงเนื้อหา ความรู้เชิงกระบวนการ และความรู้เชิงประจักษ์จากการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อส่งเสริมการค้นคว้าและการเชื่อมโยงสาระที่ได้เรียนรู้ระหว่างกลุ่มต่างๆ เข้าสถานการณ์

5.5 ด้านการวัดและประเมินผล หมายถึง กระบวนการวัดประเมินผลและติดตามเป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การส่งเสริมการการรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งต้องดำเนินการควบคู่กันไป การบูรณาการหรือการวัดและประเมินผลกับการจัดการเรียนการสอนเข้าด้วยกัน โดยการประเมิน จะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเรียนทางตรงสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับอย่างใกล้ชิด เพื่อนาไปสู่การจัดกาปรึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์
2. ปัญหาการรู้วิทยาศาสตร์
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์
4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้
5. การวิเคราะห์องค์ประกอบ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 6.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์

1. ความหมายการรู้วิทยาศาสตร์

คำว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ หรือ Scientific literacy” มีใช้มากว่า 40 ปีแล้ว แต่ยังไม่มีคำจำกัดความที่ชัดเจน และมีแนวโน้มที่จะกล่าวร่วมกับบริบทที่หลากหลาย ทั้งในด้านสภาพแวดล้อม วัฒนธรรม สังคมและเศรษฐกิจ การเชื่อมโยงและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (C. and N. Yuenyong, 2009) ซึ่งหลายหน่วยงาน ตลอดจนนักการศึกษานักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านที่สนับสนุนแนวคิดการสร้างพลเมืองที่มีประสิทธิภาพต้องอาศัยวิทยาศาสตร์ได้ให้ความชัดเจนของความหมายของคำว่า “Scientific literacy” เพื่อการกำหนดเป็นเป้าหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

National science education standards (NSTA, 1993) ให้นิยาม ของ “Scientific literacy” ไว้ว่า การที่บุคคลสามารถถาม ค้นหา หรือหาคำตอบของคำถาม จากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เป็นความสามารถของบุคคลในการพรรณนา อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ การรู้วิทยาศาสตร์ยังรวมถึงความสามารถในการอ่านด้วยความเข้าใจบทความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การมีส่วนร่วมในการสนทนาทางสังคมเกี่ยวกับความถูกต้องของข้อสรุป

Naris and Philips (Holbrook and Rannikmae, 2007) ได้รวบรวมคำจำกัดของคำว่า “การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy)” จากหลายแหล่ง ได้แก่ Paul deHardHurd (1958) ; American association for the advancement of science [AAAS], 1989 ; Bybee, 1997; Gräber et al., 2001; Holbrook & Rannikmae, 1997; Hurd, 1958; Laugksch, 2000; National science education standards [NSES], 1996; Organization for economic cooperation and development [OECD], 2003 ว่าประกอบด้วย

1. ความรู้ในเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแยกสิ่งที่เป็นวิทยาศาสตร์ออกจากสิ่งที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้
3. ความรู้ในสิ่งที่ถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์
4. อิสรภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
5. ความสามารถในการคิดอย่างวิทยาศาสตร์
6. ที่จะใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
7. ความรู้ที่จำเป็นสำหรับการมีส่วนร่วมอย่างชาญฉลาดในหัวข้อทางวิทยาศาสตร์
8. ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science) รวมถึงความสัมพันธ์กับวัฒนธรรม
9. การชื่นชมและความสะดวกสบายด้วยวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีความสงสัยและความอยากรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
10. ความรู้เกี่ยวกับความเสี่ยงและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และความเกี่ยวข้องกับความเชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์

Boujaoude (C. Yuenyong, 2009) กล่าวว่า การรู้ทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (2) ลักษณะของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (3) วิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิด และ (4) ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

ICASE – UNESCO (C. Yuenyong, 2006) ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่า เป็นความสามารถในการทำงานด้วยความเข้าใจและความเชื่อมั่นในระดับที่เหมาะสมด้วยวิธีการที่นำมาซึ่งพลังอำนาจในการสร้างโลกและในโลกของความคิดทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Holbrook and Rannikmae (Holbrook and Rannikmae, 2007) ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่า เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ การแสดง

ความคิดเห็นโดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันหรือในการประกอบอาชีพ เพื่อแก้ปัญหาและการตัดสินใจเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

PISA (Holbrook and Rannikmae, 2007)ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ว่าเป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการระบุคำถามและสรุปผลตามหลักฐานเพื่อให้เข้าใจและช่วยให้การตัดสินใจเกี่ยวกับโลกธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงที่ทำไปโดยกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งต่อมา PISA ได้กำหนดการรู้วิทยาศาสตร์ใหม่เป็น3 มิติ คือมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific concepts) ซึ่งจำเป็นต่อการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ของโลกธรรมชาติ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ บริบทหลักของการประเมินคือ เลือกจากภายใน 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ วิทยาศาสตร์ของโลกและสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific processes) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในความสามารถของการได้รับ การตีความ และดำเนินการตามหลักฐาน ประกอบด้วย 5 กระบวนการ
   1.1 การรับรู้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
   1.2 การระบุหลักฐาน
   1.3 การกำหนดบทสรุป
   1.4 การสื่อสารข้อสรุปที่ได้
   1.5 การแสดงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์
2. สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific situations) คัดเลือกมาจากชีวิตประจำวันมากกว่าจากการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน โรงเรียน หรือห้องปฏิบัติการหรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ตัวเลขที่ใช้ในวิทยาศาสตร์อยู่ในชีวิตของผู้คน ในบริบทตั้งแต่สถานการณ์ส่วนบุคคลจนถึงสถานการณ์สาธารณะมากขึ้น มีประเด็นปัญหาของโลกบ้าง

ส่วน PISA 2006 (Holbrook and Rannikmae, 2007)และ PISA 2009 (Holbrook and Rannikmae, 2007) ให้นิยามของ“Scientific literacy” คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อระบุคำถาม เพื่อต้องการความรู้ใหม่ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และเพื่อสรุปผลตามหลักฐานเกี่ยวกับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจลักษณะคุณสมบัติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นรูปแบบความรู้ของมนุษย์และการสืบเสาะ ตระหนักว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่งผลต่อเครื่องมือเครื่องใช้ ภูมิปัญญาวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อม และความตั้งใจที่จะเข้าร่วมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นการสะท้อนของพลเมือง

โครงการ PISA สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ได้ให้ความหมายของ “Scientific literacy” ว่าหมายถึง การรู้กระบวนการ (Process) การรู้แนวคิดและสาระเนื้อหา (Concepts and content) และรู้จักการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์เพื่อที่จะสามารถเข้าใจเรื่องราวที่เกิดขึ้นในสังคม

สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล (สกลรัตน์ สวัสดิมูล, 2559) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่บุคคลสามารถเข้าใจใน “มวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์” จนกระทั่งสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมได้

รุ่งนภา ปอปัดภาร (รุ่งนภา ปัดปอภาร, 2545) กล่าวว่า การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึงการที่บุคคลสามารถเข้าใจในมโนมติทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะและเจตคติทางวิทยาศาสตร์จนสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม รวมไปถึงความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และบทบาทของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมนุษย์และสังคม

จากความหมายของ การรู้วิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า “การรู้วิทยาศาสตร์”คือ ความสามารถของบุคคลในการเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในการระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และสรุปผลจากพยานหลักฐานเกี่ยวกับประเด็นที่มีความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เข้าใจและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ยินดีที่จะเข้าร่วมในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และใช้ความคิดทางวิทยาศาสตร์และแสดงความรับผิดชอบในฐานะที่เป็นพลเมืองและสามารถสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับบริบททางสังคม

2. ลักษณะของบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์

UNESCO (Holbrook and Rannikmae, 2007) กล่าวว่า บุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือ บุคคลที่สามารถทำหน้าที่ภายในสังคมได้เหมือนนักวิทยาศาสตร์

Shen (อ้างถึงใน Hodson, 2008) ได้ระบุลักษณะของบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์ไว้ 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. ความเข้าใจในจริยธรรมที่เป็นแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
4. ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม
5. ความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และมนุษยศาสตร์

6. ความเข้าใจความสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ (อ้างถึงใน C. Yuenyong, 2006) ได้กำหนดความสามารถทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การรู้ การใช้และตีความคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ

2. การสร้างและประเมินหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และการอธิบาย

3. ความเข้าใจธรรมชาติและการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4. เข้าร่วมการกระทำและการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประโยชน์

สำนักงานมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (อ้างถึงใน Holbrook and Rannikmae, 2007) กล่าวถึง บุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์จะสามารถระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานการตัดสินใจในระดับชาติและท้องถิ่นและแสดงการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่ การรู้วิทยาศาสตร์ของพลเมืองควรจะประเมินคุณภาพของข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ บนพื้นฐานของแหล่งที่มาและวิธีการที่สร้างขึ้นมา การรู้วิทยาศาสตร์ยังแสดงถึงความสามารถที่ก่อให้เกิดการโต้แย้งและการประเมินบนพื้นฐานของพยานหลักฐานและประยุกต์ใช้ข้อสรุปที่ได้อย่างเหมาะสม

Holbrook and Rannikmae (Holbrook and Rannikmae, 2007) กล่าวว่าผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์คือผู้ที่ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับประเด็นสาธารณะสามารถตัดสินใจและปรับปรุงคุณภาพชีวิต บนพื้นฐานของทักษะที่เกี่ยวข้องทางปัญญา เจตคติการสื่อสารสังคม และ สหวิทยาการการเรียนรู้

NSTA (อ้างถึงใน Holbrook and Rannikmae, 2007)ให้นิยามของผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือผู้ที่มีความรู้ความสามารถทางปัญญา (Intellectual) และคุณลักษณะอื่นๆ คือ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Attitudinal) รวมถึงสังคม (Societal) ดังนี้

1. ความสามารถทางปัญญา (Intellectual) (ทักษะการคิดขั้นสูง)

1.1 ใช้แนวคิดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และคุณค่าทางจริยธรรมมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและการตัดสินใจรับผิดชอบในการทำงานและการพักผ่อน

1.2 ค้นหา รวบรวม วิเคราะห์และประเมินแหล่งข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และใช้แหล่งข้อมูลเหล่านั้นในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการลงมือปฏิบัติ

1.3 แยกความแตกต่างระหว่างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับความคิดเห็นส่วนตัว และระหว่างข้อมูลที่น่าเชื่อถือและไม่น่าเชื่อถือ

1.4 การอธิบายของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติจากการทดสอบที่ถูกต้อง

1.5 ใช้ความสงสัย เลือกวิธีการตรวจสอบ การใช้เหตุผลและความคิดสร้างสรรค์ในการสังเกตจักรวาล

1.6 สามารถตัดสินใจและลงมือปฏิบัติโดยใช้การโต้แย้งด้วยเหตุผลตามพยานหลักฐานที่มีอยู่

1.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2. เจตคติ (Attitudinal)

2.1 แสดงความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับการกระทำของธรรมชาติและมนุษย์

2.2 เห็นคุณค่าของการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อการแก้ปัญหา

2.3 เปิดรับพยานหลักฐานใหม่ๆ และการทดลองเพื่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.4 มีส่วนร่วมในการอภิปรายเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ทางสังคม (Societal)

3.1 ยอมรับว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกิดจากความพยายามของมนุษย์ให้ความสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.2 ตระหนักถึงข้อดีและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้เพื่อความอยู่ดีกินดีของมนุษย์

3.3 มีส่วนร่วมในความรับผิดชอบส่วนบุคคล และการกระทำของส่วนร่วมหลังจาก ได้ตัดสินใจเลือกโอกาสที่เป็นไปได้

4. สหวิทยาการ (Interdisciplinary)

4.1 เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่งานด้านอื่น เช่น ประวัติศาสตร์ คณิตศาสตร์ศิลปะ และสังคมศาสตร์

4.2 พิจารณาด้านการเมือง ด้านเศรษฐกิจ คุณธรรมและจริยธรรมในมุมมองของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในระดับบุคคลและระดับสังคม

Hurd (อ้างถึงใน Hodson, 2008) เสนอคำนิยามเกี่ยวกับลักษณะพื้นฐานของบุคคลที่รู้วิทยาศาสตร์ ไว้ 7 มิติ ดังนี้

1. เข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2. รู้จักประยุกต์ใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หลักการ กฎและทฤษฎีที่เหมาะสมในการโต้แย้ง

3. ใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา การตัดสินใจและการทำความเข้าใจจักรวาลด้วยตัวเองต่อไป

4. โต้ตอบกับค่านิยมที่รองรับวิทยาศาสตร์

5. การทำความเข้าใจและเห็นความสำคัญองค์กรที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและความสัมพันธ์ขององค์กรเหล่านี้กับด้านอื่นๆ ของสังคม

6. การศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาตลอดชีวิต

7. มีการใช้ทักษะที่หลากหลายในการพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อ้างถึงใน C. Yuenyong, 2009) กล่าวว่า ผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์คือผู้ที่สามารถ

1. ตั้งคำถามและปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2. ระบุหลักฐานหรือข้อมูลสำหรับตรวจสอบ

3. ให้คำอธิบายอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับข้อมูลหรือหลักฐานเชิงประจักษ์

4. การสื่อสารหรืออธิบายสรุปประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ให้กับผู้อื่น

5. เข้าใจหลักการและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล (สกลรัตน์ สวัสดิมูล, 2559) ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาลักษณะความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (A study of the characteristics of scientific literacy)” โดยใช้เทคนิคเดลฟายกับผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น
3 ด้าน คือ

1. ด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science) แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบย่อย คือ

1.1 ทัศนะสากลเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 การสืบค้นทางวิทยาศาสตร์

1.3 กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์

2. ด้านความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ (Cognitive science knowledge) แบ่งออกเป็น 6 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

2.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.2 ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน

2.3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

2.4 ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อความอยู่ดีมีสุขของมนุษย์เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

2.5 เพื่อรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม

2.6 มีขอบเขตความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์พื้นฐานระดับหนึ่ง

3. ด้านลักษณะนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Habits of mind) มี 11 องค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 ค่านิยมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

3.2 การคิดคำนวณและการประมาณค่า

3.3 การใช้ทักษะการจัดการและการสังเกต

3.4 ทักษะการสื่อสาร

3.5 ทักษะในการตอบสนองอย่างมีวิจารณญาณ

3.6 ทักษะการตัดสินใจ

3.7 ทักษะการแก้ปัญหา

3.8 ทักษะการใช้สารสนเทศ (Information skills)

3.9 ทักษะการประเมิน

3.10 ความซาบซึ้ง

3.11 Scientific vision imagination

3. ระดับของการรู้วิทยาศาสตร์

Bybee (Bybee R.W., 1997) เสนอวิธีการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในการเรียนชีววิทยาเป็นความต่อเนื่องของการทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติและการออกแบบโลก เริ่มต้นจากการไม่มีการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific illiteracy) การรู้วิทยาศาสตร์ระดับชื่อ (Nominal scientific literacy) การรู้วิทยาศาสตร์ระดับหน้าที่ (Function scientific literacy),การรู้วิทยาศาสตร์ระดับแนวคิดและกระบวนการ (Conceptual and procedural scientific literacy) และการรู้วิทยาศาสตร์ระดับมิติสัมพันธ์(Multidimensional scientific literacy) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ระดับ 1 Scientific illiteracy คือ ระดับที่ไม่เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ คือไม่สามารถนำข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องหรือตอบคำถามอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ไม่รู้คำศัพท์ แนวคิด บริบท หรือไม่มีความสามารถในการคิดเพื่อระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั้น

ระดับ 2 Nominal scientific literacy คือ การรู้วิทยาศาสตร์ในระดับรู้ชื่อหัวข้อทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีความเข้าใจในระดับที่ชัดเจน และยังมีมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconception)

ระดับ 3 Function scientific literacyคือการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่สามารถจดจำคำนิยามที่เหมาะสมและรู้สึกว่ามีความรู้ทางวิทยาศาสตร์บ้าง แต่ยังมีความรู้ที่จำกัดและมีความเข้าใจวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่สมบูรณ์

ระดับ 4 Conceptual and procedural scientific literacy คือการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่มีความสามารถและเข้าใจว่ากระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การถาม

ปัญหา การออกแบบเพื่อตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์โดยใช้เครื่องมือและเทคนิคที่เหมาะสม การพัฒนาคำอธิบายและรูปแบบการใช้หลักฐานและคำอธิบาย คำอธิบายที่หลากหลายและตระหนักถึงการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และคำอธิบาย

ระดับ 5 Multidimensional scientific literacy ถือเป็นเป้าหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ คือระดับที่มีความเข้าใจ สามารถจัดสรรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พวกเขาได้รับและเป็นส่วนหนึ่งของวัฒนธรรม ความสามารถในการเชื่อมโยงในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และปัญหาทางสังคม

UNESCO (อ้างถึงใน C. Yuenyong, 2006) อธิบายวิธีการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and technology literacy; STL) ในกิจกรรมการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. ระบุหัวข้อของ STL (เช่น นักเรียนตระหนักถึงคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และแนวความคิด)

2. หน้าที่ของ STL (เช่น การอธิบายแนวคิดตามความเข้าใจ)

3. โครงสร้างของ STL (เช่น การสร้างแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของนักเรียนแต่ละคน)

4. มิติสัมพันธ์ของ STL เช่น “การมอบอำนาจให้นักเรียนทุกคนเป็นผู้นำในการผลิตเพื่อการดำรงชีวิต” “ความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม” และความสามารถตลอดชีวิตเพื่อที่จะ “ถามและตอบคำถามที่เหมาะสม” โดยคำนึงถึงผลกระทบด้านสังคมและวัฒนธรรม

4. ความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์

Liu (อ้างถึงใน C. Yuenyong, 2006) กล่าวถึงผลของการรู้วิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้การตัดสินใจทางการเมืองดีขึ้น

2. การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีขึ้น

3. การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยลดไสยศาสตร์

4. การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยปรับปรุงพฤติกรรมบุคคล และ

5. การรู้วิทยาศาสตร์ช่วยสร้างโลกจริยธรรมมากขึ้น

คณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ เน้นว่า วิทยาศาสตร์ไม่ควรเป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของการศึกษาขั้นพื้นฐาน เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับทุกคน โดยเฉพาะการศึกษาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนควรส่งเสริมความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เพราะ

1. วิทยาศาสตร์เป็นส่วนสำคัญของวัฒนธรรมของมนุษย์และเป็นหนึ่งในจุดสูงสุดของความสามารถในการคิดของมนุษย์

2. ให้ห้องปฏิบัติการเป็นประสบการณ์ร่วมกันในการพัฒนาภาษาตรรกะและทักษะการแก้ปัญหาในห้องเรียน

3. มีความต้องการความเป็นประชาธิปไตย เพื่อให้บุคคลและชุมชนมีบทบาทพื้นฐานในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาที่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และพวกเขาจำเป็นต้องรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนความเข้าใจในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงปัญหาสาธารณะที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (เช่น สุขภาพ พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ อาหารและสิ่งแวดล้อม) รวมทั้งเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Holbrook and Rannikmae, 2007)

4. สำหรับนักเรียนบางคนจะเป็นอาชีพหรือการทำมาหากินไปตลอดชีวิต

5. ประเทศชาติ ขึ้นอยู่กับความสามารถทางเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ของประชาชนในการแข่งขันทางเศรษฐกิจและความต้องการของชาติ

5. การประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy assessment)

เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ “การเตรียมตัวผู้เรียนให้มีความพร้อมเพียงพอสำหรับอนาคต สามารถใช้ความรู้ในชีวิตจริง สามารถคิดได้ ทำได้ และแก้ปัญหาได้”(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) หรือการพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่รู้วิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งปัจจุบันมีองค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization foreconomic cooperation and development) หรือ OECD เป็นองค์กรที่ก่อตั้งโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Students Assessment) หรือ PISA เพื่อประเมินคุณภาพของระบบการศึกษา และประเทศไทยได้เข้าร่วมการประเมินผลมาตั้งแต่แรกจนครบสามครั้งในการประเมินรอบแรก (Phase I : PISA 2000, PISA 2003 และ PISA 2006) โดยโครงการPISA 2000 เน้นการประเมินด้านการอ่านเป็นหลัก PISA 2003 เน้นการประเมินการรู้ เรื่องคณิตศาสตร์ เป็นหลัก และ PISA 2006 เน้นการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นหลักส่วน การประเมินในรอบที่สอง (Phase II : PISA 2009, PISA 2012 และ PISA 2015) ใน PISA 2009 เน้นการประเมินด้านการอ่านเป็นหลักอีกครั้ง ส่วนการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ใช้กรอบการประเมินเช่นเดียวกับ PISA 2006 (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553)

แม้ว่า OECD จะเป็นองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ แต่ก็ยึดถือข้อตกลงเบื้องต้นว่า การพัฒนาทางการศึกษานำไปสู่ความสำเร็จของการพัฒนาทางเศรษฐกิจด้วยเหตุนี้ OECD จึงให้ความสำคัญกับตัวบ่งชี้ผลการจัดการศึกษา และได้นำเสนอข้อมูลให้ประเทศสมาชิกเห็นข้อเปรียบเทียบด้านทรัพยากรการเงิน การลงทุนทางการศึกษา และผลของการดำเนินการ หรือผลตอบแทนของการลงทุนทางการศึกษาตลอดมาเป็นเวลานับสิบปีมาแล้วโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA มีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินว่านักเรียนที่จบการศึกษาภาคบังคับ (ซึ่งถือเป็นข้อตกลงเบื้องต้นคือ เยาวชนอายุ 15 ปี เพราะโดยทั่วไปเยาวชนวัยนี้คือวัยที่กำลังจะจบการศึกษา

ภาคบังคับ) จะได้รับการเตรียมพร้อมความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในอนาคต และมีส่วนร่วมสร้างสังคมได้หรือไม่ เพียงใด

จุดเด่นของ PISA ได้แก่ การประเมินที่มองไปถึงชีวิตในอนาคต ไม่ใช่การประเมินตามเนื้อหาในหลักสูตรที่เรียนกันอยู่ในปัจจุบัน และเป็นการประเมินต่อเนื่อง โดยจำแนกเป็น 3 ระยะๆ ละ 3 ปี จุดเน้นของ PISA คือการประเมิน การรู้เรื่อง (Literacy) โดยยึดหลักการสำคัญ คือ ต้นแบบของการเรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งเน้นที่ความรู้และทักษะใหม่ ที่จำเป็น เพื่อการปรับตัวให้เข้ากับโลกที่เปลี่ยนแปลงซึ่งนักเรียนไม่สามารถเรียนรู้ทุกอย่างจากโรงเรียน แต่เพื่อให้เป็นผู้เรียนสามารถรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่อง การศึกษาจึงต้องให้ “ฐานราก” ที่มั่นคง

สำหรับ PISA 2006 และ PISA 2009 (โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) ได้กล่าวถึงปัญหาที่ใช้ในการที่จะระบุสิ่งที่ประชาชนควรรู้ คุณค่าและความสามารถในการกระทำในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น ว่าไม่ได้หมายถึงการตั้งคำถามเพื่อการเรียนรู้ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด แต่เป็นการตั้งคำถามให้เป็นแนวทางโดยอ้างอิงถึงสิ่งที่ประชาชนต้องการ โดยมีกรอบในการสร้างแบบประเมิน ดังนี้

1. ความรู้อะไรที่ประชาชนควรรู้อย่างเหมาะสม

คำตอบสำหรับคำถามนี้ แน่นอนต้องรวมถึงแนวคิดพื้นฐานของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ แต่ความรู้นั้นต้องเป็นความรู้ที่ใช้ในบริบทของชีวิต เพราะประชาชนต้องพบกับสถานการณ์ที่ต้องใช้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ให้ความรู้และให้คำอธิบายเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ นอกจากนี้ต้องมีความตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เทคโนโลยี (Science-based technologies) มีอิทธิพลต่อธรรมชาติของชีวิตยุคใหม่

2. อะไรเป็นสิ่งสำคัญสำหรับประชาชนต่อคุณค่าเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำตอบก็คือควรมีบทบาทและมีส่วนร่วมในสังคมของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ และให้ความสำคัญในบริบทของบุคคล บริบททางสังคมและบริบทของโลก ดังนั้นจึงน่าจะสามารถคาดได้ว่าบุคคลที่มีความสนใจในวิทยาศาสตร์ ก็คือผู้ที่สนับสนุนการดำเนินการสอบสวนทางวิทยาศาสตร์และกระทำด้วยความรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3. การให้ความสำคัญของแต่ละบุคคลเพื่อให้สามารถทำในสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์คืออะไร

ประชาชนมักจะมีการสรุปผลที่เหมาะสมจากหลักฐานและข้อมูลที่พวกเขาได้รับ พวกเขามีการประเมินการเรียกร้องโดยผู้อื่นบนพื้นฐานของหลักฐานที่นำมาให้ และพวกเขาต้องแยกความเห็นส่วนตัวจากหลักฐานที่มีอยู่ และมักจะเป็นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์แต่วิทยาศาสตร์มีบทบาทที่กว้างกว่าบทบาททั่วไป เพราะเกี่ยวข้องกับเหตุผลในการทดสอบความคิดและ

ทฤษฎีเกี่ยวกับหลักฐาน และวิทยาศาสตร์ยังรวมถึงความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการคุณลักษณะร่วมของบทบาทอย่างเสมอภาคในการทำความเข้าใจมนุษย์โลก

4. ประชาชนสามารถแยกแยะความแตกต่างการกล่าวอ้างเชิงวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่

ประชาชนทั่วไปมักจะไม่ตัดสินคุณค่าจากทฤษฎีหรือความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ แต่พวกเขาตัดสินใจบนพื้นฐานข้อเท็จจริงจากการโฆษณา หลักฐานในเรื่องกฎหมาย ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพและปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในท้องถิ่นและทรัพยากรธรรมชาติของตนผู้ที่ได้รับการศึกษาควรจะสามารถแยกประเภทของคำถามที่สามารถตอบโดยนักวิทยาศาสตร์และประเภทของปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์

การประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของ PISA 2006 และ PISA 2009 เป็นการประเมินเกี่ยวกับสาธารณูปโภคส่วนบุคคล ความรับผิดชอบต่อสังคมและคุณค่าภายในและภายนอกของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

โดย PISA 2009 ใช้กรอบการประเมินโดยใช้มุมมองของการรู้วิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญหลักสูตรวิทยาศาสตร์ในโรงเรียน เพื่ออธิบายการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ โดยประเมินทั้งด้านการคิดและคุณลักษณะ (Cognitive and affective) ของการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

1. ด้านการคิด (Cognitive aspects)

ประกอบด้วย ความรู้ของนักเรียนและความสามารถในการใช้ความรู้อย่างมีประสิทธิภาพในการทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยความรู้ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ และสืบเสาะหาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ทั้งที่เกี่ยวข้องกับตนเอง สังคมหรือโลก ในการประเมินความสามารถทางวิทยาศาสตร์ PISA ใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมทั้งที่เป็นปัญหาในปัจจุบันและหรือในอนาคตในการตัดสินใจ จากมุมมองของความสามารถทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน นักเรียนตอบสนองต่อปัญหาต่างๆ ในแง่ของความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลและการประเมินข้อมูล ความสามารถในการตีความจากหลักฐานและความสามารถในการระบุประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ด้านที่ไม่ใช่การคิด (Non-cognitive aspects)

โดยวิธีการตอบสนองด้านคุณลักษณะ (Respond affectively) ของนักเรียนเจตคติด้านความสนใจ การสนับสนุน และกระตุ้นให้ดำเนินการPISA 2006 (OECD, 2007) และ PISA 2009 ได้กำหนดกรอบโครงสร้างการประเมินผล โดยคณะผู้เชี่ยวชาญทางวิทยาศาสตร์ของ PISA ตามนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ที่ไม่เพียงหมายถึงความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ต้องมีความเข้าใจโลกธรรมชาติ (Natural world) และมีส่วนร่วมในการตัดสินใจที่ส่งผลต่อโลกธรรมชาติ “การรู้วิทยาศาสตร์” จึงมีการประเมินที่เกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้

1. ด้านบริบท (Context) ตระหนักถึงสถานการณ์ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยที่สถานการณ์หรือบริบท (Situations or contexts) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใน 3 ด้านหลัก คือ วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ วิทยาศาสตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม และวิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี

2. ด้านความรู้ (Knowledge) ความเข้าใจโลกธรรมชาติบนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) เป็นการเชื่อมโยงความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความรู้ของโลกธรรมชาติ (Knowledge of the natural world) และความรู้เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Knowledge about natural world)

2.1 ความรู้ของวิทยาศาสตร์ (Knowledge of science) หมายถึงความรู้ของโลกธรรมชาติ ในขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ เคมี วิทยาศาสตร์ชีวภาพ โลกและอวกาศ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.2 ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Knowledge about science) หมายถึงกระบวนการค้นคว้าหาความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific enquiry) ซึ่งจุดเน้นอยู่ที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และส่วนที่สองซึ่งมีความสัมพันธ์กับส่วนแรก คือ การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หรือ Scientific explanations) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific enquiry) จุดเริ่มต้น (Origin) เช่น อยากรู้อยากเห็น การตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์

จุดประสงค์ (Purpose) เช่น การแสดงหลักฐานที่ช่วยตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดปัจจุบัน / แบบจำลอง / ทฤษฎี / การสอบถามแบบสืบเสาะ

การทดลอง (Experiments) เช่น ความแตกต่างของคำถามที่นำไปสู่การตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน รวมถึงการออกแบบที่ต่างกัน

ชนิดข้อมูล (Data type) เช่น เ ชิงปริมาณ(การวัด) เชิงคุณภาพ (การสังเกต)การวัด (Measurement) เช่น ความเที่ยง/ความไม่แน่นอน รูปแบบ,ความถูกต้องแม่นยำ/ในอุปกรณ์และวิธีการ

ลักษณะของผล (Characteristics of results) เช่น ผลเชิงประจักษ์ ผลที่สามารถตรวจสอบได้ ผลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการทดลอง การทดสอบ

2.2.2 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanations)

ประเภท (Types) เช่น สมมติฐาน ทฤษฎี แบบจำลอง กฎ

การสร้าง (Formation) การแสดงข้อมูล เช่น บทบาทของความรู้และหลักฐานใหม่ ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ

ตรรกะข้อตกลง (Rules) เช่น ต้องสอดคล้องกับเหตุผล; จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์และความรู้ในปัจจุบัน

ผลลัพธ์ (Outcomes) เช่น ผลิตความรู้ใหม่ วิธีการใหม่ เทคโนโลยีใหม่ นำไปสู่คำถามใหม่และการตรวจสอบ

ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์แสดงถึงความต่อเนื่องของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) ความสามารถในการคิดเชื่อมโยงกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยหลายมิติ (Multiple dimensions) ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล (นันทวัน นันทวนิช, 2557)

3. ความสามารถ (Competencies) ได้แก่ ความสามารถดังต่อไปนี้ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identifying scientific issues) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using scientific evidence)

3.1 การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identifying scientific issues) รู้ว่าประเด็นปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ระบุได้ว่าจะต้องใช้หลักฐานประจักษ์พยาน หรือข้อมูลใดในการสำรวจตรวจสอบ (รู้คำสำคัญสำหรับการค้นคว้า) รู้ลักษณะของการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

3.2 การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ สร้างคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและสอดคล้องกับประจักษ์พยานบรรยายหรือตีความปรากฏการณ์และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในเชิงวิทยาศาสตร์ระบุบอกได้ว่าคำบอกเล่า บรรยาย คำอธิบาย และการพยากรณ์ใดสมเหตุสมผล

3.3 การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using scientific evidence) ตีความหลักฐาน ประจักษ์พยานหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ลงข้อสรุป และสื่อสารข้อสรุประบุข้อตกลงเบื้องต้น ประจักษ์พยาน (หลักฐาน) ที่อยู่เบื้องหลังข้อสรุปแสดงให้เห็นว่าเข้าใจแนวคิดและหลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์หรือบริบทต่างๆสะท้อนถึงนัยของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม

ซึ่งความสามารถเหล่านี้ต้องการให้นักเรียนแสดงออกมาด้วยตนเอง รวมถึงความรู้ความสามารถในการคิดและอื่นๆ เช่น ทัศนคติ ค่านิยมและแรงจูงใจของนักเรียนและการตอบสนองต่อปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude toward science) ประกอบด้วย ความสนใจในวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และความรับผิดชอบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความสนใจในวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเลือกหลักสูตร การเลือกอาชีพ และการเรียนรู้ตลอดชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่าง (บุคคล)ความสนใจในวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นหัวข้อในงานวิจัยมากกว่า 40 ปี แต่ยังมีการอภิปรายเกี่ยวกับการเชื่อมโยงสาเหตุ (Laugksch R.C., 2000) ซึ่งเป็นการประเมินความสนใจของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสังคมความตั้งใจที่จะได้รับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะ และการพิจารณาของอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

ปัญหาการรู้วิทยาศาสตร์

จากผลการจัดอันดับขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาโดย IMD (International Institue for Mangement Development) เมื่อปี 2554 พบว่า ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในอันดับที่ 51 จาก 57 ประเทศทั่วโลก จากเดิมที่เคยอยู่ในอันดับ 46 เมื่อปี 2550 ขณะที่ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ที่จัดขึ้นโดยโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Programme for International Student Assessment หรือ PISA เป็นโครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิก ที่ดำเนินการโดย Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ชี้ให้เห็นว่าเด็กไทยยังด้อยวิเคราะห์และพัฒนาการเรียนรู้ โดยค่าเฉลี่ยคะแนนในปี 2552 อยู่ในอันดับที่ 49 จาก 65 ประเทศ และมีสัดส่วนเด็กไทยเพียง 0.6 เปอร์เซนต์ ที่สามารถทำคะแนนอยู่ในระดับ Level 5 หรือ 6 ขณะที่ประเทศที่พัฒนาแล้วในกลุ่มองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา หรือ OECD มีสัดส่วนของนักเรียนที่มีผลการทดสอบอยู่ในระดับสูงอยู่ที่ 9.6 เปอร์เซนต์ โดยประเทศจีน (เซี่ยงไฮ้) และฟินแลนด์มีสัดส่วนของนักเรียนที่ทำคะแนนอยู่ในระดับสูงมากถึง 28.2 เปอร์เซนต์ และ 22 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

ผลการประเมินโดย PISA สะท้อนให้เห็นว่า ไทยจำเป็นต้องเร่งปรับปรุงพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญ ต่อขีดความสามารถในการแข่งขันโดยรวมของประเทศ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2555:99) ได้มีผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งได้แก่ ปัจจัยคุณภาพของครูผู้สอน เทคนิควิธีการสอนและการ จัดกระบวนการเรียนรู้ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักการคิดวิเคราะห์ ขาดรูปแบบวิธีการ เรียนการสอนที่เหมาะสม และขาดครูที่มีความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนการสอน

มนตรี จุฬาวัฒนทล (อ้างถึงใน วรรณงาม มาระครอง, 2553)แสดงความคิดเห็นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของไทยว่า ควรจะมีการเปลี่ยนแปลงใน 3 ประเด็นหลัก คือ

1. การเรียนการสอนที่เคยจำกัดเฉพาะในห้องเรียน และเคยปฏิบัติตลอดมา จนถึงวันนี้นับเป็นสิ่งที่ล้าสมัยแล้ว เพราะเป็นที่ยอมรับการโดยทั่วไปว่า การเรียนแต่ในห้องเรียนไม่ได้ทำให้เกิดประโยชน์ในการเรียนรู้ที่แท้จริง เพราะปัจจุบันองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ มีอยู่นอกห้องเรียนมากมาย นอกจากการหาความรู้จากอินเตอร์เน็ต ยังมีสิ่งที่น่าเรียนรู้อยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม ในชุมชน ในโรงงานต่าง ๆ หรือในวิชาชีพอื่น ๆ ดังนั้น การเรียนการสอนจะต้องขยายออกจากจากห้องเรียน เพราะการเรียนเพียงในห้องเรียนไม่ได้ทำให้เกิดผลประโยชน์ที่แท้จริง แต่ปัจจุบันการเรียนวิทยาศาสตร์มีข้อจำกัด ทั้งเรื่องของเวลาเรียน ทรัพยากรบุคคล ที่ไม่เพียงพอ ก็อาจจะต้องหาทางแก้ไข

2. สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญประการต่อมาคือ การพัฒนาครู ขณะนี้ครูไม่ควรจะทำหน้าที่เป็นเพียงผู้สอนเท่านั้น แต่จะต้องเรียนไปพร้อมกับนักเรียนด้วย เนื่องจากปัจจุบันโลกก้าวไปอย่างรวดเร็ว เทคโนโลยีก็ยิ่งไปได้เร็ว ดังนั้นครูจะต้องตามความเปลี่ยนแปลงให้ทัน ซึ่งครูอาจจะต้องเรียนมากกว่านักเรียน เพื่อจะสามารถเรียนรู้ในโลกของความเป็นจริง ความก้าวหน้าต่าง ๆ หากครูพัฒนาไปอย่างเชื่องช้า นักเรียนจะไม่เชื่อครู เพราะนักเรียนไปเร็วกว่า ดังนั้นทั้งนักเรียนและครูจะต้องเรียนรู้ตลอดเวลา

3. จำเป็นจะต้องมีการปฏิรูปเรื่องของการวัดผล ในการสอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทยในปัจจุบัน ทั้ง โอเน็ต เอเน็ต เอ็นที หรือหลาย ๆ ระบบ ประเด็นคือ จะต้องวัดผลจากผลการเรียนที่แท้จริง ที่เด็กจะนำไปใช้ได้ การวัดผลจะต้องวัดจากความคิด รู้จัดคิดเป็น แก้ปัญหาเป็น โดยจะต้องไม่เป็นเพียงการวัดผลจากการให้เลือกจากคำตอบ ใช่หรือไม่ใช่ ถูกหรือผิด แต่จะต้องเป็นการวัดผลอยู่บนฐานที่ทำให้นักเรียนสามารถใช้ความคิด มีกระบวนการทางการการคิดที่เป็นระบบมากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์

PISA เป็นโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาในการเตรียมความพร้อมให้ประชาชนมีศักยภาพหรือความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดย **PISA** เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงมากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน ปัจจุบันนี้มีประเทศจากทั่วโลกเข้าร่วมโครงการมากกว่า 70 ประเทศ การดำเนินงานของ PISA ในประเทศไทยมี สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

กระทรวงศึกษาธิการ เป็นผู้ดำเนินโครงการ PISA ในประเทศไทย โดยประสานความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอกทั้งในและต่างประเทศ

ผลการประเมิน PISA 2015 ภาพรวมของประเทศ/เขตเศรษฐกิจที่มีคะแนนสูงสุด 5 อันดับในแต่ละด้าน

1. ด้านวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สิงคโปร์ 556 คะแนน ญี่ปุ่น 538 คะแนน เอสโตเนีย 534 คะแนน จีนไทเป 532 คะแนน ฟินแลนด์ 531 คะแนน ตามลำดับ

2. ด้านการอ่าน ได้แก่ สิงคโปร์ 535 คะแนน แคนาดา 527 คะแนน ฮ่องกง-จีน 527 คะแนน ฟินแลนด์ 526 คะแนน ไอร์แลนด์ 521 คะแนน ตามลำดับ

3. ด้านคณิตศาสตร์ ได้แก่ สิงคโปร์ 564 คะแนน, ฮ่องกง-จีน 548 คะแนน มาเก๊า-จีน 544 คะแนน จีนไทเป 542 คะแนน ญี่ปุ่น 532 คะแนน ตามลำดับ

ซึ่งผลการประเมิน PISA 2015 ของประเทศไทยพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 493 คะแนน), ด้านการอ่าน 409 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 493 คะแนน) และด้านคณิตศาสตร์ 415 คะแนน (ค่าเฉลี่ย OECD 490 คะแนน)

ดังนั้นผลการสอบด้านวิทยาศาสตร์ของ PISA น่าจะสะท้อนศักยภาพในการรู้วิทยาศาสตร์ของเด็กไทยเมื่อเทียบนานาชาติได้ในระดับหนึ่ง และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ดูแลในระดับนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยควรทบทวนกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของเด็กไทย ทั้งการเรียนตามตำราในระบบการเรียนและการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

แนวความคิดทฤษฎีของการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ได้มีหน่วยงานและนักวิชาการได้กล่าวถึง ดังนี้

ประสาท เนืองเฉลิม (อ้างถึงใน ปารณีย์ แสงลับ, 2555) ได้ระบุคุณลักษณะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ที่เป็นแนวทางให้นักการศึกษาทั่วโลกได้ทำความเข้าใจในธรรมชาติการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพบริบทต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิรูปการเรียนรู้ การปฏิวัติทาง เทคโนโลยีสารสนเทศ การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และวัฒนธรรม ผู้เรียนต้องพัฒนา ตนเองในทุกๆ ด้าน และเต็มตามศักยภาพเพื่อให้พร้อมกับก้าวสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องมีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต มีทักษะทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่ดีเพื่อการติดต่อสื่อสารกับ เครือข่ายที่หลากหลายรูปแบบ สามารถสืบเสาะข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสื่อสาร อย่างสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยุคปฏิรูปจึงต้องตั้งคำถามสำคัญที่สอดรับกับสังคมฐานความรู้ ก็คือ “ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างไร?” น่าจะเป็นคำถามที่น่าสนใจและผู้สอนสามารถแปลงไปสู่การออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ ผู้สอนต้องเข้าใจในธรรมชาติของผู้เรียน

และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมว่า ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร (What do they know?) และเรียนรู้อย่างไร (How do they know?) ซึ่งจะช่วยจรรโลงให้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีคุณค่าและความหมายต่อชีวิต ผู้สอนต้องทำความเข้าใจภูมิหลังของยุคการเรียนรู้ ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนผ่านของแต่ละยุคแต่ละสมัยด้วยเหตุผลหลายประการ การทำความเข้าใจในภูมิหลัง ของยุคการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้สอนออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม หากจะแบ่งพัฒนาการการเรียนรู้ตามช่วงวัยของผู้เรียนสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ยุค Babyboom (เกิดระหว่างปีค.ศ.1945-1964) เป็นยุคของคนที่เกิดหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ปัจจุบันก็คือกลุ่มคนในองค์กรต่างๆ ที่อยู่ในช่วงวัย 50 ปี ขึ้นไป หลายคนมักมองว่าคนกลุ่มนี้เป็นหัวอนุรักษ์นิยมยึดมั่นและเคารพในประเพณีอันดีงาม มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย ดำรงชีวิตภายใต้กรอบศีลธรรม เรียนรู้ผ่าน การคิดและประเพณีวัฒนธรรมอันดีงามตามภูมิปัญญาของท้องถิ่น สั่งสมความดี ความงาม และถ่ายทอด สิ่งเหล่านี้สู่รุ่นหลังด้วยกระบวนการบ่มเพาะทางการศึกษาอย่างเป็นระบบ

2. ยุค Generation X (เกิดระหว่างปี ค.ศ. 1965-1980) คนกลุ่มนี้เรียนรู้ ผ่านการซึมซับ ประสบการณ์และคุณงามความดีผ่านรุ่น Baby boom และทำงานอยู่ในองค์กรต่างๆ เรียนรู้การทำงานอย่าง อิสระและสร้างสรรค์ผลงานด้วยจิตวิญญาณองค์ความรู้และวิทยาการต่างๆ ได้รับการสั่งสมและถ่ายทอดผ่าน จากรุ่น Baby boom เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ได้รับการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ความรู้จึงยิ่งได้รับ การผลิตออกมาอย่างหลากหลายและรวดเร็วยิ่งขึ้น และขณะเดียวกันก็เติบโตมายุคที่เทคโนโลยีสารสนเทศ เริ่มพัฒนาการ และการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเริ่มกระจายตัว รู้จักสืบเสาะค้นคว้าหาข้อมูล มีความคิด สร้างสรรค์ในการพัฒนานวัตกรรม กล้าแสดงออกมากกว่ารุ่น Baby boom เรียนรู้ที่จะเท่าเทียมและมีอิสระทาง ความคิดและบ่งบอกอัตลักษณ์ของตนเองมากขึ้น มีความสุขกับการทำงานที่เป็นประสบการณ์หลากหลาย และแปลกใหม่ มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารและสนทนาภาษาอังกฤษได้ดีขึ้น

3. ยุค GenerationY (เกิดระหว่างปีค.ศ. 1981-1997) เป็นกลุ่มที่เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนา ประเทศในยุคปัจจุบัน เพราะอยู่ในวัยเรียนและเริ่มทำงาน กลุ่มนี้เติบโตมาพร้อมกับความก้าวหน้าของเครือข่าย อินเทอร์เน็ตและสังคมออนไลน์ การเรียนรู้สิ่งต่างๆ จึงไม่คุ้นเคยกับบริบทที่ได้ยินได้ฟังผ่านรุ่น Baby boom การเรียนรู้ส่วนใหญ่เกิดขึ้นผ่านการเสพข้อมูลข่าวสารหลายๆวิธีไม่ว่าจะเป็น โทรศัพท์โทรทัศน์วิทยุอินเทอร์เน็ต การติดต่อสื่อสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความสามารถทางการสื่อสารไม่ว่าจะเป็นภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ภาษา คอมพิวเตอร์ กลุ่มนี้จะมีความคุ้นเคยและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยอมรับ ความแตกต่างทางภาษาและวัฒนธรรมของต่างชาติมากขึ้น ชอบทำงานเป็นทีม ต้องการทำงานที่มีโอกาสพูดคุยสร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน และเน้นให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม

4. ยุคคนที่เกิดหลัง Generation Y (เกิดหลังปีค.ศ. 1997-ปัจจุบัน) อาจเรียกว่า Generation Z เป็นกลุ่มที่กำลังเติบโตและมีพัฒนาการมาพร้อมกับการสั่งสมความรู้ต่างๆ ที่ได้รับสืบทอดในรูปแบบของวัฒนธรรม อย่างก้าวกระโดด ในขณะเดียวกันพัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศก็พัฒนาอย่างรวดเร็ว ผู้เรียนสามารถ เรียนรู้สิ่งต่างๆ ผ่านปลายนิ้วสัมผัสหน้าจอเครื่องมือสื่อสาร การสืบเสาะค้นคว้าข้อมูลเป็นเรื่องที่ไม่ยุ่งยากมาก เกินไป การเรียนรู้ภาษาและวัฒนธรรมต่างๆ สะดวกมากยิ่งขึ้น มีความสุขกับการทำงานร่วมกับกลุ่มเพื่อน รู้จัก สื่อสารผ่านสังคมออนไลน์และแลกเปลี่ยนแนวคิดตนเองกับสังคมอย่างอิสระ ชอบท่องเที่ยว เผชิญโลกกว้างและ รับรู้ประสบการณ์ใหม่ๆ ผู้เรียนวัยนี้ต้องการที่จะให้ผู้อื่นยอมรับโดยการแสดงความต้องการและความรู้สึกมากขึ้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการการเรียนรู้ ช่วยให้นักการศึกษาเข้าใจพัฒนาการทางความคิดเช่นกัน เมื่อสังคมเริ่มเกิดปรับตัวไปสู่โลกกว้างด้วยสื่อสังคมออนไลน์ สังคมเริ่มหันมาตระหนักถึงความสำคัญของการเสพข้อมูลที่ต้องใช้วิจารณญาณ คิดไตร่ตรอง มองให้กว้างยึดหลักการเข้าถึงความรู้ความจริงที่ผ่านประสบการณ์ตรง ดังคำกล่าวของ Marcus Aurelius ที่ว่า“Everything wehear isanopinion,notafact.Everything weseeisa perspective,not thetruth.”แต่ข้อมูลที่ได้รับส่วนใหญ่มักเป็นข้อมูลทุติยภูมิหรือตติยภูมิการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักวิเคราะห์ วิจารณ์ และสืบเสาะหาความรู้ความจริง สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ผู้สอนต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่ให้ผู้เรียนได้ออกไปเผชิญการเปลี่ยนแปลงเรียนรู้ ทักษะไปพร้อมๆกับทฤษฎีค้นคว้าหาความรู้ ด้วยตนเองโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องบูรณาการศาสตร์ต่างๆและบ่มเพาะเรื่องสิทธิเสรีภาพ และความเป็นพลเมืองตามระบอบประชาธิปไตย ต้องอาศัยการคิดแก้ปัญหาร่วมกัน กับทุกภาคส่วน คิดอย่างมีวิจารณญาณต่อผลกระทบที่ตามมาหลังจากนำนวัตกรรมไปใช้ และสิ่งสำคัญที่จะ ทำให้เกิดการเรียนรู้และต่อยอดสู่การพัฒนานวัตกรรมก็คือ ทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์และมีประสิทธิภาพ

ผู้สอนต้องเชื่อเป็นพื้นฐานว่าผู้เรียนทุกคนมีศักยภาพในการเรียนรู้ แต่ต้องได้รับการสนับสนุน ชี้แนะ อย่างเหมาะสม ผู้เรียนแต่ละคนสามารถประเมินความก้าวหน้าการเรียนรู้ของตนเองได้ ผู้สอนเปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดงความสามารถและทักษะต่างๆ ผ่านกิจกรรมกลุ่ม คิดจินตนาการ ทดลอง ลงมือทำ อภิปราย และ สะท้อนคิดซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักจดจำได้อย่างยาวนาน เรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อสามารถแก้ปัญหาตาม วิถีทางแบบประชาธิปไตยมากขึ้น กล่าวได้ว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้จึงมุ่งพัฒนาทั้งความรู้ และทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ดังนี้

1. ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) การเรียนรู้ของ คนในศตวรรษที่ 21 ผ่านการสืบค้นข้อมูลข่าวสารที่มีอย่างมหาศาล ต้องสามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์และตัดสินใจ นำข้อมูลที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนานวัตกรรม หากเมื่อไรก็ตามการสอนที่เน้นความรู้อย่างเดียว ความรู้ก็จะล้าสมัยอย่างรวดเร็ว ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งที่ผู้สอนต้องสอดแทรกและส่งเสริมเข้าไปในกิจกรรม การเรียนการสอนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รู้จักวิธีการแสวงหาความรู้และนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์สร้างสรรค์ ออกมาเป็นนวัตกรรมที่มีมูลค่า ความคิดสร้างสรรค์มิใช่แค่หมายความว่าสร้างขึ้นมาใหม่หรือพัฒนาสิ่งเดิม ให้ดีขึ้นเท่านั้น หากแต่ต้องสร้างสรรค์ภายใต้ขอบเขตที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อ สังคมหรือนำมาต่อการทำลายสิ่งแวดล้อม

2. ทักษะด้านสื่อสารสนเทศและเทคโนโลยี (Information, Media, and TechnologySkills) ผู้เรียนควร ได้รับการพัฒนาทักษะด้านสารสนเทศเนื่องจากยุคสมัยนี้เกิดภาวะข้อมูลล้น (Overload Information) การรับรู้ สารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ต้องอาศัยกระบวนการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้สัมผัส คุ้นเคยและสามารถ ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้ การเรียนการสอนจึงต้องปลูกฝังและบ่มเพาะความคิดเรื่องการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดตัดสินใจ ผู้เรียนสามารถเลือกบริโภคข้อมูลข่าวสารและ การใช้ชีวิตได้ว่าสิ่งใดมีคุณค่าแท้ คุณค่าเทียม ไม่ใช่เลือกเสพหรือบริโภคตามคำโฆษณาชวนเชื่อ หรือตาม แฟชั่นนิยม

3. ทักษะชีวิตและอาชีพ (Lifeand CareerSkills) การทำความเข้าใจชีวิต การเห็นคุณค่าของชีวิตตนเอง และผู้อื่น เป็นเรื่องสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนดำรงชีวิตอยู่ในสังคมร่วมผู้อื่นได้อย่างปกติสุข (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2533) รู้จักที่จะประกอบอาชีพอย่างสร้างสรรค์รู้จักสร้างเครือข่ายองค์กรทั้งในโลกแห่งความเป็นจริง โลกเสมือนจริงและ เรียนรู้สังคมข้ามวัฒนธรรมการประกอบอาชีพต้องยึดมั่นในจรรยาบรรณวิชาชีพเชื่อถือได้ มีความรับผิดรับชอบ ต่อหน้าที่ตนเองและรู้จักรับผิดชอบต่อสังคม รักษ์โลกรักษ์สิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้ เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) จึงเป็นการเรียนรู้ที่จะช่วยให้ผู้เรียน เข้าใจและอยู่ร่วมกับสังคมอย่างปกติสุขได้ เป็นการเรียนรู้ที่เท่าทันยุคเปลี่ยนผ่านทางการศึกษา ซึ่งการเรียน วิทยาศาสตร์ไม่ได้หยุดอยู่แค่กิจกรรมในห้องเรียนหรือการเรียนในระบบ หากแต่ต้องเรียนรู้ตลอดชีวิต รับรู้ข้อมูล ข่าวสาร คิดไตร่ตรอง ตัดสินใจอย่างใคร่ครวญ และเมื่อต้องทำกิจกรรม ได้ที่กระทบต่อสังคมย่อมต้องอาศัยการมีส่วนร่วมและความเป็นพลเมือง (Citizenship) ผ่านการเรียนการสอน พลเมืองศึกษาที่สอดแทรกเข้าสู่กิจกรรมการเรียนการสอน สร้างเสริมความตระหนักและจิตสำนึกความเป็นพลเมืองดี ในวิถีประชาธิปไตย (อำนาจ เกษศรีไพร และ อมรรัตน์ วัฒนาธร, 2553)

การเรียนเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ในชั้นเรียนยังไม่ใช่การเรียนรู้ที่แท้จริงทั้งหมด เป็นเพียงกรณีศึกษา หรือการสมมติสถานการณ์ ผู้สอนต้องออกแบบการเรียนรู้ที่ใกล้เคียงชีวิตจริงที่สุด

การเรียนรู้จึงขึ้นอยู่กับบริบทหรือ สภาพแวดล้อมในขณะเรียนรู้ (อิศรปรีดา, 2549) การสมมติที่คล้ายจะเกิดในชีวิตจริงก็เปรียบได้กับ ความสมจริงเพียงบางส่วนแต่การเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นเชิงประสบการณ์(Experiential Learning) จะต้องพา ผู้เรียนออกจากกรอบทฤษฎีที่ไม่เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้จริง การเรียนรู้ที่แท้จริงต้องนำพาผู้เรียนสู่ความคิด ให้กว้างไกลและลงมือทำโดยใช้ทักษะที่จำเป็นได้อย่างลึกซึ้ง ปฏิบัติด้วยความเข้าใจและนำไปปรับใช้ได้ใน สถานการณ์จริง

แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การเรียนรู้ที่มีพลังต้องเกิดจากแรงบันดาลใจของผู้เรียน เมื่อได้เห็น สัมผัส เข้าใจ และสนุกกับกิจกรรม ตามที่ผู้สอนได้ออกแบบการเรียนรู้ และผู้สอนก็คือแรงบันดาลใจหนึ่งของผู้เรียนเพื่อที่จะเป็นหรืออยากจะเป็น บุคคลที่มีความใฝ่ รู้ใฝ่ เรียน ถึงแม้ว่าความรู้ทั้งหลายได้แพร่กระจายในโลกอินเทอร์เน็ต ผู้เรียนสามารถเข้าถึง ความรู้ได้ทุกที่ ทุกเวลา เรียนรู้ที่จะเสพข้อมูลอันเป็นประโยชน์ประกอบกับมีทักษะการคิดขั้นสูง รู้จักวิเคราะห์ วิจารณ์ข้อมูลข่าวสารและนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ แต่อย่างไรก็ดี คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตไม่สามารถสอน ความเป็นมนุษย์ได้ เป็นเพียง แค่สื่อและเครื่องมือที่นำพาผู้เรียนเข้าถึงแหล่งความรู้ ผู้สอนจึงยิ่งมีบทบาท สำคัญในกระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุขและสร้างสรรค์

การออกแบบการเรียนรู้ควรเกิดจากการสื่อสารทั้งสองทางคือผู้เรียนและผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มี ส่วนร่วมกับการออกแบบและประเมินการเรียนรู้ตามความต้องการที่เหมาะสม เมื่อการมีส่วนร่วมเกิดขึ้นก็จะเกิดความรับผิดชอบร่วมกันในกระบวนการเรียนการสอน ผู้เรียน จะรู้สึกเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนการสอนด้วยเรียนรู้ที่จะปรับความคิด ปรับตัวให้กลมกลืนกับสภาพแวดล้อม การเรียนรู้ การมอบหมายงาน บทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบ จึงถือเป็นการฝึกภาวะผู้นำและผู้ตาม และการ ดำเนินชีวิตแบบประชาธิปไตยในวิถีทางที่ควรจะเป็น ซึ่งการออกแบบการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียน ในศตวรรษที่21 ควรมีลักษณะดังนี้

1. การเรียนรู้ตามสภาพจริง (AuthenticLearning) ผู้เรียนคือผู้สร้างความรู้การเรียนรู้ก็ควรจะ มีคุณค่าและความหมายที่แท้จริงต่อชีวิต การเรียนการสอนควรสะท้อนความเป็นจริงของชีวิต โดยที่ผู้สอนจัด สถานการณ์ให้มีความน่าสนใจและให้ความรู้ที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ในสถานการณ์ประจำวัน เนื้อหาสาระ วิทยาศาสตร์จึงไม่ควรห่างไกลจากความเป็นจริงของชีวิต บางครั้งการเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ยากไปจับต้องไม่ได้ ผู้เรียนไม่ได้เห็นความรู้ ที่แท้จริงก็จะเกิดความเบื่อหน่ายและพัฒนาไปเป็นเจตคติที่ไม่ดีต่อ วิทยาศาสตร์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542)

2. การสร้างมโนธรรมสำนึก (Mental Model Building) การเรียนรู้ในเนื้อหาสาระวิชาเพื่อให้ สร้างความรู้หรือต่อยอดเป็นภูมิปัญญา ก็อาศัยการเรียนการสอนเป็นเครื่องมือในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา แก่ผู้เรียน พัฒนาให้เป็นคนเก่ง มีความรู้ความสามารถ แต่การจะเติมความเป็นมนุษย์ให้สมบูรณ์ก็คือการอบรม บ่มนิสัย การปลูกฝังความเชื่อหรือค่านิยมในคุณงามความดีการ

เรียนการสอนจึงต้องบูรณาการมโนธรรมสำนึก เข้าไปด้วย เรียนรู้ตนเอง เข้าใจตนเอง เรียนรู้คนอื่น เข้าใจคนอื่น ก็จะทำให้เกิดการสร้างโลกทัศน์ทั้งแนวกว้าง และแนวลึก ไม่ดิ่งเดี่ยวมองเอาความเก่งเป็นตัวตั้ง เรียนรู้ในสิ่งที่รู้และไม่รู้ไปพร้อมๆ กัน ให้เกียรติและเคารพ ในความไม่รู้เปิดใจให้กว้าง ยอมรับข้อมูลหลักฐานใหม่ๆและให้เกียรติแก่บุคคลรอบข้าง

3. แรงจูงใจภายใน (Internal Motivation) การเรียนรู้ที่แท้จริงต้องเกิดจากฉันทะ ซึ่งเป็นปัจจัย ภายใน (Intrinsic Factor) เป็นกลไกสำคัญในการผลักดันให้เกิดความกระหายใคร่รู้ อยากเรียนรู้โลกรอบตัวอย่าง ต่อเนื่อง ซึ่งแรงจูงใจภายในควรได้รับการบ่มเพาะตั้งแต่วัยเด็ก (Laugksch R.C., 2000) ผู้เรียนจะเกิดแรงขับภายใน และ วางเป้าหมาย ลงมือกระทำอย่างมุ่งมั่น เพื่อให้สำเร็จตามสิ่งที่คาดหวัง เช่น เด็กบางคนอยากเป็นครู เพราะเห็น ตัวอย่างต้นแบบที่ดีเห็นครูเก่ง น่ารัก พูดจาไพเราะ และเป็นบุคคลที่น่าเคารพนับถือ เมื่อเด็กเห็นอย่างไรก็จะ สั่งสมความรู้สึกนั้นมากขึ้นจนกลายเป็นเจตคติที่ดีต่อครูก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน และนำไปสู่การสร้างแรง บันดาลใจที่จะเรียนรู้

4. พหุปัญญา (Multiple Intelligences) แนวคิดเรื่องความสามารถหรือเก่งที่ไม่ได้จำกัดแค่ สมองซีกซ้ายอย่างเดียวหรือเรียนเก่งในเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเท่านั้น ซึ่งประเด็นนี้ได้รับการอภิปราย อย่างกว้างขวาง นักการศึกษาได้นำมาใช้ในการออกแบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล นักการศึกษายุคใหม่เชื่อว่าแต่ละคนมีความถนัดหรือปัญญาที่ติดตัวมาแต่กำเนิดแตกต่างกัน สไตล์การเรียนรู้ ก็แตกต่างกัน ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีเพียงแค่แนวทางเดียวก็ไม่สามารถตอบสนองความ แตกต่างของผู้เรียนได้ทั้งชั้นเรียน

5. การเรียนรู้ทางสังคม (Social Learning) การเรียนรู้เป็นกิจกรรมทางสังคม ทุกคนมีบทบาท หน้าที่และมีปฏิสัมพันธ์การเรียนรู้ ร่วมกัน การทำความเข้าใจนิสัยใจคอผู้อื่นจะช่วยให้รู้เขาเรา เข้าใจปรับตัวให้อยู่ร่วมกับคนอื่นได้ การสร้างสังคมทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ควรให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยน เรียนรู้ข้อมูลร่วมกัน เรียนรู้ความเป็นมนุษย์รู้จักรักเกลียด แพ้ชนะให้อภัยและเข้าใจความเป็นไปของชีวิตมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรเป็นไปเพื่อตอบสนองคุณค่าและความหมายที่แท้จริงของชีวิต ผู้เรียนได้คิด จินตนาการ ลงมือทำ และประสบพบเจอด้วยตนเอง สร้างความตระหนักต่อตนเองการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (ExperientialLearning)ซึ่งนับว่ามีความสำคัญและใกล้เคียงกับสภาพการเรียนรู้ของคนในยุคปัจจุบัน การสัมผัส เห็นของจริง ลงมือทำ และวิจารณ์ผล จัดว่าเป็นสภาพการเรียนรู้ที่สมเหตุสมผล ผู้สอนคือสิ่งเร้าของการเรียน การสอนที่เน้นประสบการณ์และคุณภาพของสิ่งเร้า (Quality of Stimuli) นั่นเองที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการจัด การเรียนการสอน การเรียนการสอนที่สะท้อนคิดบนพื้นฐานของการมีส่วนร่วมทางประสบการณ์การเรียนรู้ภายใต้ บริบทที่แตกต่างกัน โดยที่ผู้เรียนสร้างความรู้จากสิ่งที่สัมผัสและสื่อสารออกมาเป็นความรู้สึกนึกคิดของตนเอง และ สะท้อนสิ่ง

ที่ได้เรียนรู้แบ่งปันสู่เพื่อนในชั้นเรียน สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ร่วมกัน ส่งเสริมการศึกษาประชาธิปไตยแบบสร้างสรรค์ความรู้ที่ได้จะเกิดเป็นความเข้าใจ ที่คงทน ซึ่งการที่จะนำพาผู้เรียนไปสู่เป้าหมายนั้นได้จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสม

การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความนิยมว่าสอดคล้องกับการเรียนรู้ ของคนในศตวรรษที่ 21 เนื่องด้วยสภาพการเรียนรู้ของคนในยุคนี้เปลี่ยนแปลง ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับครอบครัว ชุมชน ทั้งในแบบที่เป็นทางการและแบบที่ไม่เป็นทางการ การจัดการเรียนรู้ก็ต้องคล้อยตามสภาพบริบทชุมชน ที่เปลี่ยนไป กิจกรรมต้องผ่านการปฏิบัติทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ผ่านการทำโครงงาน ผู้เรียนได้วิเคราะห์วิจารณ์และวิพากษ์โดยกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องให้ชุมชนเข้ามีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนการศึกษา เรียนรู้ในระบบเครือข่ายเรียนรู้จากการส่งผ่านความรู้ด้วยการจัดการความรู้การอภิปราย การอ่าน การวิเคราะห์และการสะท้อนคิด ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนเกิดการเรียนรู้ไปพร้อมๆกัน

การเรียนรู้เชิงประสบการณ์เป็นการเรียนการสอนที่ต้องทำความเข้าใจปรัชญา และวิธีการปฏิบัติอย่าง ถ่องแท้ประกอบด้วย 4 ประการ คือ การให้การศึกษาคือความสัมพันธ์ (Educating is a Relationship) การให้การศึกษาเป็นองค์รวม (Educatingis Holistic) การให้การศึกษาเป็นการแนะนำการเรียนรู้ (Educatingislearningoriented) และการให้การศึกษาเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (EducatingisLearner Centered)ซึ่ง Kolb ได้สรุป ลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. การเรียนรู้ดีที่สุดคือการทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์จากกระบวนการไม่ใช่ผลลัพธ์ (Learning is best conceived as a process, not in terms of outcomes) การเรียนเนื้อหาสาระต่างๆ ความรู้เป็นชุดของ ข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับ การเรียนรู้จึงควรให้ผู้เรียนได้ซึมซับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ผู้เรียนเรียนรู้ อะไรและเรียนรู้อย่างไร น่าจะเป็นคำตอบที่ดีกว่าแค่ทราบจากผลลัพธ์ทางการเรียนด้วยคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แต่ควรประเมินจากกระบวนการหรือการปฏิบัติของผู้เรียน เพราะการเรียนรู้เกิดขึ้นทุกขณะในกระบวนการเรียนการสอนและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่หลากหลาย

2. การเรียนรู้คือการเรียนรู้ซ้ำ (AllLearningis Re-Learning) การเรียนรู้ที่ดีต้องเอื้ออำนวยให้ ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและการลงมือปฏิบัติการคิดและทำซ้ำๆ บ่อยๆ เป็นการสร้างความชำนาญ สอดคล้อง กับหลักการว่าด้วยสมองกับการเรียนรู้ เมื่อมีการทวนเนื้อหาซ้ำ ย้ำกระบวนการ ผู้เรียนก็เกิดทักษะและความ ชำนาญในการแก้ปัญหาและเรียนรู้ที่จะค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย สามารถเชื่อมโยงระหว่าง ประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เข้าด้วยกัน จนเกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสภาวะสมดุล

3. การเรียนรู้ต้องการการปรับความขัดแย้งทางปัญญาเพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล (Learning requires the resolution of conflicts between dialectically opposed modes of adaptation to the world) ความขัดแย้ง ความแตกต่าง ระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เป็นแรงขับที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียน ต้องการค้นคว้าหาคำตอบ และแสวงหาวิธีการเพื่อนำตนเองไปสู่การเรียนรู้ สิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ดีหากมีการ สะท้อนคิด การลงมือทำ การเข้าไปสัมผัส การเข้าไปมีประสบการณ์และการคิดไตร่ตรอง

4. การเรียนรู้เป็นกระบวนการแบบองค์รวมของการปรับเข้าสภาวะสมดุล (Learning is a holisticprocessofadaptation)การเรียนรู้ไม่ใช่เพียงแค่ผลลัพธ์ทางสติปัญญาแต่เกี่ยวพันกับสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น ภายในตัวบุคคล ไม่ว่าจะเป็นการคิด การรับรู้ความรู้สึกและพฤติกรรม

5. การเรียนรู้เป็นผลมาจากการเสริมสร้างระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม (Learning results from synergetic transactions between the person and the environment) การเรียนรู้ได้รับอิทธิพลจาก ปัจจัยภายใน ได้แก่ พันธุกรรมและพัฒนาการตามวัย และปัจจัยภายนอกที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ได้แก่ การจัด สภาพแวดล้อม การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ลักษณะทางกายภาพของห้องเรียน การจัดสื่อและแหล่งเรียนรู้

6. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสร้างสรรค์ความรู้ (Learning is the process of creating knowledge) ความรู้มีสองแบบ คือ ความรู้ทางสังคมที่เกิดจากบริบทสภาพทางสังคม สิ่งแวดล้อมและภูมิหลัง ของผู้เรียน และความรู้ที่มาจากตัวบุคคลเกิดจากความคิด ความเชื่อส่วนบุคคลที่มีต่อประสบการณ์ต่างๆ การส่งถ่าย ความรู้จึงเกิดขึ้นด้วยกระบวนการที่เหมาะสมระหว่างบุคคลรอบข้างและสภาพแวดล้อมสู่ตัวผู้เรียน

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะมีคุณค่าและความหมายที่แท้จริงเมื่อเข้าไปมีประสบการณ์ตรงนำไปสู่การคิด การเข้าใจการตัดสินใจการลงมือทำ และการเข้าไปมีความรู้สึกกับสิ่งที่กระทำ แต่ความยุ่งยากในทางการศึกษาคือจะทำอย่างไรให้ผู้เรียนมีประสบการณ์มากกว่าแค่ความคิดเห็น ต่อสิ่งที่เรียน บ่อยครั้งการเรียนบนกระดาษและในความคิดอาจไม่ได้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คงทนและ รู้สึกถึงความจริง ความดี ความงามของธรรมชาติโดยนัยของธรรมชาติการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ยิ่งต้องเข้าไป มีประสบการณ์ที่พิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ จึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนาผู้เรียนเข้าใจและซึมซับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

บทบาทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

บทบาทและหน้าที่ในกระบวนการจัดการเรียนการสอนย่อมเป็นสิ่งคู่กัน ผู้สอนมีหน้าที่ในการถ่ายทอด ความรู้ผู้เรียนมีหน้าที่ในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง แต่สิ่งที่สำคัญคือบทบาทที่เป็นปัจจัยชี้ ขาดความสำเร็จ ของการจัดการเรียนการสอนที่จะกระตุ้นให้ถึงระดับของการเรียนรู้ (Threshold of Learning) ผู้สอนต้องปรับ การสอนให้ตนเองเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียน

ได้ออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ ที่มีคุณค่า จัดบรรยากาศให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ร่วมกันกับผู้อื่น ซึ่งโดยลำพังผู้เรียนกับผู้สอนก็ไม่อาจทำให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำเร็จได้ ทั้งนี้ต้องอาศัย ความร่วมมือจากหลายภาคส่วนในการผลักดันและขับเคลื่อนให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดีขึ้น

1. บทบาทผู้เรียน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เพราะความรู้เกิดได้จาก กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมไม่ว่าจะเป็นกระบวนการทางการศึกษา การมีส่วนร่วมทางการเรียนรู้ การจัด ประสบการณ์ที่หลากหลาย แต่ที่สำคัญก็คือการเรียนเป็นมิติที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยสามารถสรุปบทบาทผู้เรียน วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ได้ดังนี้

1. ผู้เรียนคือผู้ที่ตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้ รับการกระตุ้นจากบทเรียนหรือ สภาพแวดล้อมทางสังคมและสิ่งแวดล้อม

2. ผู้เรียนคือผู้ที่วางแผนการเรียนรู้ ซึ่งอาจเป็นทั้งการวางแผนร่วมกับผู้สอนหรือกลุ่มผู้เรียน ด้วยกัน การวางแผนจะช่วยกระตุ้นกระบวนการคิดและการทำงานกลุ่ม การเรียนรู้และ ทำความเข้าใจผู้อื่น

3. ผู้เรียนคือผู้ที่ร่วมกันเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ การลงมือกระทำและการแก้ปัญหาร่วมกัน

4. ผู้เรียนคือผู้สรุปความรู้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในสิ่งที่ได้คิด และลงมือกระทำ

5. ผู้เรียนคือผู้ที่สะท้อนคิดที่มีต่อบทเรียนและที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

6. ผู้เรียนคือผู้ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษากับชุมชน ก่อให้เกิดกระบวนการมี ส่วนร่วมทางการศึกษาผ่านผู้ปกครองชุมชน และสถาบันการศึกษา

7. ผู้เรียนคือผู้ที่มีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการเรียนรู้และพัฒนาสังคมโดยอาศัยการศึกษา แบบประชาธิปไตย

8. เมื่อผู้เรียนเข้าใจบทบาทตนเองตามวิถีทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ก็จะเป็นองค์ประกอบ หนึ่งที่ทำให้บรรลุเป้ าหมายและปรัชญาของวิทยาศาสตร์ศึกษา ผู้เรียนคือผู้คิด ตั้งคำถาม วางแผน ลงมือกระทำ สรุปและสะท้อนผลการเรียนรู้

2. บทบาทผู้สอน

มิติของผู้สอนที่ต้องปรับความคิด เปลี่ยนความเชื่อต่อการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 โดยตระหนักว่าการเรียนการสอนย่อมต้องเปลี่ยนแปลงตามกระแสของโลกาภิวัตน์ การทำความเข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้ การปฏิวัติทาง

เทคโนโลยีสารสนเทศ การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ ต่อทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น การเอาเนื้อหาวิชาเป็นตัวตั้งและการประเมินผลการเรียน เพื่อตัดสินจึงอาจไม่เหมาะสมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สำหรับยุคนี้ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของผู้สอนได้ ดังนี้

1. ผู้สอนคือผู้ที่ออกแบบการเรียนรู้อย่างเหมาะสม เพราะผู้สอนคือหนังสือเรียนเล่มใหญ่ที่ได้ บรรจุความรู้และทักษะต่างๆไว้อย่างมหาศาล

2. ผู้สอนคือผู้ตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน

3. ผู้สอนคือผู้สร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึด เป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุข

4. ผู้สอนคือผู้ที่ชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม

5. ผู้สอนคือผู้ที่จัดสถานการณ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับกระบวนทัศน์การเรียนรู้ในศตวรรษที่21

6. ผู้สอนคือผู้ผลิต จัดหา คัดสรร สื่อและแหล่งการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับและ ขยายโครงสร้างทางปัญญา

7. ผู้สอนคือผู้ที่ประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยสร้างเครื่องมือประเมินการเรียนรู้และสะท้อนผล เพื่อการพัฒนามากกว่าการตัดสิน

ผู้สอนนอกจากจะต้องออกแบบการเรียนการสอน จัดกิจกรรมการเรียนการสอนและประเมินการเรียนรู้ ยังต้องทำความเข้าใจเรื่องหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องสำคัญในศตวรรษนี้เนื่องจากความรู้ ได้รับการผลิตอย่างมากมายและรวดเร็ว แต่จำนวนระยะเวลาที่กำหนดในหลักสูตรนั้นมีจำกัด การวิเคราะห์ หลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้จึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้สอนไม่น้อยกว่าที่ผู้เรียนต้องเรียนผ่านกิจกรรม ห้องเรียนวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์ รู้จักพัฒนานวัตกรรมทางการเรียนการสอน และจัดสภาพแวดล้อมที่สร้าง แรงบันดาลให้ผู้เรียนเรียนรู้ตลอดชีวิต และประการสำคัญก็คือผู้สอนต้องมีความเข้าใจในวิชาชีพครูและปฏิบัติตน ตามที่จรรยาบรรณวิชาชีพ

3. บทบาทผู้ปกครอง

การจัดการศึกษาที่ผ่านมา ผู้ปกครองก็เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่เนื่องด้วยความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเหมือนกับประหนึ่งว่าเป็นเพียงผู้ที่นำผู้เรียนมาฝากไว้กับสถานศึกษาส่วนผู้ปกครองก็ประกอบสัมมาอาชีพและอุดหนุนสถาบันการศึกษาในลักษณะค่าบำรุงการศึกษา ซึ่งในความ เป็นจริงแล้ว วิถีชีวิตส่วนใหญ่ของผู้เรียนได้รับอิทธิพลมาจากพื้นฐานทางครอบครัว และแต่ละวันก็อยู่กับครอบครัว และสิ่งแวดล้อมทางชุมชนมากกว่าในสถานศึกษา ดังนั้น การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้ผู้ปกครอง ควรเข้ามีบทบาทในการ

พัฒนาผู้เรียนในฐานะที่เป็นปัจจัยนำเข้าและปัจจัยส่งออกของกระบวนการทางการศึกษา ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของผู้ปกครองได้ดังนี้

1. ผู้ปกครองคือผู้ที่บ่มเพาะคุณลักษณะอันพึงประสงค์ผู้เรียนร่วมกับสถาบันการศึกษา ทั้งก่อน ระหว่างและหลังการจัดการศึกษาในระบบ

2. ผู้ปกครองคือผู้ที่ร่วมกำหนดทิศทางและวางแผนการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับภาคีองค์กรต่างๆ ในการให้การศึกษาที่เหมาะสมแก่ผู้เรียน

3. ผู้ปกครองคือผู้ที่มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ ของผู้เรียนทั้งที่เป็นแบบทางการและแบบ ไม่เป็นทางการ

4. ผู้ปกครองคือผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่น สามารถมีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นบ้านร่วมกับผู้สอนและสถาบันการศึกษาได้เป็นอย่างดี

5. ผู้ปกครองคือผู้ที่ต้องเรียนรู้และพัฒนาตนเองอยู่ตลอดเวลา เพื่อเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อน คุณภาพทางการศึกษา

6. ผู้ปกครองคือผู้ที่สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และนำไปสู่กำหนดทิศทางการศึกษาในระดับ ที่สูงขึ้น

7. ผู้ปกครองก็มีส่วนสำคัญในการยกระดับคุณภาพการศึกษา และผลผลิตที่ได้ก็คือบุตรหลาน ที่จะต้องออกไปรับใช้ภาคสังคมตามที่คาดหวัง สามารถเรียนรู้ปรับตัวและอยู่ร่วมกับบุคคลอื่นในสังคมได้อย่างดี ซึ่งบทบาทนี้ผู้ปกครองควรจะเริ่มหันมาใส่ใจและให้ความสำคัญกับระบบการศึกษามากขึ้น

4. บทบาทชุมชน

เมื่อสถานศึกษาตั้งอยู่ในชุมชนก็มิอาจปฏิเสธได้ว่ามีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องทั้งทางตรงและ ทางอ้อมต่อการจัดการศึกษา ชุมชนได้มีวิวัฒนาการร่วมกับสถานศึกษามาเป็นระยะเวลานานจนเกิดการปรับตัว และทำกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของชุมชนได้ดังนี้

1. ชุมชนคือแหล่งเรียนรู้ที่ใกล้ตัวและสอดคล้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน ชุมชนจึงควรมี ส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสม

2. ชุมชนคือผู้ที่ต้องวิวัฒนาการร่วมกับสถานศึกษาในการยกระดับคุณภาพชีวิตและคุณภาพ การศึกษา

3. ชุมชนคือฐานการเรียนรู้ที่สำคัญที่ผู้เรียนผูกพันและสามารถเรียนรู้ได้เกือบทุกเวลา เพราะมี ความคุ้นเคยและใกล้ตัวมากที่สุด

4. ชุมชนควรให้ความร่วมมือกับสถานศึกษาเมื่อมีการพัฒนานวัตกรรมทางการเรียนการสอน ซึ่งชุมชนคือห้องเรียนและห้องปฏิบัติการสำหรับผู้เรียน

5. ชุมชนคือผู้ร่วมกำหนดทิศทาง นโยบาย กิจกรรมการเรียนการสอน และ

สะท้อนผลการจัด การเรียนการสอนเพื่อนำไปสู่การปรับหลักสูตรที่มีคุณภาพมากขึ้น

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษนี้จึงไม่ได้จำกัดแค่การเรียนทฤษฎีในห้องเรียน การสาธิตและทดลอง ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หากแต่ผู้สอนและผู้เรียนต้องพาตนเองออกนอกห้องเรียนไปทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ กับสังคม การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ที่มีประสิทธิภาพ โดยต้องตระหนักถึงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจ ซาบซึ้งและ เห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ความเข้าใจวิถีชีวิตการอยู่ร่วมกัน การมีความรับผิดชอบต่อสังคม และใส่ใจ ห่วงใยสิ่งแวดล้อม สามารถเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์เข้ากับวิชาอื่นๆ และสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิต (ประสาท อิศรปรีดา, 2549)

การเรียนรู้จึงต้องผูกโยงเรื่องราวสิ่งที่เรียนเข้ากับสถานการณ์จริงของชีวิต เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วม กันคิด ร่วมกันแบ่งปัน และร่วมกันสืบเสาะหาความรู้ด้วยการลงมือทำ การเรียนรู้จะมีความหมายมากกว่าแค่ การท่องสอบตอบลืมเพื่อนำไปสู่การตัดสินผลการเรียน แต่การเรียนรู้ในศตวรรษนี้คือการสร้างและบ่มเพาะผู้เรียน ให้สามารถเรียนรู้อย่างเท่าทันและปรับตัวตามกระแสโลกได้อย่างมีความสุข เรียนรู้เพื่อรู้และนำไปใช้ได้จริง ลงมือทำ คิดแก้ปัญหา พัฒนานวัตกรรม และทำกิจกรรมร่วมกับสังคมโดยมีประชาธิปไตยเป็นหลักการสำคัญ

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้

การวางแผนทางการศึกษาเป็นกระบวนการซึ่งจะต้องมีการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล และกำหนดทางเลือกที่เหมาะสมในการพัฒนาการศึกษา เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้โดยอาศัยทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด ในการดำเนินงานดังกล่าวจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจสอบประเมินผลการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยชี้บทบาทหน้าที่รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคการ ดำเนินงานองค์ประกอบต่างๆ ของการจัดการศึกษาได้อย่างถูกต้องและมีความเชื่อถือได้ของข้อมูล ซึ่งจะมีผลต่อความต่อความตรงของกระบวนการตัดสินใจปัญหานั้นๆเครื่องมือที่แสดงภาวะหรือชี้ สถานการณ์ที่เกิดขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงไปเรียกว่า “ดัชนี” (Indicator ภาษาไทยมีใช้กันหลายคำ เช่น ตัวชี้วัด ตัวบ่งชี้ ตัวชี้นำ เครื่องชี้วัดหรือ เครื่องบ่งชี้ จะเห็นว่าดัชนีเป็นมาตรวัด (Measurement) ที่ใช้วัดอัตราหรือระดับของผลการปฏิบัติงานที่ได้มีการคิดคำนวณขึ้น เพื่อใช้วิเคราะห์เกี่ยวกับการ เปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษาซึ่งจะเป็นการศึกษาถึงการเคลื่อนไหว หรือการเปลี่ยนแปลงของเรื่องที่เกี่ยวกับปัจจัยการผลิตทางการศึกษา เช่น นักเรียน ครู งบประมาณ และทรัพยากรทางการศึกษาเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น กระบวนการ เรียนการสอน เพื่อให้ค่าผลผลิตที่ตรงตามวัตถุประสงค์ หรือ

เกี่ยวกับผลลัพธ์ที่ได้รับโดยจะศึกษาจากผู้เรียนว่ามีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาระดับใด อาจจะวัดการเปลี่ยนแปลงจากเวลาหนึ่ง เพื่อดูว่ามีการ เปลี่ยนแปลงขึ้นลงในทิศทางใด

ความหมายของตัวบ่งชี้

นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช (นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช, 2541) ใช้คำว่า ตัวบ่งชี้ในที่นี้ผู้วิจัยใช้ คำว่าตัวบ่งชี้ เนื่องจากให้ความหมาย ชัดเจนว่าเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงเรื่องที่กำลังศึกษาตัวบ่งชี้ทางการศึกษา (Educational Indicator) หมายถึงค่าสถิติ หรือตัวแปรประกอบที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อให้ได้สารสนเทศ เกี่ยวกับสถานภาพ (Status) คุณภาพ (Quality) และผลการดำเนินงาน (Performance) ของระบบ การศึกษา หรือสถานศึกษา และสามารถแปลความหมายได้อย่างเที่ยงตรง โดยมีเกณฑ์มาตรฐานสำหรับ การแปลความหมาย

Davies (อ้างถึงใน C. Yuenyong, 2006) ให้ความหมายของดัชนีว่า หมายถึง ข้อความที่บ่อบอกหรือเครื่องมือที่ใช้ในการ ติดตามดำเนินงานหรือสภาวะของระบบ

Johnstone (Johnstone, 1981) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกปริมาณเชิง สัมพันธ์หรือสภาวะของสิ่งที่มุ่งวัดในเวลาใดเวลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องบ่งบอกสภาวะที่จงใจหรือ ชัดเจน แต่บ่งบอกหรือสะท้อนภาพของสถานการณ์ที่เราสนใจเข้าไปตรวจสอบอย่างกว้างๆ หรือให้ภาพเชิงสรุป โดยทั่วไป ซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

วรรณี แกมเกตุ (วรรณี แกมเกตุ, 2540) กล่าวว่า ตัวบ่งชี้ เป็นสิ่งที่แสดงสภาวะ หรือสถานการณ์ที่ เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงไปหรือสะท้อนลักษณะการดำเนินงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ในภาษาไทยมีคำที่ น่ามาใช้ในความหมายเดียวกับคำว่า “ตัวบ่งชี้”หลายคำ เช่น ดัชนี ตัวขึ้น0า และตัวชี้วัด เป็นต้น

นงลักษณ์ วิรัชชัย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541) ได้สรุปความหมายของตัวบ่งชี้ไว้ว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง ตัวแปรประกอบหรือองค์ประกอบที่มีค่าแสดงถึงลักษณะหรือปริมาณของสภาพที่ต้องการศึกษา ณ จุด เวลาหรือช่วงเวลาหนึ่ง ค่าของตัวบ่งชี้แสดง ระบุ บ่งบอกถึงสภาพที่ต้องการศึกษาเป็นองค์รวมอย่าง กว้างๆ แต่มีความ ชัดเจนเพียงพอที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อประเมินสภาพที่ ต้องการศึกษาได้และใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างจุดเวลาช่วงเวลา ที่ต่างกันเพื่อให้ทราบถึงความ เปลี่ยนแปลงของสภาพที่ต้องการศึกษา

เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2541) ให้ความหมายตัวบ่งชี้ว่า ตัวบ่งชี้คือ สารสนเทศ เชิงปริมาณหรือตัวประกอบ ตัวแปรที่บ่งบอกถึงสิ่งที่ต้องการตรวจสอบ หรือสถานการณ์ที่สะท้อน ลักษณะการดำเนินงาน ทำให้สามารถวินิจฉัยชี้สภาวะและช่วยชี้บทบาทหน้าที่ตลอดจนสภาพปัญหา อุปสรรคของการดำเนินงานในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

จากที่กล่าวมาแล้วสรุปได้ว่า ตัวบ่งชี้ หมายถึง สารสนเทศที่บ่งบอกถึงสภาพ หรือทิศทางหรือผลการดำเนินงาน ตลอดจนปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงาน ซึ่งทำให้สามารถวินิจฉัยชี้

สภาวะและช่วยชี้บทบาทหน้าที่ ตลอดจนสภาพปัญหาอุปสรรคของการดำเนินงาน ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้

ความสำคัญของตัวบ่งชี้

จากการใช้คำภาษาไทยอยู่หลายคำในความหมายเดียวกันกับคำว่า “ตัวบ่งชี้”โดยถอดความมาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Indication” และ “Index” อย่างไรก็ตามความหมายดั้งเดิมของภาษา นั้นดำว่า Indication และ Index มีความหมายแตกต่างกันกล่าวคือ index หมายถึง ตัวแปรหรือตัวแปรที่ใช้แทนปริมาณของการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารสนเทศ ในเชิงปริมาณเท่านั้น (a Variable or Composite of Variables Employed to Represent in Quantitative from the Changes in a Trait) ส่วนลักษณะที่สำคัญของตัวบ่งชี้สรุปได้ 3 ประการดังนี้ (Johnstone, 1981)

1. ตัวบ่งชี้เป็นสิงบ่งบอก/กำหนดเป็นเชิง'ปริมาณ หรือสามารถทำให้เป็นปริมาณได้ โดยมิใช่เป็นการบรรยายข้อความในการตีความหมายค่าตัวเลขของตัวบ่งชี้แต่ละตัวจะต้องน่ามาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่สร้างขึ้น จึงจะสามารถบอกได้ว่าค่าตัวเลขที่ได้สูงหรือต่ำ มีความหมายเป็นอย่างไร ในการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายระบบตัวเลขของตัวบ่งชี้ที่สร้างขึ้นต้องมีความชัดเจน

2. ค่าตัวบ่งชี้เป็นค่าชั่วคราวไม่ถาวร มีการแปรผันตามเวลาและสถานที่นั้นคือตัวบ่งชี้จะบ่งบอกความหมาย โดยมีเงื่อนไขของเวลาและสถานที่กำกับ กล่าวคือ ตัวบ่งชี้บอกความหมายเฉพาะในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และเฉพาะเขตพื้นที่หรือบริเวณส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบที่ต้องจะตรวจสอบ ตัวบ่งชี้อาจจะมีช่วงเวลาเป็นเดือนหรือปีก็ได้ เช่น ตัวบ่งชี้ในช่วงระยะ 3 เดือน หรือช่วงระยะ 5 ปี ของจังหวัด เขต ภูมิ หรือประเทศใดๆก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลในการจัดทำตัวบ่งชี้นั้น

3. ตัวบ่งชี้เป็นสิ่งบ่งบอกภาวะของสิ่งมุ่งหวังในลักษณะกว้าง ๆ หรือให้ภาพในเชิงสรุปโดยทั่วไป มากกว่าที่จะเป็นภาพที่เฉพาะเจาะจงในรายละเอียดส่วยย่อย ตัวบ่งชี้ที่น่ามาใช้ในด้านลังคมศาสตร์เปรียบเสมือนการใช้กระดาษลิตมัสที่ใช้ทดสอบความเป็นกรดหรือด่างของสารละลาย ถ้าเป็นกรดกระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนเป็นสีแดง และถ้าเป็นด่าง'จะเป็นสีน้ำเงิน แต่ถ้าจะวัดลักษณะความเป็น กรดที่แน่นอนจะต้องทำการทดสอบทางเคมี โดยวัดค่า PH ดังนั้นตัวบ่งชี้ทางสังคมศาสตร์จะช่วยชี้ให้เห็นสภาพหรือสถานการณ์ที่จะตรวจสอบได้กว้าง ๆ เช่นเดียวกับกระดาษลิตมัส อาจไม่จำเป็นต้องวัดให้ได้ค่าเที่ยงตรงแบบการวัดทางวิทยาศาสตร์

ตัวบ่งชี้ ทางการศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษาดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช, 2541)

1. ใช้บอกทิศทางหรือสภาพการศึกษาเพื่อให้ผู้บริหาร นักวางแผน นักวิจัยและบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้ทราบถึงสภาพการศึกษาทั่วๆไปซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนและการจัดวางนโยบายในอนาคตได้ นโยบายทางการศึกษาที่ดีจะถูกกำหนดโดยอาศัยข้อเท็จจริงทางการศึกษา นอกจากนี้การวางแผนอย่างจริงจังสำหรับระบบการศึกษา ควรจะมีข้อมูลที่ผ่านการจัดกระทำเพื่อ เพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจ และคุณค่าในการตัดสินใจซึ่งการพัฒนานี้เป็นเครื่องบ่งชี้เพื่อวัดองศาเหนือ ระดับที่บรรลุผลแล้ว

2. ใช้ในการติดตามตรวจสอบระบบการศึกษา ทำให้บอกสภาพการศึกษาได้ง่าย เช่น การขยายโอกาสทางการศึกษาในภาคต่าง ๆ ในประเทศไทยจะมีดัชนี ความเสมอภาคทางการศึกษาสำหรับติดตามหรือตรวจสอบระบบการศึกษา เป็นต้น

3. พัฒนาระบบการศึกษาการวิจัยถึงระบบการพัฒนาการศึกษาต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ภาคตัดขวาง เพื่อเปรียบเทียบระหว่างประเทศ หรือการติดตามการศึกษาในระยะยาว กมล สุดประเสริฐ (กมล สุดประเสริฐ, 2543) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะสำคัญๆของตัวบ่งชี้เพิ่มเติมไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ตัวบ่งชี้อธิบายลักษณะทั่วๆไป ตัวบ่งชี้ควรเป็นอะไรบางอย่างที่ช่วยชี้ทิศทางอย่างกว้างๆ ถึงสภาวะการที่เรากำลังสืบสวน โดยไม่จำเป็นต้องถูกตามแบบอย่างวิธีวิทยาศาสตร์ ในระดับสูง แต่มันชี้ให้เห็นสภาพทั่วๆ ไป ในสิ่งที่เรากำลังตรวจสอบ

3.2 ตัวบ่งชี้ต่างจากตัวแปร คำนิยามของตัวบ่งชี้ตามที่ใช้ ๆ กัน ในเชิงปริมาณนั้นดูจะอยู่ในทิศทางตรงข้ามตัวแปร โดยเฉพาะจากรายงานทางสถิติมักเกิดการสับสนกับ คำว่าตัวแปร (Variable) เช่น รายงานสถิติพูดถึง ประชากรอายุ 15 ปี และสูงกว่าที่เรียนระดับหลังมัธยมศึกษาอัตรา นักเรียนต่อครู ลัดส่วนของแรงงานที่มีอาชีพที่สอง เหล่านี้เป็นตัวแปรแต่ละแง่ของสังคมและตัวบ่งชี้ตัวใด ตัวหนึ่งอาจรวมเอาตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งเหล่านี้เข้าด้วยกันเพื่อให้เห็นลักษณะกว้าง ๆของแง่นั้นในระบบที่ เรากำลังอภิปราย

3.3 ค่าของตัวบ่งชี้แสดงปริมาณ ลักษณะของตัวบ่งชี้มันเป็นสิ่งที่แสดงออกมาเชิงปริมาณ ไม่ใช่ข้อความบรรยายสภาพของระบบ มันเป็นตัวเลขจริงที่แปลได้ตามกฎที่วางเป็นเกณฑ์ไว้ ดังนั้นตัวเลขจำนวนหนึ่งเช่น 95 อาจเป็นค่าแสดงต่ำสุดของการวัดเรื่องหนึ่ง แต่จำนวนตัวเลขที่มีค่า 3.0 อาจแสดงถึงการมีพัฒนาการระดับสูงของการวัดอีกแบบหนึ่งกฎที่ใช้กับ การสร้างตัวบ่งชี้และระบบตัว เลขที่ใช้กับตัวบ่งชี้ จึงต้อง ชัดเจนและแจ้งให้ทราบไว้ล่วงหน้า

3.4 ค่าของตัวบ่งชี้เป็นค่าชั่วคราว ค่าของมันสามารถประยุกต์ใช้กับระยะเวลาหนึ่งๆ ตัวบ่งชี้บางตัวอาจมีระยะเป็นเดือนหรือปี บางตัวเกี่ยวข้องกับพัฒนาเป็นระยะเวลาเพียงสามเดือนหรือระยะเวลาห้าปี ตามแต่จะกำหนดออกมาเป็นกฎเกณฑ์

3.5 ตัวบ่งชี้เป็นหน่วยพื้นฐานในการพัฒนาทฤษฎี ในด้านการวิจัยเราอาจมอง ว่าการศึกษาเกี่ยวกับตัวชี้วัด น่าไปสู่การสร้างทฤษฎีอย่างมีกระบวนการเป็นขั้นตอน โดยมีการกำหนดข้อความหรือคำอธิบายจำลองปรากฏการณ์ที่จะสืบสวนออกมาก่อน แล้วระบุมโนทัศน์ (Concept)ให้สอดคล้องกับปรากฏการณ์เฉพาะนั้น จากนั้นกำหนดคำนิยามของมโนทัศน์ให้เป็นตัวแปรที่วัดได้ แล้ววางแผนเก็บข้อมูลและสร้างตัวบ่งชี้

ประเภทของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้อาจมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับวิธีและเกณฑ์ในการแบ่ง ซึ่งอาจแบ่งโดยอาศัยวิธีการน่าไปใช้หรืออาศัยแนวคิดของวิธีการสร้างตัวบ่งชี้ เป็นต้น ซึ่งอาจแบ่งประเภทของตัวบ่งชี้ได้เป็น 7 ลักษณะ ดังนี้ คือ (นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช, 2541)

1. แบ่งตามตัวแปรที่เข้ามามีส่วนในการจัดกระทำตัวแปร ได้แก่
   - 1.1 ตัวบ่งชีตัวแทน (Representative Indicator)
   - 1.2 ตัวบ่งชีเดียว (Disaggregative Indicator)
   - 1.3 ตัวบ่งชีรวม (Composite Indicator)
2. แบ่งตาวิธีการแปลผล คือ
   - 2.1 การแปลแบบอิงตนเอง (Self Referenced)
   - 2.2 การแปลแบบอิงกลุ่ม (Norm Referenced)
   - 2.3 การแปลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced)
3. แบ่งตามลักษณะการวัด ได้แก่
   - 3.1 วัดเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute Measurement)
   - 3.2 วัดเป็นค่าสัมพัทธ์ (Ratio Measurement)
4. แบ่งตามประเภทของตัวบ่งชี้ได้แก่
   - 4.1 ตัวบ่งชี้ที่มีค่าคงที่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (Measurement of stocks)
   - 4.2 ตัวบ่งชี้ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา (Measurement of Flows)
5. แบ่งตามระดับการวัด ได้แก่
   - 5.1 ลักษณะสภาพรวมๆทุกระดับ (Measurement of Overall Level)
   - 5.2 คุณลักษณะเฉพาะ (Measurement of Distribution)
6. แบ่งตามตัวบ่งชี้เชิงระบบ ได้แก่
   - 6.1 ตัวบ่งชี้สภาพทรัพยากร (Input Sub-division)
   - 6.2 ตัวบ่งชีผลผลิต (Process Sub-division)
7. แบ่งตามการแสดงลักษณะเฉพาะของตัวบ่งชี้ ได้แก่
   - 7.1 ตัวบ่งชี้ที่แสดงลักษณะเฉพาะเรื่อง (Single Index)

7.2 ตัวบ่งชี้ที่แสดงลักษณะกลุ่มเฉพาะ (Compound Index)

7.3 ตัวบ่งชี้รวม (Composite Index)

ตัวบ่งชี้ทางการศึกษา เมื่ออาศัยแนวทางใช้ตัวแปรต่างๆที่น่ามากำหนดเป็นเครื่องขี้ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ (Johnstone, 1981)

1. ตัวบ่งขี้ตัวแทน (Representative Indicator) เป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่บ่งขี้ลักษณะหนึ่งลักษณะใดในระบบการศึกษา ดัชนีประเภทนี้ใช้มากในงานวิจัย งานบริหารและงานวางแผน เช่น อัตราส่วนนักเรียนต่อประชากรในระบบการศึกษา อัตราการเรียนต่อของนักเรียน ในระดับต่าง ๆ อัตราการลงทะเนียนของนักเรียนในระดับขั้นต่างๆเป็นต้น

2. ตัวบ่งชี้เดี่ยว (Disaggregative Indicator) เป็นดัชนีที่ถูกน่ามาจำแนกออกเป็นตัวเดี่ยว ๆ แต่ละตัวเพื่ออธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ดัชนีประเภทนี้ต้องอาศัยความหมายของ แต่ละตัวแปร อธิบายแต่ละส่วน หรือแต่ละองค์ประกอบของระบบการศึกษา ซึ่งถ้าจะน่าไปอธิบายเพียงบางส่วนก็จะเกิดปัญหาในความไม่ถูกต้อง ดังนั้นลักษณะของดัชนีประเภทนี้ จึงไม่สามารถจะอธิบายลักษณะ ของระบบการศึกษาได้อย่างถูกต้อง

3. ตัวบ่งชี้รวม (Composite Indicator) เป็นการรวมตัวแปรทางการศึกษาจำนวนหนึ่งเข้าด้วยกันมีการถ่วงน้ำหนักของตัวแปรแต่ละตัว เพราะตัวแปรแต่ละตัวนั้นอาจมีค่าน้ำหนักไม่เท่ากัน แล้วคำนวณค่าดัชนีรวมออกมา ดัชนีประเภทนี้จึงสามารถอธิบายลักษณะ หรือสถานการณ์ของ การศึกษาได้ศึกษาได้ดีกว่าการใช้เพียงตัวเดียว แนวคิดในการกำหนดตัวบ่งขี้แนวทางในการกำหนดทางการศึกษามี 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 เป็นการกำหนดตัวบ่งชี้โดยการพิจารณาจากผลการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาจากแหล่งข้อมูลภายนอกระบบการศึกษา เช่นปัญหาทางเศรษฐกิจ สังงคม และการเมือง

ลักษณะที่ 2 เป็นการกำหนดตัวบ่งขี้โดยอาศัยแนวคิด “การวิเคราะห์เชิงระบบ” (System Analysis Theory) มาเป็นกรอบในการจัดทำ โดยถือว่าระบบการศึกษามีความสัมพันธ์กับระบบย่อยอื่น ๆ ในสังคม ทั้งระบบเศรษฐกิจสังคมและการเมือง ซึ่งระบบการศึกษามีอบทบาทที่สำคัญใน การช่วยพัฒนาสังคม

ดังนั้น จากแนวคิดดังกล่าว ระบบการศึกษาประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ปัจจัย (Input) กระบวนการหรือการจัดการศึกษา (Internal Process) และผลผลิต (Output) และได้กำหนด นิยามการจัดทำตัวบ่งชี้ไว้ดังนี้ (Johnstone, 1981)

1. ตัวบ่งชี้ที่เป็นปัจจัย คือ ดัชนีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเชิงปริมาณที่ระบบ การศึกษาจะน่ามาใช้ หรือ เป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับความประสงค์ของสังคมที่มือต่อระบบการศึกษา

2. ตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต คือ ดัชนีที่อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบที่ช่วยเปลี่ยนแปลงหรือผลิตปัจจัยที่ได้รับมาเป็นผลผลิต เป็นดัชนีที่อธิบายแยกแยะหรือแจกแจงปัจจัย

ของระบบการศึกษา

3. ตัวบ่งชี้ด้านผลผลิต คือ ดัชนีที่บ่งถึงปริมาณผลผลิตที่ออกจากระบบการศึกษา หรือทักษะต่างๆ ที่ได้รับจากกระบวนการผลิต และพร้อมที่จะออกสู่สังคม หรือแจกแจงปัจจัยของระบบ การศึกษา

ลักษณะของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้สามารถจัดทำได้หลายลักษณะ ลักษณะของตัวบ่งชี้ที่พบกันมากและใช้เป็นพื้นฐานคือตัวบ่งชี้ในรูปของอัตราส่วน (Ratio) สัดส่วน (Proportion) และเลขดัชนี (Index Number)

1. อัตราส่วน (Ratio) คือ ผลหารของข้อมูลดิบ 2 จำนวนที่ต่างประเภทกัน เช่น อัตราส่วนจำนวนนักเรียนต่อห้อง เป็นต้น

2. สัดส่วน (Proportion) คือ ผลหารของข้อมูลดิบ 2 จำนวน ที่เป็นข้อมูลประเภทเดียวกันแต่ต่างคุณลักษณะกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและง่ายขึ้น จึงมักเขียนในรูปร้อยละ เช่น สัดส่วนของนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ต่อจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั้งหมด ซึ่งอาจเป็นร้อยละ 60 เป็นต้น

3. เลขดัชนี (Index Number) จะแสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา ใดเวลาหนึ่ง โดยที่ไม่แสดงข้อมูลดิบให้เห็นอีก เช่น ดัชนีราคา เป็นต้น

ข้อมูลที่ควรจัดทำเป็นตัวบ่งชี้

ลักษณะของข้อมูลดิบที่น่ามาจัดทำเป็นตัวบ่งชี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้ตอบคำถามได้หลาย ๆ ด้าน ซึ่งโครงสร้างของระบบข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ได้เสนอข้อมูลที่ควรจัดทำเป็นตัวบ่งชี้ มีดังนี้

1. ตัวป้อนเข้าสู่ระบบการศึกษา (Input) ได้แก่ จำนวนนักเรียน ข้อมูลเกี่ยวกับครู (อัตรานักเรียน: ครู ร้อยละของครูจำแนกตามเพศ คุณสมบัติและวุฒิของครู) ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารเรียน (ร้อยละของอาคารเรียนที่ใช้สอน จำนวนห้องเรียนในอาคารเรียนโดยเฉลี่ย) สื่อสำหรับการประชาสัมพันธ์ และเงินบำรุงการศึกษา

2. กระบวนการภายในที่เกิดขึ้นในระบบการศึกษา (Internal Process) ได้แก่การจัดสรรงบประมาณ ให้กับการจัดการศึกษา ลักษณะของการพัฒนาของนักเรียน (อัตราการสำเร็จการศึกษา อัตราการเลื่อนชั้น และอัตราการตกซ้ำชั้น) จำนวนคาบที่ครูต้องสอนในหนึ่งปีจำนวนครูต่อนักเรียน ค่างบดำเนินการ ค่าใช้จ่ายต่อนักเรียนหนึ่งคน อัตราส่วนระหว่างผู้บริหารต่อโรงเรียน ต่อครู และต่อนักเรียน การจัดสรรงบประมาณรายจ่ายทางการศึกษา รายละเอียดเกี่ยวกับแหล่ง เงินทุนสำหรับดำเนินการ

3. ผลผลิตที่เกิดจากระบบการศึกษา (Output) ได้แก่ การถ่ายทอดความรู้ (Transmission of Knowledge) (ปริมาณความรู้ขั้นต่ำที่นักเรียน1ได้รับ การพัฒนาด้านความไม่รู้

หนังสือ สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียน) ความพึงประสงค์ของผู้เรียนที่ได้รับจากกาศึกษาซึ่งรวมถึง โอกาสที่ได้เข้าเรียน ในระดับและสาขาวิชาต่าง ๆ ตามความประสงค์ของผู้เรียนและความพอใจกับผลที่ ได้รับจากการศึกษานั้น ความเสมอภาคด้านโอกาส ด้านเศรษฐกิจ (Economic Aspects) (รายได้สุทธิ สถิติการสูญเสียกำลังด้านสติปัญญา)ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการดำเนินงานของระบบการศึกษาได้ โครงสร้างระบบข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.1 ข้อมูลดิบ (Descriptive or Raw Statistical Data)

3.2 ดัชนีทางการศึกษา (Educational Indicators)

3.3 ดัชนีรวม (Compound Indicators)

โดยดัชนีทางการศึกษาจะต้องเป็นตัวป้อนข้อมูลให้ดัชนีรวม จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดซึ่งจะทำให้มองเห็นธรรมชาติของปัญหา แหล่งที่เกิดของปัญหาและลักษณะที่ค่อนข้างจะเป็นรายละเอียดของปัญหา ดังนั้น หน้าที่ของดัชนีรวมค่อนข้างจะแคบกว่าดัชนีทางการศึกษาเพราะจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนสัญญาณเตือนภัย ที่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับชี้ปัญหาใหญ่ๆที่เกิดขึ้นรวมทั้งจุดอ่อนภายในระบบที่จำเป็นต้องแก้ไข และข้อเสนอแนะเพื่อการวิเคราะห์ในขั้น ต่อๆ ไป

เกณฑ์การเลือกตัวบ่งชี้

เกณฑ์ในการเลือกตัวบ่งชี้เพื่อแสดงภาพการศึกษา (มยุรี จารุปาน และ พรรณี พีรพรพัฒนา, 2533) มีดังนี้

1. ควรมีจำนวนไม่มากนัก แต่สามารถสะท้อนให้เห็นวัตถุประสงค์ทั้งระบบ การศึกษาดัชนี,ที่มี'จำนวนมาก ทำให้ยากแก่การเข้าใจความหมายและดำเนินงานให้มือประสิทธิภาพ

2. ควรสะท้อนให้เห็นลักษณะของการดำเนินการตามระบบในเรื่องที่ศึกษาอยู่ อย่างเด่นชัดและง่ายต่อการตีความ

3. ควรแสดงได้โดยใช้ข้อมูลที่สามารถจัดหาได้ง่าย

4. หากเป็นไปได้ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างดัชนี หรือตัวบ่งชี้กับ Intermediate Variables ควร ชัดเจน

5. หากดัชนีหรือตัวบ่งชี้สามารถน่าเสนอได้ในรูปแบบของแผนภูมิแผนภาพ นอกเหนือจากการแสดงในรูปตัวเลข จะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและตีความได้ ชัดเจนขึ้น

คุณสมบัติที่ดีของตัวบ่งชี้

1. มีความเป็นกลางของตัวบ่งชี้ (Neutrality) หมายถึง ความไม่สำเอียง (Bias)ของดัชนีที่ผลจากการประเมินอาจเกื้อกูลต่อกิจกรรมโครงการหรือแผนงานที่เป็นประเภทเดียวกันแต่จัดโดยหน่วยงานที่แตกต่างกัน

2. มีความเป็นวัตถุนิสัยของตัวบ่งชี้ (Objectivity) หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับ ค่า

ดัชนี มิได้เกิดจากการคิดเอาเองตามความรู้สึกของผู้ประเมินหรือที่เรียกว่าตามรัตวิสัย (Subjectivity) แต่ขึ้นอยู่กับสภาวะที่เป็นอยู่ที่เป็นรูปธรรมของคุณสมบัติที่ผู้ประเมินจะประเมิน

3. ความว่องไวต่อความแตกต่างของตัวบ่งชี้ (Sensitivity) หมายถึง ความสามารถ ของดัชนีที่จะวัดความแตกต่างระหว่างหน่วยวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง

4. ค่าของมาตราวัดหรือตัวบ่งชี้ที่ได้ควรมีความหมายหรือตีความได้อย่างสะดวก (Meaningfulness & Interpretability)

5. ความถูกต้องในเนื้อหาของตัวบ่งชี้ที่น่ามาใช้ (Content Validity)

6. ความถูกต้องในโครงสร้างตัวบ่งชี้ (Construct Validity)

ประโยชน์ของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้ทางการศึกษา มีประโยชน์ต่อการน่าไปใช้ในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้การกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบาย ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในการวางแผนหรือสิ่งที่กำหนดอยู่ในแผนคือ ขาดความแน่ชัด การกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบาย มักจะระบุในลักษณะที่กว้างมากเกินไปจนขาดความแน่ชัดว่าแผนนั้นต้องการจะให้บรรลุผลใดบ้าง การนำตัวบ่งชี้มาช่วยในการกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบายจะ ช่วยให้ทราบถึงสิ่งที่ต้องการให้บรรลุผลได้ ชัดเจนการกำหนดวัตถุประสงค์และนโยบายที่สามารถน่าตัว บ่งชี้มาใช้ในกระบวนการวางแผนได้อย่าง ชัดเจนนั้น กระทำได้อยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. กำหนดวัตถุประสงค์และนโยบายในลักษณะการใช้ข้อความกว้าง ๆ ไว้ก่อนหลังจากนั้นก็กำหนดตัวบ่งชี้สำหรับวัตถุประสงค์และนโยบายที่กำหนดไว้

2. กำหนดวัตถุประสงค์และนโยบายในลักษณะที่ระบุตัวบ่งชี้สิ่งที่ต้องการให้บรรลุตามแผนที่วางไว้อย่างชัดเจน

3. การติดตามผลการศึกษา ประโยชน์ประการที่สองของการใช้ตัวบ่งชี้ทางการศึกษา คือ ใช้ในการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงในระบบการศึกษา ตรวจสอบได้ว่าการเปลี่ยนแปลง นี้เป็นไปในทิศทางที่ต้องการและพึงประสงค์หรือไม่และมากน้อยเพียงใด มีข้อน่าสังเกตอยู่ว่า จะมีการเปลี่ยนแปลง แต่ก็มีอีกหลายกรณีที่การเปลี่ยนแปลงไม่เกิดขึ้นจากการวางแผนหรือคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ในการกำหนดตัวบ่งชี้เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในระบบการศึกษาเพื่อวัดความก้าวหน้าหรือการ พัฒนาการศึกษานั้น จะต้องกำหนดในลักษณะที่ว่าสามารถน่าไปใช้วัดได้อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง

4. การจัดลำดับระบบการศึกษา ประโยชน์ของการใช้ตัวบ่งชี้ประการที่ลี่ คือช่วยกระตุ้นการพัฒนา และช่วยจัดลำดับขึ้นการพัฒนาของระบบการศึกษาได้อย่างเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ การได้ตัวบ่งชี้ เพื่อจัดลำดับขึ้นการพัฒนาของระบบการศึกษาจะช่วยทำให้นักวางแผน ผู้บริหาร

รวมทั้ง นักการเมืองในประเทศอื่นๆ ที่อยู่ในระดับการพัฒนาเดียวกัน การสร้างขุดตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมจะช่วยลด ความผิดพลาดลงได้

5. ความเป็นกลางของตัวบ่งชี้ ประโยชน์ของตัวบ่งชี้อีกประการคือ ความมีลักษณะเป็นกลาง,ของดัชนี โดยได้มีลักษณะเอนเอียงหรือมีลักษณะเชิงวิจารณ์ไว้ ตัวบ่งชี้ทางการศึกษาที่จะนำมาใช้ต้องมีลักษณะเป็นกลาง ผู้ที่จะแปลค่าของดัชนีเป็นผู้ที่กำหนดปทัสถานเพื่อตัดสินเองการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของตัวบ่งชี้

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างหรือความตรงเชิงทฤษฎี (Construct Validity) หมายถึง คุณสมบัติของมาตรการวัดที่ให้ผลการวัดที่เห็นผลการวัดที่สอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด ซึ่งนิยามโดยใช้ตัวแปรโครงสร้างทฤษฎี ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเป็นความตรงที่มีความสำคัญที่สุด เพราะเป็นความเที่ยงตรงที่เชื่อมโยงการวัดในทางปฏิบัติกับลักษณะที่ต้องการวัดในทางทฤษฎี หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของมาตราวัด ซึ่งเป็น ตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของมาตราวัดว่าสามารถวัดคุณลักษณะที่ต้องการวัดได้สอดคล้องตามโครงสร้างทฤษฎี หรือไม่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541)

การวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลการวัดโดยใช้เครื่องมือ หรือเทคนิคหลายชุด หรือหลายด้าน อาจใช้แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบสำรวจ ฯลฯ อาจใช้ชุดเดียวแต่มีการวัดแยกเป็นรายด้าน หรือหลายชุดก็ได้ ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบจะช่วยให้ทราบว่า เครื่องมือหรือเทคนิคเหล่านั้น วัดแต่ละองค์ประกอบมากน้อยเพียงใด และจะปรากฏค่าต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ ค่า Communality ซึ่งเขียนแทนด้วย h^2 เป็นค่าความแปรปรวนที่แต่ละฉบับ (ด้าน) แบ่งให้กับแต่ละองค์ประกอบเป็นส่วนที่ชี้ถึงว่าแต่ละฉบับ (ด้าน) วัดองค์ประกอบนั้นร่วมกับตัวแปรอื่น มากน้อยเพียงใด ค่า Eigen values เป็นผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบร่วมในแต่ละองค์ประกอบซึ่งต้องมีค่า ไม่ต่ำกว่า 1 จึงจะถือว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่ง ๆ ที่แท้จริง Factor Loading เป็นค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่แต่ละฉบับ (ด้าน) วัดในองค์ประกอบนั้น (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

ความหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor analysis) มีผู้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

นงลักษณ์ วิรัชชัย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2541) เป็นวิธีการทางสถิติที่จะช่วยค้นหาลักษณะ ของตัวแปรหลาย ๆ ตัวที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เป็นการลดจำนวนตัวแปรให้ลดน้อยลงเพื่อให้ง่าย ต่อ การเข้าใจ ทำให้สามารถมองเห็นโครงสร้าง และแบบแผนของตัวแปรในลักษณะของ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ซึ่งจะช่วยอธิบายความหมายและลักษณะของตัวแปรทำให้สามารถให้คำจำกัดความของตัวแปรให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยตัดสินว่าควรจะศึกษาตัวแปรด้านใดบ้างและตัวแปรใดที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรใดการวิเคราะห์องค์ประกอบจะเป็นศูนย์รวมความหลากหลายของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อให้ตรวจสอบความสมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่สังเกตหรือวัดได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบมักทำใน 2 ลักษณะคือ

1. เพื่อสำรวจหรือค้นหาตัวแปรแฝงที่ซ่อนอยู่ภายใต้ตัวแปรที่สังเกตหรือวัดได้เรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)
2. เพื่อพิสูจน์ตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

สมบัติ ท้ายเรือคำ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555b) ได้ให้ความหมายว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis : FA) เป็นวิธีการทางสถิติที่ช่วยค้นหาลักษณะของตัวแปรหลาย ๆ ตัวที่มี สหสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เป็นการลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ทำให้สามารถ มองเห็นโครงสร้างและแบบแผนของตัวแปรในลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งจะช่วย อธิบายความหมายและลักษณะของตัวแปรทำให้สามารถให้คำจำกัดความของตัวแปรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ช่วยตัดสินว่าควรจะศึกษาตัวแปรด้านใดบ้างและตัวแปรใดที่เกี่ยวข้องกัน

เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย (เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย, 2549) ให้ความหมายคือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคทางสถิติ สำหรับวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว (Multivariate analysis techniques) ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักวิจัยได้ใช้แสวงหาความรู้ความจริงดังกล่าว เช่น นักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis หรือ EFA) ในการพัฒนาทฤษฎี หรือนักวิจัยสามารถใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis หรือ CFA) ในการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎี

กัลยา วานิชบัญชา (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548) สรุปว่า เป็นการวิเคราะห์หลายตัวแปรเทคนิคหนึ่งเพื่อการสรุปรายละเอียดของตัวแปรหลายตัว หรือเรียกว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการลดจำนวนตัวแปรเทคนิคหนึ่งโดยการศึกษาถึงโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร และสร้างตัวแปรใหม่เรียกว่า องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่สร้างขึ้นจะเป็นการนาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความร่วมกันสูงมารวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละองค์ประกอบมีความร่วมกันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

โดยสรุปการวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง เทคนิควิธีทางสถิติที่ช่วยค้นหาลักษณะของตัวแปรหลาย ๆ ตัว ที่มีสหสัมพันธ์ซึ่งกันและกันซึ่งความสัมพันธ์เป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบเป็นการลดจำนวนตัวแปรให้น้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ ตัวแปรภายในองค์ประกอบเดียวกันจะมี

ความ สัมพันธ์กันสูง ส่วนตัวแปรที่ต่างองค์ประกอบจะสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มี สามารถใช้ได้ทั้งการพัฒนาทฤษฎีใหม่ หรือการทดสอบหรือยืนยันทฤษฎีเดิม

ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ

เทคนิคของการวิเคราะห์องค์ประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)
2. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

จุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีจุดมุ่งหมายอยู่ 2 ประการ คือ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555a)

1. เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบร่วมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือเพื่อค้นหาตัวแปรแฝง (องค์ประกอบ) ที่ซ่อนอยู่ภายใต้ตัวแปรสังเกตได้หรือวัดได้เรียกว่าวิเคราะห์วิธีนี้ว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ผลจากการวิเคราะห์จะช่วยให้ลดจำนวนตัวแปรและได้องค์ประกอบซึ่งทำให้เข้าใจลักษณะของข้อมูลและสะดวกในการแปลความหมาย

2. เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือเพื่อพิสูจน์ตรวจสอบหรือยืนยันทฤษฎีที่ผู้อื่นค้นพบ เรียกการวิเคราะห์วิธีนี้ว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) กรณีนี้ผู้วิจัยต้องมีสมมติฐานอยู่ก่อนแล้วและใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนสมมติฐานเพียงใด

อุทุมพร จามรมาร (อุทุมพร จามรมาร, 2527) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยยึดหลักการที่ว่าตัวแปรหรือข้อมูลนั้น ตัวแปรใดเกี่ยวข้องกันและเกี่ยวข้องกันอย่างไรตัวแปรที่มีความสัมพันธ์มักจะได้รับคำจำกัดความที่แน่นอนและยอมรับว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้นมักแสดงให้เห็นในรูปคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ตัวประกอบจึงเป็นวิธีการทางสถิติที่จะช่วย ให้คำจำกัดความหมายของตัวแปรได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และช่วยตัดสินว่าควรศึกษาตัวแปรใดบ้าง ซึ่งในการวิเคราะห์ตัวประกอบมีหลักใหญ่ ๆ ที่ต้องการอยู่ 2 ลักษณะ คือ มีความหมายเชิงสถิติและมีความหมายในเนื้อหา โดยมีจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์องค์ประกอบดังนี้

1. ช่วยให้การบรรยายเกี่ยวกับปริเขต (Domain) ที่ต้องการศึกษา
2. ช่วยตรวจสอบทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
3. ช่วยสร้างความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ (Function Felations) ระหว่างตัวแปร
4. วิเคราะห์บุคคลหรือวัตถุและจัดให้เป็นประเภทต่าง ๆ

5. วิเคราะห์โครงสร้างเชิงตัวประกอบ (Factorial Structures) ของตัวแปรที่เป็นเกณฑ์และช่วยบ่งชี้ตัวแปรที่เป็นประโยชน์ในสมการถดถอย

6. เป็นการพิสูจน์ข้อค้นพบของผู้วิเคราะห์กับของคนอื่นโดยใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างใหม่จากประชากรกลุ่มเดียวกัน

7. เป็นการลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลงเพื่อให้ได้ลักษณะร่วมกันที่ซ่อนอยู่

8. ใช้ในการทดสอบหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบวัด

9. ช่วยในการสร้างแบบวัดในลักษณะต่าง ๆ

ดังนั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบจึงเป็นวิธีการทางสถิติที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนองชุดของตัวแปรหลาย ๆ ตัวในรูปของตัวแปรมิติ (Factor) ที่มีจำนวนน้อยลง

ประโยชน์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

1. ลดจำนวนตัวแปร โดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน องค์ประกอบที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ ที่สามารถหาค่าข้อมูลขององค์ประกอบที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor Score จึงสามารถนาองค์ประกอบดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสาหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมุติฐาน T – test Z – test และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น

2. ใช้ในการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการความถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้ คือ การรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกัน โดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่า องค์ประกอบ โดยใช้เทคนิค Factor Analysis แล้วนาองค์ประกอบดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความถดถอยต่อไป

3. ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่ แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในองค์ประกอบเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกันได้ ทาให้สามารถอธิบายความหมายของแต่ละองค์ประกอบได้ ตามความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในองค์ประกอบนั้น ทาให้สามารถนาไปใช้ในด้านการวางแผนได้ เช่น การพัฒนาพหุปัญญาสาหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตามทฤษฎีพหุปัญญาของการ์ดเนอร์

ข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบ

สถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบ มีข้อตกลงเบื้องต้น

1. ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบ ต้องเป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง หรือมีค่าในมาตราระดับช่วง (Interval scale) และมาตราอัตราส่วน (Ratio scale) เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2. ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบ ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในระดับสูง (r = 0.30 – 0.70) รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและตัวแปรที่อยู่ในรูปเชิงเส้น (linear) เท่านั้น

3. จำนวนตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบ ควรมีจำนวนมากกว่า 30 ตัวแปร

4. กลุ่มตัวอย่าง ควรมีขนาดใหญ่และควรมีมากกว่าจำนวนตัวแปร ซึ่งมักมีคาถามว่าควรมากกว่ากี่เท่า มีบางแนวคิดที่เสนอแนะให้ใช้จำนวนข้อมูลมากกว่าจำนวนตัวแปรอย่างน้อย 5 – 10 เท่า หรืออย่างน้อยที่สุด สัดส่วนจำนวนตัวอย่าง 3 ราย ต่อ 1 ตัวแปร

5. กรณีที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle component analysis) ตัวแปรแต่ละตัวหรือข้อมูล ไม่จาเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ถ้าตัวแปรบางตัวมีการแจกแจงเบ้ค่อนข้างมาก และมีค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดผิดปกติ (Outlier) ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะไม่ถูกต้อง

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจจะใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่มีความรู้ หรือมีความรู้น้อยมากเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวแปร และลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่เดิมให้มีการรวมกันได้

การวิเคราะห์องค์ประกอบ

ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมีวิธีการ 4 ขั้นตอน ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

1. การคำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายในและสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์

ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์องค์ประกอบ คือ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการวิเคราะห์และนำเสนอในรูปเมตริกซ์สหสัมพันธ์

2. การสกัดองค์ประกอบ (Factor extraction)

ขั้นตอนที่สองในการวิเคราะห์องค์ประกอบคือ การค้นหรือแยกองค์ประกอบร่วมให้มีจำนวนองค์ประกอบน้อยที่สุดที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ตัวแปรที่สังเกตได้ ซึ่งมีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

2.1 Maximum Likelihood Method หรือ Canonical Factoring

2.2 Least-squsres Method หรือ Principal Axis Factoring

2.3 Alpha Factoring

2.4 Principal Components Analysis

2.5 Image Factoring

3. การหมุนแกน (Method of Rotation)

การหมุนแกนองค์ประกอบมีเป้าหมายเพื่อให้ได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่าย (Simple Structure) ไม่ซับซ้อนซึ่งมี 2 วิธี คือ

3.1 การหมุนแกนแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) หมายถึง การหมุนแกนที่จะเป็นผลให้องค์ประกอบที่ไม่ได้สัมพันธ์กัน การหมุนแบบนี้มีวิธีให้เลือกใช้ 3 วิธี คือ 1) Varimax 2) Equamax และ 3) Quartimax

3.2 การหมุนแกนแบบมุมแหลม (Obilque Rotation) หมายถึง การหมุนแกนที่จะเป็นผลให้องค์ประกอบที่ไต้มีความสัมพันธ์กัน การหมุนแกนแบบนี้มีวิธีให้เลือกใช้ 3 วิธี คือ 1) Quartimin 2) Covarimin และ 3) Oblimin

ผลจากการหมุนแกนทำให้ได้องค์ประกอบที่มีโครงสร้างง่ายกว่าองค์ประกอบที่ได้ก่อนการหมุนแกน ผลจากการหมุนแกนไม่ทำให้ค่าการร่วม (h) ค่าไอเกน (Eigenvalue) และเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบ (Percent of Variance) ที่ได้จากการสกัดองค์ประกอบ เปลี่ยนแปลงแต่มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading Coefficient) ในเมตริกซ์องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบเปลี่ยนแปลง

4. การสร้างองค์ประกอบจากค่า Loading และตั้งชื่อองค์ประกอบ

เมื่อได้เมตริกซ์องค์ประกอบจากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลังจากหมุนแกนแล้ว ขั้นตอนต่อมาก็คือ การสร้างองค์ประกอบ โดยอาศัยค่า Loading ซึ่งการที่จะตัดสินใจว่าจะได้ กี่องค์ประกอบ พิจารณาจากค่าไอเกนที่เกินหนึ่งการทดสอบสกรี (Scree-Test) ซึ่งเป็นการทดสอบความแตกต่างของค่าไอเกนจากการเขียนกราฟ

การเลือกค่า Loading เพื่อจะได้ทราบว่าตัวแปรใดจะรวมกันอยู่ในองค์ประกอบ ใดให้พิจารณาเกณฑ์ที่ค่า Loading 0.30 ถึง 0.40 (โดยไม่พิจารณาเครื่องหมายว่าเป็นบวกหรือลบ) แล้วคัดเลือกตัวแปรที่มีน้ำหนักองค์ประกอบ (Loading) สูงสุดอยู่บนองค์ประกอบนั้นเข้าเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบ ถ้าตัวแปรใดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกันหลายค่ามากกว่า 1 องค์ประกอบ ให้พิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุดที่สูงกว่าองค์ประกอบอื่นตั้งแต่ 0.10 ขึ้นไป แต่ล้าความแตกต่างของน้ำหนักองค์ประกอบไม่ถึง 0.10 จะถือว่าเป็นตัวแปรที่ซับซ้อนพิจารณาว่าตัวแปรนั้นไม่เป็นตัวประกอบใดเลย (อุทุมพร จามรมาร, 2527)

การเลือกตัวแปรเข้าองค์ประกอบ ถ้าองค์ประกอบใดประกอบด้วยข้อคำถามหรือตัวแปรไม่ถึง 3 ข้อ จะตัดองค์ประกอบนั้นออกถือว่าเป็นองค์ประกอบไม่ชัดเจน

การตั้งชื่อองค์ประกอบ หลังจากที่เลือกตัวแปรเข้ารวมกันอยู่ในองค์ประกอบเดียวกันขั้นตอนต่อมาคือ การตั้งชื่อให้องค์ประกอบมีกฎการตั้งชื่อดังนี้ คือ ชื่อจะต้องสั้นและ มีความหมายสอดคล้องกับโครงสร้างขององค์ประกอบหรือตามโครงสร้างทฤษฎี

การวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีวิธีการ 4 ขั้นตอน คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบนั้นจะต้องมีลักษณะเป็นตัวแปรต่อเนื่องหลายๆ ตัวแปรที่เก็บจากตัวอย่างกลุ่มหนึ่งเสนอข้อมูลในลักษณะของเมตริกเรียกว่า “เมตริกของข้อมูล” (Data Matrix)

2. การสกัดตัวประกอบ (Extracing Initial Factors) มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาจำนวน แฟคเตอร์ร่วมที่น้อยที่สุดระหว่างตัวแปร

3. การหมุนแกน (Rotation) วิธีการหมุนแกนมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาวิธีที่ง่ายในการหา องค์ประกอบ โดยคงจำนวนองค์ประกอบและ Communalities ไว้คงเดิมวิธีหมุนแกน มี 2 วิธี คือ

3.1 การหมุนแกนแบบตังฉาก (Orthogonal Rotation) องค์ประกอบร่วมต่าง ๆ ไม่สัมพันธ์กันมี 3 วิธี คือ

1. Quartimax หมุนแกนโดยการเน้นการเปลี่ยนแถวให้ง่ายขึ้น
2. Varimax หมุนแกนโดยการเปลี่ยนคอลัมน์ให้ง่ายขึ้น คือ ให้เกิด ความแปรผันของคอลัมน์ใน Factor Pattern Matrix
3. Equimax ใช้วิธีประนอมระหว่าง Quartimax กับ Varimax

3.2 การหมุนแกนแบบมุมแหลม (Obilque Rotation) มี 2 วิธีการหลัก คือ

1. Oblimin หมุนแกนโดยยึด Reference Axes
2. Quartimin r = 0 Most Oblique
3. Biquartimin r = .5 Least Oblique
4. Covanmin r = 1 Least Oblique
5. Oblimax หมุนแกนโดยไม่ใช้ Reference Axes แต่ใช้ Pattern Matrix หมุน แกนเช่นเดียวกับ Quartimax Orthogonal

4. การสร้างมาตรางค์ประกอบ (Factor Scale) จุดประสงค์ในการสร้างองค์ประกอบมี 2 ประการ คือ

4.1 เพื่อค้นหามิติของข้อมูลสังเกต

4.2 เพื่อนำองค์ประกอบร่วมบางองค์ประกอบไปใช้ในการค้นคว้าต่อไป

โดยทั่วไปในการวิเคราะห์องค์ประกอบจะใช้มาตรการสร้างองค์ประกอบเพื่อจะศึกษาโครงสร้างขององค์ประกอบต่อไป วิธีการสร้างมาตราองค์ประกอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น

1. ใช้การถดถอย (Regression)
2. ใช้เกณฑ์ (Least Squares)
3. วิธีของบาร์ทเลส (Bartless)
4. ใช้หลักของออโธกอนอล (Orthogonal Constraints)
5. ใช้ผลรวมของค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีค่าสูงในตัวแปรสังเกตต่าง ๆ สร้างส่วนประกอบสำคัญ (Principal Component Scale)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis: CFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis: CFA) เป็นส่วนหนึ่งของโมเดลสมการโครงสร้าง (structural equation modeling: SEM) แนวคิดในการนำ CFA มาใช้วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง การประมาณค่าความเที่ยงและการตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโครงสร้างองค์ประกอบเมื่อนำไปใช้ต่างกลุ่ม โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ CFA เช่น LISREL EOS และ AMOS เป็นต้น ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรวัดเป็นค่าต่อเนื่องและมีจำนวนมากพอ มีข้อตกลงเบื้องต้นคือข้อมูลทุกตัวควรมีการแจกแจงแบบปกติ เทอมความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ กลุ่มตัวอย่างควรมีการแจกแจงแบบเชิงเส้นกำกับและตัวแปรสังเกตได้ต้องไม่มีความสัมพันธ์กันสูง ขั้นตอนการวิเคราะห์CFA ประกอบด้วย การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล การประมาณค่าพารามิเตอร์ และการประเมินความสอดคล้องของโมเดล ดัชนีที่ใช้ประเมินความสอดคล้องของโมเดล ได้แก่ ค่าสถิติ chi-square, relative chi-square, nested chi-square, GFI, AGFI, CFI, Standardized RMR, และ RMSEA

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีข้อตกลงเบื้องต้นใหญ่ ๆ 2 ประการดังต่อไปนี้

1. ข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ

วิธี CFA มีข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติทั่ว ๆ ไป 3 ประการดังนี้

1.1 ข้อมูลควรมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ (normal distributions) มีความเป็นเอกพันธ์ของการกระจาย (homoscedasticity) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่เป็นแบบเส้นตรง (linear relationships) เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการแก้สมการถดถอยหลาย ๆ สมการ นั่นเอง

1.2 โมเดล CFA มีเทอมความคลาดเคลื่อน (error terms) ที่เรียกว่า เศษเหลือ ข้อตกลง เบื้องต้นทั่ว ๆ ไปในเรื่องเทอมความคลาดเคลื่อนมีว่า 1) ต้องไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝง

ใด ๆ ในโมเดล 2) เป็นอิสระจากเทอมความคลาดเคลื่อนตัวลื่น ๆ 3) มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ แต่ปัจจุบันเรื่องข้อมูลมีลักษณะแจกแจงเป็นแบบปกติพหุนาม (multivariate normal) ฝ่าฝืนได้กรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (Chou and Bender, 1995) และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกรณีเทอมความ คลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้

1.3 กลุ่มตัวอย่างควรมีการแจกแจงแบบเชิงเส้นกำกับ (asymptotic) กลุ่มตัวอย่างยิ่งมีขนาดใหญ่ยิ่งเข้าใกล้ค่าอนันต์ กล่าวคือ ค่าสถิติไค-สแควร์มีแนวโน้มที่จะมีค่าสูง ทำให้ ค่าสถิติไค-สแควร์มีโอกาสให้ค่านัยสำคัญ ($p < .05$) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ซึ่งชี้ว่าโมเดลองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกัน ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก(น้อยกว่า100หน่วยตัวอย่าง) มีความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธโมเดลที่ถูกต้อง (true model) มากขึ้น (West et al., 1995) หรือ อาจกล่าวได้ว่า การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กมีความเสี่ยงในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ II(type IIerror) เพิ่มขึ้น

การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้อาจทำให้โมเดลองค์ประกอบไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิง ประจักษ์และอาจทำให้ดัชนีวัดความสอดคล้องให้ค่าไม่ดีนัก รวมทั้งผู้วิจัยอาจสรุปโครงสร้างองค์ประกอบไม่ถูกต้อง ทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงแล้ว โครงสร้างองค์ประกอบนั้นถูกต้อง

2. ข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์

วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood: ML) เป็นวิธีที่มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นมากกว่าวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบ อื่น ๆ วิธี ML มีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. ไม่มีข้อคำถามเดี่ยว ๆ หรือข้อคำถามกลุ่มใด อธิบายข้อคำถามอื่นในกลุ่มข้อมูลได้อย่าง สมบูรณ์

2. คะแนนจากข้อคำถามต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติพหุนาม

ข้อตกลงเบื้องต้นข้อแรกแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามในเครื่องมือต้องไม่ซ้ำซ้อนกัน (มีความสัมพันธ์กันสูง) วิธี ML ไม่มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยไม่ควรใช้ข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์กันตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไปประมาณค่าพารามิเตอร์ (Aroian and Norris, 2001)

ส่วนข้อตกลงเบื้องต้นข้อสองเป็นเรื่องที่ปฏิบัติยาก แต่วิธี ML มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องนี้ เว้นแต่กรณีใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและโมเดลมี ความซับซ้อน ดังนั้น ผู้วิจัยควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 100-200 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป หรือ ในกรณี ตรวจสอบเครื่องมือที่มีตั้งแต่ 3 องค์ประกอบขึ้นไป ควรใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 500 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป

หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Model Specification) เป็นการกำหนดความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างส่วนประกอบต่าง ๆ ในโมเดลองค์ประกอบซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญในแผนผังโมเดลองค์ประกอบแสดงด้วยเส้นทางระหว่างตัวแปรซึ่งใช้แทนสิ่งที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ในทางปฏิบัติผู้วิจัยอาจต้องการศึกษาโมเดลองค์ประกอบหลายโมเดลที่แตกต่างกันไปตามหลักฐานที่นำมาสนับสนุน Mueller ได้เสนอแนะว่า ผู้วิจัยควรสร้างโมเดลทางเลือก (alternative models) ไว้หลาย ๆ โมเดล ก่อนลงมือวิเคราะห์ข้อมูล ดีกว่าวิเคราะห์ จากโมเดลเดียว

วิธี CFA สามารถใช้สำรวจองค์ประกอบของโมเดลได้ในกรณีตัวอย่างผู้วิจัยกำหนดข้อมูล จำเพาะของโมเดลจากผลการตรวจสอบของลอง ซึ่งศึกษาประเด็นที่ยังไม่ชัดเจน (gray area) ระหว่างวิธี EFA กับวิธี CFA ผู้วิจัยใช้วิธี CFA สำรวจโครงสร้างองค์ประกอบของมาตรวัด การใช้ วิธี CFA สำรวจองค์ประกอบของโมเดล ผู้วิจัยควรใช้ข้อมูลชุดหนึ่งพัฒนาโมเดลองค์ประกอบ และใช้ ข้อมูลอีกชุดหนึ่งตรวจสอบเพื่อยืนยันองค์ประกอบ

2. การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Model Identification) เป็นการระบุว่าโมเดลองค์ประกอบนั้นสามารถนำมาประมาณค่าพารามิเตอร์ได้เป็นค่าเดียว หรือไม่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช, 2541) ในวิธี CFA ผู้วิจัยต้องการทดสอบโมเดลระบุเกินพอดี (over identified model)ที่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ทราบค่า (ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของข้อคำถาม)มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า (เช่น นี้ไหนักองค์ประกอบ ความคลาดเคลื่อนในการวัด เป็นต้น) ส่วนกรณีจำนวนพารามิเตอร์ที่ทราบค่าน้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าเรียกว่า โมเดลระบุไม่พอดี (under identified model) แต่ถ้าจำนวนพารามิเตอร์ที่ทราบค่าเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าเรียกว่าโมเดลระบุพอดี (just identified model) โปรแกรมลิสเรลไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระบุไม่พอดี และให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ในโมเดลระบุพอดีได้ไม่ดี วิธี CFA สามารถทดสอบโมเดลองค์ประกอบได้ดีเฉพาะกับโมเดลระบุเกินพอดีเท่านั้น

หลักทั่วไปในการกำหนดความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลผู้วิจัยควรมีตัวแปรสังเกตได้อย่างน้อย 3 ตัวต่อตัวแปรแฝง 1 ตัว ที่เรียกว่า กฎสามตัวบ่งชี้ (three indicator rule) แล้วกำหนดให้ตัว บ่งชี้ 1 ตัวเป็นตัวแปรอ้างอิงหรือการทำให้ตัวแปรแฝงเป็นค่ามาตรฐาน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ ของตัวแปรอ้างอิงเท่ากับ 1.00 การใช้ตัวบ่งชี้หลายตัววัดตัวแปรแฝงหนึ่งตัวทำให้สามารถวัดลักษณะของตัวแปรแฝงได้หลายแง่มุมโมเดลที่มีข้อคำถามหลายข้อต่อตัวแปรแฝงหนึ่งตัวทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องมากขึ้น ค่าพารามิเตอร์แม่นยำขึ้นและค่าความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้เพิ่มขึ้น ดังนั้น โมเดลที่มีจำนวนตัวแปรสังเกตได้มากกว่ามีแนวโน้มที่จะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ดีกว่าโมเดลที่มีจำนวนตัวแปรสังเกตได้น้อยกว่า

การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลค่อนข้างซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับค่าสถิติหลายตัว ในบางครั้งโมเดลในแผนผังเป็นโมเดลระบุเกินพอดี แต่ระหว่างการประมาณค่าพารามิเตอร์ อาจพบว่าเป็นโมเดลระบุไม่พอดีก็ได้ เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้มีค่าสูงและลักษณะการแจก แจงของตัวแปรสังเกตได้ไม่เป็นแบบปกติ ในกรณีเช่นนี้ผู้วิจัยต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลให้ เหมาะสม (อาจกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนในการวัดสัมพันธ์กัน) หรือตัดตัวแปรสังเกตได้บางตัวออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล

3. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimating the Parameter) การวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยการแก้สมการโครงสร้างเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ซึ่งเป็นตัวไม่ทราบค่าในสมการ (นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช, 2541) เป็นการดำเนินการโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ได้จากการใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง(ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้หรือข้อค่าถาม)ประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากร เช่น ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (λ) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (ϕ) ค่าเศษเหลือ (δ) เ ป็ น ต้ น กระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์มีสิ่งที่ควรคำนึงถึง 2 เรื่องดังนี้

3.1 เรื่องความลำเอียง หรือค่าที่ประมาณได้เท่ากับค่าพารามิเตอร์จริง ๆ หรือไม่ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบนัยสำคัญของค่าพารามิเตอร์ค่าสถิติทดสอบนัยสำคัญเหล่านี้ชี้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้มีโอกาสผิดพลาดเท่าใด

3.2 เรื่องประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์มี ประสิทธิภาพมากที่สุดแล้วหรือยัง หรืออาจกล่าวว่า โมเดลองค์ประกอบนี้สอดคล้องกับข้อมูลดีแล้วหรือยัง มีโมเดลทางเลือกลื่นที่สอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าหรือไม่ ผู้วิจัยพิจารณาจากค่าสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดล

4. การประเมินความสอดคล้องของโมเดล (Evaluating the Data-Model Fit) ผู้วิจัยประเมินความสอดคล้องของโมเดลองค์ประกอบ โดยการพิจารณาค่าสถิติต่าง ๆ ในผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติเหล่านี้ใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีหรือไม่ หรือแนะนำว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลอย่างไร ซึ่งในกรณีโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลต้องปฏิเสธโมเดลองค์ประกอบตามสมมติฐานหรืออาจใช้ค่าสถิติที่ให้มากับผลการวิเคราะห์ประกอบการตัดสินใจกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลหรือปรับโมเดลใหม่ ขั้นแรกในการประเมินความสอดคล้องของโมเดลผู้วิจัยต้องตรวจสอบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้สมเหตุสมผลหรือไม่ เป็นไปตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ แต่ถ้าพบกรณีต่อไปนี้อาจเกิด จากกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลองค์ประกอบไม่ถูกต้อง

4.1 ค่าพารามิเตอร์มีค่ากลับกัน (เช่น ค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นบวก ทั้ง ๆ ที่ในตามทฤษฎีต้องมีค่าเป็นลบ เป็นต้น)

4.2 ค่าพารามิเตอร์น้อยเกินไป มากเกินไปหรือไม่เหมาะสม (เช่น ค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบมีค่าติดลบ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมีค่ามากกว่า 1.00 เป็นต้น)

4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานมากกว่าปกติ (มีค่าเกิน2.00)

4.4 ค่าประมาณความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้เป็นลบ หรือใกล้ ๆ 0 หรือมากกว่า 1.00 ผู้วิจัยต้องตรวจสอบค่าสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลหลายตัว เพราะโมเดลองค์ประกอบที่มีค่าพารามิเตอร์สมเหตุสมผล อาจสอดคล้องกับข้อมูลไม่ดี ก็ได้ ปัจจุบันยังไม่มี ข้อสรุปที่ชัดเจนว่าค่าสถิติตัวใดดีที่สุด โปรแกรมลิสเรลกำหนดค่าสถิติเหล่านี้ให้โดยอัตโนมัติ ผู้วิจัย พิจารณาเลือกใช้ค่าสถิติเอง

ในยุคแรก ๆ วารสารวิชาการรายงานค่าสถิติวัดความสอดคล้อง ได้แก่ ค่าสถิติไค-สแควร์ (chi-square goodness of fit statistic) ค่าสถิติไค-สแควร์ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชัน ความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์หรือโมเดลองค์ประกอบตามทฤษฎีที่เป็นสมมติฐานวิจัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538) ค่าสถิติไค-สแควร์ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > .05) เป็นสิ่งชี้ว่าโมเดลองค์ประกอบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เพราะว่าผู้วิจัยต้องการยืนยันสมมติฐานศูนย์ (null hypothesis)

ค่าสถิติไค-สแควร์ขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มตัวอย่างและการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องการแจกแจงปกติพหุนาม ในกรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (มากกว่า 500 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป) สถิติไค-สแควร์ อาจเสนอแนะว่าให้ปฏิเสธโมเดลองค์ประกอบที่มีความเป็นไปได้ในทางทฤษฎี (plausible model) เนื่องจากเมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ความแตกต่างระหว่างโมเดลองค์ประกอบกับโมเดลข้อมูลเชิงประจักษ์มีเพียงเล็กน้อยก็ทำให้ค่าสถิติไค-สแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่ควรใช้สถิติไค-สแควร์เพียงค่าเดียวในการสรุปความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (relative chi-square) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าสถิติไค-สแควร์กับ จำนวนองศาอิสระ(χ^2/df)โดยหลักทั่วไป ถ้าค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์น้อยกว่า 3.00 ถือว่าโมเดล สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่าไค-สแควร์สอดแทรก (nested chi-square) หรือการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าสถิติ ไค-สแควร์ ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบโมเดลคู่แข่ง (competing models) ว่าโมเดลใดสอดคล้องกับ ข้อมูลมากกว่ากันการคำนวณใช้วิธีนำค่าสถิติไค-สแควร์และองศาอิสระของโมเดลหนึ่งตั้งลบด้วยค่าสถิติไค-สแควร์และองศาอิสระของอีกโมเดลหนึ่ง ถ้าค่าไค-สแควร์สอดแทรกมีนัยสำคัญทางสถิติ โมเดลที่มีค่าไค-สแควร์น้อยกว่าสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลที่มีค่าไค-สแควร์มากกว่า

ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนตัวอื่น ๆ ที่ใช้กันมาก ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness of fit index: GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (adjusted goodness of fit index: AGFI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ (comparative fit

index: CFI) ดัชนีทั้ง สามมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 Diamantopoulos and Siguaw เสนอแนะว่า ถ้าดัชนี GFI และดัชนี AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ Hu and Bender เสนอแนะว่า ถ้าดัชนี CFI มีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ยังมีค่าบอกความคลาดเคลื่อนของโมเดลเช่น ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (standardized root mean square residual: standardized RMR) ค่า Standardized RMR อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.08 แสดงว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดี และค่ารากของค่าเฉลยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (root mean square error of approximation: RMSEA) ค่า RMSEA อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.06 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดี

โดยหลักการทั่วไป การตรวจสอบความตรงของโมเดลองค์ประกอบที่เป็นสมมติฐานวิจัยหรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดลองค์ประกอบหรือการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์ ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ และดัชนี GFI, AGFI, CFI, Standardized RMR, RMSEA ดังนี้

1. ค่าสถิตไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญ ($p > .05$) ดัชนี GFI และดัชนี AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 ดัชนี CFI มีค่ามากกว่า 0.95 ค่า Standardized RMR มีค่าต่ำกว่า 0.08 และค่า RMSEA มีค่าต่ำกว่า 0.06 แสดงว่าโมเดลองค์ประกอบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. ค่าสถิติไค-สแควร์มีนัยสำคัญ ($p < .05$) แต่ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์น้อยกว่า 3.00 ดัชนี GFI และดัชนี AGFI มีค่ามากกว่า 0.90 ดัชนี CFI มีค่ามากกว่า 0.95 ค่า Standardized RMR มีค่าต่ำกว่า 0.08 และค่า RMSEA มีค่าต่ำกว่า 0.06 ถือว่าโมเดลองค์ประกอบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

แม้ว่าผู้วิจัยยอมรับค่าสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลแล้วก็ยังไม่สามารถสรุปยืนยันได้ว่าโมเดลองค์ประกอบตามสมมติฐานถูกต้องหรือไม่ ถ้าข้อมูลชุดนั้นยังสอดคล้องกับโมเดลทางเลือกอื่น ๆ อีก หรืออาจกล่าวได้ว่า ในกรณีที่ข้อมูลไม่สอดคล้องกับโมเดล ผู้วิจัยสามารถปฏิเสธโมเดลองค์ประกอบตามสมมติฐานได้ แต่ไม่สามารถยืนยันได้ว่าโมเดลตามสมมติฐานเป็นโมเดลที่ถูกต้องเพียงโมเดลเดียว เนื่องจากผู้วิจัยยังสามารถกำหนดโมเดลองค์ประกอบอื่น ๆ จากข้อมูลชุดนี้ได้อีก

5. การดัดแปรโมเดล (Model Modification) ในกรณีที่ค่าสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลชี้ว่าโมเดลองค์ประกอบไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าการกำหนดความสัมพันธ์ (เส้นทาง) ต่าง ๆ ในโมเดลไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง เช่น ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่า คำถามบางข้อมีน้ำหนักบนองค์ประกอบ 1 ตัว แต่คำถามข้อนั้นควรมีน้ำหนักบนองค์ประกอบมากกว่า 1 ตัว หรือตามทฤษฎีแล้วองค์ประกอบต่าง ๆ สัมพันธ์กัน แต่ในสภาพความ

เป็นจริงแล้วไม่สัมพันธ์กันผู้วิจัยสามารถปรับพารามิเตอร์ในโมเดลสมมติฐานแล้ว ทดสอบผลการปรับโมเดลได้ โปรแกรมให้ค่าดัชนี ดัดแปรโมเดล (modification indices: MI) ดัชนี MI จะเสนอแนะว่าควรเพิ่มหรือดัดพารามิเตอร์ตัวใดออกจากโมเดลเพื่อให้โมเดลสอดคล้องกับข้อมูล ส่วนการดัดสินใจปรับพารามิเตอร์ตัวใดขึ้นอยู่กับดุลยพินิจ ผู้วิจัยต้องปรับพารามิเตอร์อย่างมีความหมายในเชิงเนื้อหาและสามารถตีความหมายค่าพารามิเตอร์นั้น ๆ ได้ชัดเจน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

นอกจากนี้ผู้วิจัยควรพิจารณาค่าเศษเหลือของตัวแปรสังเกตได้แต่ละค่าด้วยเศษเหลือที่อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานที่มีค่ามาก (เกินกว่า 2.00) เศษเหลือมีค่ามากอาจชี้ว่ามีปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง

หลังจากปรับโมเดลแล้ว โมเดลองค์ประกอบที่ปรับใหม่ต้องสมเหตุสมผลและเป็นไปตาม ทฤษฎีที่คาดการณ์ไว้ ผู้วิจัยต้องวิเคราะห์โมเดลที่ปรับใหม่ด้วยข้อมูลชุดเดิมหรืออาจกล่าวได้ว่าโมเดลที่ปรับใหม่ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลเดิมเสมอไป เพราะว่าโมเดลที่ปรับใหม่ดีกว่าอยู่แล้วปัญหาหนึ่งในการปรับโมเดลหลัง ๆ อีก คือการตรวจสอบโมเดลองค์ประกอบกับกลุ่มตัวอย่างใหม่ ดังนั้น ถ้าผู้วิจัยมีข้อมูลมากพออาจแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ใช้ชุดหนึ่งสำหรับพัฒนาโมเดล ส่วนอีกชุดหนึ่งสำหรับตรวจสอบโมเดล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

ณัฐธิดา โยธา (ณัฐธิดา โยธา, 2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่านตามแนวทางการประเมินผล PISA มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่านตามแนวทางการประเมินผล PISA 2) เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่านตามแนวทางการประเมินผล PISA กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญด้าน หลักสูตรและการสอนภาษาไทย 5 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ครูผู้สอนระดับประถมศึกษา ใช้การ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 1,120 คน โดยการสุ่มหลายขั้นตอน กลุ่มตัวอย่าง ที่ 3 ผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมแนวทางการรู้เรื่องการอ่าน 9 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือ 1) แบบสัมภาษณ์กึ่ง โครงสร้าง 2) แบบบันทึกการสัมภาษณ์เชิงลึก 3) แบบสอบถามการส่งเสริมรู้เรื่องการอ่าน มีค่าอำนาจจำแนก 0.422 - 0.820 ค่าความเชื่อมั่น 0.989 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานและการวิเคราะห์องค์ประกอบ ผลการวิจัย 1) ตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่านประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ 76 ตัวบ่งชี้ คือ การจัดกิจกรรม ส่งเสริมการอ่าน การจัดการเรียนการสอน การใช้สื่อและนวัตกรรม การวัดและประเมินผล กลยุทธ์การสอน การจัดแหล่ง การเรียนรู้ น้ำหนักองค์ประกอบ 0.803 ถึง 0.993 2) แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่าน

ประกอบด้วย (1) จัดกิจกรรม เสริมสร้างความเข้าใจจากการอ่าน (2) จัดการเรียนการสอนสร้างทักษะการแปลความหมายจากเรื่องราว (3) พัฒนาสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ที่หลากหลาย (4) การประเมินการอ่านข้อความแบบต่อเนื่อง (5) ออกแบบกลยุทธ์การสอนเน้นการคิดวิเคราะห์ เนื้อหา (6) จัดแหล่งการเรียนรู้ที่สามารถค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง

ชวนพิศ คณะพัฒน์ (ชวนพิศ คณะพัฒน์, 2559) ได้ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดการใช้ปัญหานำทางและการวิพากษ์วิจารณ์ทางสังคมและแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและกลุ่มควบคุมที่เรียนตามปกติ เครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1) นักเรียนกลุ่ม ทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมและรายด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ในภาพรวมหลังการทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีคะแนนเฉลี่ยด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ด้านการอธิบาย ปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ ด้านการวิพากษ์วิจารณ์ทางสังคม และด้านการตระหนักถึงความสำคัญและ ผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่อตนเองและสังคมสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนคะแนนเฉลี่ยด้านการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปารณีย์ แสงลับ (ปารณีย์ แสงลับ, 2555) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ในบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนกันทรารมณ์ อำเภอกันทรารมย์ จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 43 คน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ที่ยึดถือ กระบวนทัศน์เชิงตีความเป็นแนวทางในการศึกษา ผู้วิจัยตีความการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดย ใช้กรอบแนวคิดซึ่งปรับปรุงจาก กรอบการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2006 โดยกำหนด คุณลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์จากการแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) การระบุคำถาม ทางวิทยาศาสตร์ (Identifying scientific questions) 2) การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (Explain phenomena scientifically) และ 3) การใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์(Using scientific evidence) ซึ่งการแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ได้คำนึงถึง 1) บริบทหรือสถานการณ์ใน ชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) เจตคติทาง วิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น เครื่องมือในการดำเนินการวิจัย ได้แก่แผนการ จัดการเรียนรู้วิชา โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เรื่อง โลกและการ

เปลี่ยนแปลงและเครื่องมือที่ใช้ใน การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่1) แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม 2) แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ 3)อนุทินหรือผลสะท้อนการเรียนของนักเรียน 4) ผลงานของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่า บริบทการจัดการเรียนการสอนแบบวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ทำให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ในแต่ละขั้น ดังนี้ ขั้นที่1 ระบุประเด็นทางสังคม พบว่า นักเรียนแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลกและแผนที่ โลกใหม่ 2012 2) ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างโลกและแผนที่โลกใหม่ 2012 ข ขั้นที่ 2 ระบุแนวทางการหาคำตอบอย่างมีศักยภาพ พบว่า นักเรียนแสดงสมรรถนะทาง วิทยาศาสตร์ 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่อง โครงสร้างโลกและแผนที่โลกใหม่ 2012 2) ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลก 3)ด้านการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นใน การเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลก ขั้นที่ 3 ต้องการความรู้พบว่า นักเรียนแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เพียงด้านเดียว คือ ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเกิดขึ้นทั้งในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลก และแผนที่โลกใหม่ 2012 ขั้นที่ 4 ทำการตัดสินใจ พบว่า นักเรียนแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลก 2) ด้านการใช้ ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นทั้งในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลกและแผนที่โลกใหม่ 2012 ขั้นที่ 5 กระบวนการทางสังคม พบว่า นักเรียนแสดงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลก 2) ด้านการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นทั้งในการเรียนรู้เรื่องโครงสร้างโลกและแผน ที่โลกใหม่ 20

นิธิรัตน์ อาโยวงษ์ (นิธิรัตน์ อาโยวงษ์, 2554) ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 เรื่อง พันธุศาสตร์ และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong (C. Yuenyong, 2006) กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียน หนองหว้าพิทยาสรรค์ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 32 คน การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสาน แบบแผนสามเส้า รูปแบบการวิจัยแบบลู่เข้าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม วิชา ว40245 ชีววิทยาเพิ่มเติม5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ จำนวน 4 แผนใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 8ชั่วโมงและ2) เครื่องมือที่ใช้ใน การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ แบบบันทึกภาคสนาม แบบสังเกตแบบมีส่วนร่วม แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการและไม่มีโครงสร้าง และอนุทินของนักเรียน และ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ แบบทดสอบวัดการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุศาสตร์และ

เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่สร้างตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ของ PISA 2009 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ใช้สถิติ แบบบรรยาย และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การตีความเชิงพรรณนา ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย มีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง จีเอ็มโอ เท่ากับ 30.56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 41 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.54และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การโคลน เท่ากับ 17.78 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.08 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม ของ Yuenyong ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามกรอบการรู้วิทยาศาสตร์ของPISA 2009 ในระดับมิติสัมพันธ์คือ นักเรียนสามารถระบุประเด็นของพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นในสังคม เลือกใช้สื่อในการหาคำ ตอบอย่าง มีวิจารณญาณ อธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำ อธิบายที่สมเหตุสมผล มีการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ในการตีความหลักฐาน การลงข้อสรุป และสื่อสารข้อสรุป สามารถนำแนวคิด และหลักการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆและสะท้อนถึงนัยของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม นักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในด้านความสนใจในวิทยาศาสตร์การสนับสนุนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และความรับผิดชอบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

วรรณงาม มาระครอง (วรรณงาม มาระครอง, 2553) ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ของนักเรียน ขั้นประถมศึกษา ในระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยี อวกาศ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม (STS Approach) อำเภอเมือง จังหวัด ขอนแก่น กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนบ้านโนนมีวง จำนวน 26 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้กรอบแนวคิดของกระบวนการวิจัยเชิง ตีความ เน้นการวิเคราะห์ตีความพฤติกรรมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน เครื่องมีที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ แบบสัมภาษณ์ผู้เรียน แบบบันทึกสะท้อนผลการเรียนรู้หลัง เรียนและผลงานทั้งหมดของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยตีความการรู้วิทยาศาสตร์จากความสามารถ ของการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีผลมาจากความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการระบุคำถามทางวิทยาศาสตร์ มีการอภิปรายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์และมีการใช้ ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

Yuenyong and Narjaikaew (Yuenyong and Narjaikaew, 2009) ได้ศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์และการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในประเทศไทย การศึกษาและผู้นำทางการเมืองทั่วโลกให้ความสำคัญและเน้นการพัฒนาการรู้ วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษา มุมมองสำหรับประเทศไทยการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้รับอิทธิพลจากการปฏิรูปการศึกษาในปี 1999 ซึ่งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ มี แนวคิดของการรู้วิทยาศาสตร์และความสัมพันธ์ระหว่าง

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสังคม ถึงแม้ว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ศึกษา คุณลักษณะการรู้วิทยาศาสตร์ไทย งานวิจัย บทความ การทดสอบ ระดับชาติและการเรียนการสอนเน้นความสำเร็จทางวิทยาศาสตร์ แต่ก็ยังขาดกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนส่วนใหญ่ พยายามจัดการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมบริบทของสังคมไทย เช่น ได้มีการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยนำหลักปรัชญาเศรษฐกิจ พอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชมหาราช มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียน การสอนซึ่งนักเรียนจะมีทั้งความรู้คู่คุณธรรมและสังคมไทยเป็นสังคมพุทธ มีวิธีการดำเนินชีวิตแบบ ชาวพุทธ บทความนี้จะพิจารณาการตีความของการรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทประเทศเพื่อการศึกษา วิทยาศาสตร์ (ปาจรีย์ ติ้วสิขเรศ, 2549)

Baker. D.R. et al. (Baker D.R. et al, 2009) ศึกษาโครงการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านการสนทนา อย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน (Through the Creation of Science Classroom Discourse Communities)การศึกษานี้รายงานในบริบทและผลกระทบของการสื่อสารในการพัฒนาด้านอาชีพ ในโครงการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ของครูและนักเรียนโดยการสร้างขุมชนการสนทนาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน ห้องเรียน ทฤษฎี โครงสร้างรากฐาน (underpinnings) ของรูปแบบการพัฒนาแบบมือชีพได้ แสดงและได้อธิบาย กิจกรรมการพัฒนาอาชีพที่สำคัญ ข้อมูลที่ได้รับอยู่บนความแม่นยำของครูใน การดำเนินการตามกลยุทธ์การเรียนการสอนตามรูปแบบ The Communication in Science Inequity Project (CISIP) ความเข้าใจของครูในธรรมชาติของการสื่อสารวิทยาศาสตร์ ข้อมูลนักเรียนรวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลของข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจของนักเรียนในชั้นเรียนในฐานะที่เป็นขุมชนการสนทนาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ มีการแนะนำเครื่องมีสองชนิดเพื่อความแม่นยำของการดำเนินงาน ขุมชนการสนทนาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยการสืบเสาะหาความรู้เพื่อการสังเกตการณ์ในห้องเรียนของครูและการสำรวจห้องเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนในการใช้กลยุทธ์การเรียนการสอนในห้องเรียนตามรูปแบบ CISIP ของครู จากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การที่จะการพัฒนาแนวทางส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวการประเมินผล PISA ตัวแปรประกอบด้วยองค์ประกอบที่มีค่าแสดงถึงการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษาเฉพาะจุดหรือช่วงเวลาหนึ่ง ค่าของตัวบ่งชี้ระบุ บ่งบอกถึงสภาพที่ต้องการศึกษาเป็นองค์รวมอย่างกว้างๆ แต่มีความชัดเจนเพียงพอที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อประเมินสภาพที่ต้องการศึกษาได้

Moss, Abrams and Robb (Moss, Abrams and Robb, 2001) สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 6 จำนวน 5 คน ในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ วิธีการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่า นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้าน ความรู้วิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของกิจการทางวิทยาศาสตร์

Bell et al. (Bell, 1989) สำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 จำนวน 10 คน ที่เรียนจบโปรแกรมภาคฤดูร้อนที่จัดให้นักเรียนฝึกปฏิบัติการกับนักวิทยาศาสตร์ในห้องทดลอง โดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ แบบกึ่งโครงสร้าง พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี แต่ไม่เข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Bell et al. ได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นนี้ว่า อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความเชื่อบางอย่างที่ขัดขวางการทำความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านของกิจการทางวิทยาศาสตร์

Kang, Scharmann and Noh (Kang, S., Scharmann, L. C and Noh, 2005) ศึกษามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนจากกรุงโซล ประเทศเกาหลี โดยใช้การสำรวจกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัย คือ แบบสอบถามแบบหลายตัวเลือก (Multiple-choice) ข้อคำถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้ ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Solomon และคณะ (1996) (ในข้อคำถาม 1, 2. 3 และ 4) และจาก VOSTS (ในข้อคำถาม 5) ซึ่งพัฒนารูปแบบหลายตัวเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 6, 8 และ 10 ประเทศเกาหลี จำนวน 1702 คน แบบสอบถามชุดนี้ประกอบด้วยข้อคำถาม 5 รายการซึ่ง ตรวจสอบมุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ นิยาม ของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของแบบจำลอง ความเป็นจริงชั่วขณะของทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์ และที่มาของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนจะต้องคำถามในแบบสอบถามพร้อม ทั้งอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบแต่ละข้อในส่วนที่เป็นคำถามปลายเปิดส่วนท้ายของแต่ละข้อ 67 จากการวิจัยพบว่ามุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 6, 8 และ 10 ไม่มีความ แตกต่างอย่างชัดเจนและเมื่อเปรียบเทียบกับผลวิจัยในต่างประเทศ พบว่า มีความแตกต่างระหว่าง มุมมองในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างชัดเจน ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้เกิดจาก ลักษณะทางวัฒนธรรม ทำให้การออกแบบหลักสูตรเพื่อพัฒนามุมมองในธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวัฒนธรรมหนึ่งไม่ส่งผลต่อนักเรียนที่อยู่ในวัฒนธรรมอื่น

จากการศึกษาเอกสาร ผู้วิจัยสรุปตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เพื่อเป็นการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ออกเป็น 6 ด้าน จำนวน 51 ตัวบ่งชี้ ได้แก่

ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 8 ตัวบ่งชี้

1. ผู้เรียนรู้จักการกำหนดปัญหา การแก้ปัญหาตามขั้นตอน
2. ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง
3. ผู้เรียนดำเนินการ ออกแบบ หรือศึกษาวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
4. ผู้เรียนมีทักษะการทดลอง
5. ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
6. เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบค้นข้อมูล เขียน สื่อความนำเสนอข้อมูล
7. ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็นความคิดรวบยอด
8. สอนโดยใช้กระบวนการเผชิญสถานการณ์/ประสบการณ์จริง

ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม ประกอบด้วย 10 ตัวบ่งชี้

1. ออกแบบการเรียนรู้อย่างเหมาะสม
2. ตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน
3. สร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุขข้อควรแก้ไข
4. ชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม
5. อำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน
6. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม
7. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนรักและภาคภูมิใจในตนเอง
8. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเองเพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายในชีวิต
9. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถยอมรับความแตกต่างทางความคิด ความรู้สึกและพฤติกรรมของตนเองและผู้อื่นอย่างจริงใจ
10. จัดกิจกรรมส่งเสริมการยืมหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งพิมพ์จาก ห้องสมุดหรือแหล่งเรียนรู้ไปอ่านเพิ่มเติม

ด้านด้านกลยุทธ์การสอน ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้

1. มีการคิดค้นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่
2. มีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์
3. มีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้

ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ประกอบด้วย 13 ตัวบ่งชี้

1. ใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น
2. มีการใช้สื่อเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่
3. มีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากอ่าน
4. มีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที
5. ใช้สื่อในการสอนมีความสอดคล้องและตรงกับเนื้อหาที่เรียน
6. สื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน
7. มีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
8. มีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์
9. มีการเลือกใช้สื่อมัลติมีเดีย(ซีดี วีดีทัศน์ฯ)ในการจัดการเรียนการสอน
10. มีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย
11. มีการพัฒนาสื่อในกระบวนการสอนให้สอดคล้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์
12. สร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน
13. มีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน

ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้

1.นำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน
3. มีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
4. มีการจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน

ด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 13 ตัวบ่งชี้

1. มีการนำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน
2. มีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย
3. ให้นักเรียนตรวจสอบผลการวัดและประเมินผลในแต่ละครั้ง
4. มีการวัดและประเมินผลการเรียนทำให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียน

5. นำผลการประเมินมาปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

6. เน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผู้เรียนไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน

7. เน้นกระบวนการที่ต้องใช้ความสามารถในการคิดระดับสูง

8. เน้นคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์ขึ้น

9. ประเมินความสามารถหลายด้านของผู้เรียน

10. เน้นงานที่มีความหมายต่อผู้เรียน

11. มีการกำหนดวิธีการประเมินที่หลากหลาย

12. ใช้ข้อสอบที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Authentic Test)

13. มีการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็น การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลการพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ของครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยผู้วิจัยทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ระยะที่ 1 การพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1. การสร้างตัวบ่งชี้

1.1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน โดยใช้เกณฑ์ในการคัดเลือก ครูผู้สอน 3 คน อาจารย์มหาวิทยาลัย 1 คน เจ้าหน้าที่ในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) 1 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

2 การพัฒนาและการยืนยันตัวบ่งชี้

2.1 ประชากร

ประชากร เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8,565 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยระยะที่ 1 เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาชั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นครูผู้สอนที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม (rule of thumb) และการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling)

ขั้นที่ 1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ได้ 600 คน

ขั้นที่ 2 ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้นดังนี้

1. แบ่งโรงเรียนตามขนาดที่มีเกณฑ์ดังนี้

1.1 ใช้จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหน่วยในการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 30 ได้ 6 จังหวัด คือ ขอนแก่น หนองคาย หนองบัวลำภู เลย อุดรธานี และร้อยเอ็ด

1.2 ใช้อำเภอในจังหวัดขอนแก่น หนองคาย หนองบัวลำภู เลย อุดรธานี และร้อยเอ็ด เป็นหน่วยในการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 30 ได้ 29 อำเภอ

1.3 แบ่งโรงเรียนออกตามขนาด มีเกณฑ์ดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียนต่ำกว่า 200 คน

โรงเรียนขนาดกลาง มีจำนวนนักเรียน 201-500 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ มีจำนวนนักเรียน 501 คนขึ้นไป

พบว่าได้โรงเรียนแต่ละขนาดดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก 32 แห่ง จำนวน 79 คน

โรงเรียนขนาดกลาง 47 แห่งจำนวน 181 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ 58 แห่ง จำนวน 919 คน

1.4 ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 50 ได้ดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก 16 แห่ง จำนวน 40 คน

โรงเรียนขนาดกลาง 24 แห่ง จำนวน 90 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ 29 แห่ง จำนวน 460 คน

2. ทำการสำรวจโรงเรียน 69 โรง มีครูผู้สอน 600 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนที่ดีจึงใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 600 คน รายละเอียดดังตารางของกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 1 จำนวนตัวอย่างครูและโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory factor analysis : EFA)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครูวิทยาศาสตร์
ขนาดเล็ก	1	ธาตุพิทยาคม	4
	2	น้ำสวยพิทยาสรรพ์	2
	3	วังทรายขาววิทยา	2
	4	เซไลวิทยาคม	4
	5	ผาน้อยวิทยาคม	2
	6	นิคมสงเคราะห์วิทยา	2
	7	อุดรพิทยานุกูล 2	3
	8	อุดรพัฒนศึกษา	2
	9	เชียงพังพัฒนวิช	5
	10	ราชินูทิศ 2	2
	11	ตาดทองพิทยาคม	3
	12	กุมภวาปีพิทยาสรรค์	2
	13	หนองนางพิทยาคม	2
	14	ขอนแก่นวิทยาลัย	3
	15	สีหราชเดโชชัย	3
	16	บ้านไผ่ศึกษา	2
ขนาดกลาง	1	เขาแก้ววิทยาสรรพ์	4
	2	นาอ้อวิทยา	5
	3	เอราวัณวิทยาคม	4
	4	ผาสามยอดวิทยาคม	5
	5	โนนเมืองวิทยาคาร	4
	6	หนองเรือพิทยาคม	4
	7	ภูพานวิทยา	4

ตาราง 1 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครู วิทยาศาสตร์
ขนาดกลาง	8	สีออศิลปะศาสตร์	4
	9	เสอเพลอพิทยาคม	3
	10	หนองยางชุมพิทยาคม	4
	11	แสงอร่ามพิทยาคม	3
	12	ถ่อนวิทยา	5
	13	ท่าบ่อพิทยาคม	3
	14	เดื่อวิทยาคาร	3
	15	พระพุทธบาทวิทยาคม	5
	16	โคกสีพิทยาสรรพ์	7
	17	เทพศิรินทร์ ขอนแก่น	7
	18	ขอนแก่นพัฒนศึกษา	4
	19	ชุมแพพิทยาคม	4
	20	ชุมแพวิทยายน	3
	21	สตรีศึกษา 2	3
	21	โนนชัยศรีวิทยา	5
	23	ม่วงมิตรวิทยาคม	4
	24	โพธิ์ศรีสว่างวิทยา	6
ขนาดใหญ่	1	เชียงคาน	17
	2	จุฬาภรณราชวิทยาลัย เลย	11
	3	เลยพิทยาคม	26
	4	เลยอนุกูลวิทยา	16
	5	ศรีสงครามวิทยา	23
	6	หนองบัวพิทยาคาร	19
	7	โนนสังวิทยาคาร	9
	8	อุดรพิทยานุกูล	39

ตาราง 1 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครู วิทยาศาสตร์
ขนาดใหญ่	9	สตรีราชินูทิศ	31
	10	ประจักษ์ศิลปาคาร	25
	11	อุดรพิชัยรักษ์พิทยา	24
	12	หนองวัวซอพิทยาคม	8
	13	ปทุมเทพวิทยาคาร	22
	14	ท่าบ่อ	16
	15	พานพร้าว	5
	16	หนองคายวิทยาคาร	16
	17	แก่นนครวิทยาลัย	36
	18	กัลยาณวัตร	31
	19	ขอนแก่นวิทยายน	45
	20	ชนบทศึกษา	11
	21	จตุรมิตรวิทยาคาร	9
	21	ชุมแพศึกษา	26
	23	บ้านไผ่	26
	24	มัญจาศึกษา	17
	25	อุบลรัตน์พิทยาคม	10
	26	สตรีศึกษา	35
	27	ร้อยเอ็ดวิทยาลัย	34
	28	สุวรรณภูมิพิทยไพศาล	23
	29	โพนทองพัฒนาวิทยา	23
รวม	29		460
รวม			600

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นครูผู้สอนที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) โดยการสุ่มหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling)

ขั้นที่ 1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 โดยกำหนดขั้นต่ำจำนวน 15 เท่าของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจซึ่งได้ค่าพารามิเตอร์จำนวน 61 ค่า จึงกำหนดตัวอย่างขั้นต่ำจำนวน 915 คน

ขั้นที่ 2 ทำการสุ่มแบบแบ่งชั้นดังนี้

1. แบ่งโรงเรียนตามขนาดที่มีเกณฑ์ดังนี้

1.1 ใช้จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหน่วยในการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 30 ได้ 6 จังหวัด คือ บึงกาฬ สกลนคร กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ และบุรีรัมย์

1.2 ใช้อำเภอในจังหวัดบึงกาฬ สกลนคร กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ และบุรีรัมย์ เป็นหน่วยในการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 30 ได้ 27 อำเภอ

1.3 แบ่งโรงเรียนออกตามขนาด มีเกณฑ์ดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวนนักเรียนต่ำกว่า 200 คน

โรงเรียนขนาดกลาง มีจำนวนนักเรียน 201-500 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ มีจำนวนนักเรียน 501 คนขึ้นไป

พบว่าได้โรงเรียนแต่ละขนาดดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก 40 แห่ง จำนวน 226 คน

โรงเรียนขนาดกลาง 68 แห่ง จำนวน 558 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ 100 แห่ง จำนวน1,256 คน

1.4 ใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ทำการสุ่มมาร้อยละ 50 ได้ดังนี้

โรงเรียนขนาดเล็ก 20 แห่ง จำนวน 113 คน

โรงเรียนขนาดกลาง 34 แห่ง จำนวน 279 คน

โรงเรียนขนาดใหญ่ 35 แห่ง จำนวน 628 คน

2. ทำการสำรวจโรงเรียน 79 แห่ง มีครูที่ทำการสอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา 1,020 คน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างเป็นตัวแทนที่ดี จึงใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,020 คน รายละเอียดดังตารางของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ดังตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนตัวอย่างครูและโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis : CFA)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครู วิทยาศาสตร์
ขนาดเล็ก	1	ลำปลาหางวิทยา	5
	2	เทพสวัสดิ์วิทยา	6
	3	แก่งนาจารย์พิทยาคม	6
	4	ดงกลางพัฒนศึกษา	6
	5	กู่ทองพิทยาคม	5
	6	โพนงามพิทยานุกูล	3
	7	ภูพระวิทยาคม	5
	8	ชีลองวิทยา	5
	9	เมืองแฝกพิทยาคม	5
	10	ทะเมนชัยพิทยาคม	6
	11	มหาไชยพิทยาคม	6
	12	เมืองเหนือวิทยาคม	6
	13	ปู่ด้วงศึกษาลัย	6
	14	เริงรมย์วิทยาคม	6
	15	หนองนางพิทยาคม	6
	16	วังหลวงพิทยาสรรพ์	6
	17	เมืองแฝกพิทยาคม	6
	18	ดงพลองพิทยาคม	6
	19	ลำปลาหางวิทยา	6
	20	เทพสวัสดิ์วิทยา	6
ขนาดกลาง	1	หนองหิ้งพิทยา	8
	2	โสกก่ามวิทยา	7
	3	เหล่าคามพิทยาคม รัชมังคลาภิเษก	8

ตาราง 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครู วิทยาศาสตร์
ขนาดกลาง	4	หนองเข็งวิทยาคม	7
	5	ศึกษาประชาสามัคคี	8
	6	โนนสูงพิทยาคม	7
	7	มหาวิชานุกูล	8
	8	เขื่อนพิทยาสรรค์	7
	9	ท่ามะไฟหวานวิทยาคม	8
	10	หนองคอนไทยวิทยาคม	7
	11	กนกศิลป์พิทยาคม	8
	12	สวายจีกพิทยาคม	6
	13	ชำนิพิทยาคม	8
	14	อุดมอักษรพิทยาคม	6
	15	ทุ่งแสงทองพิทยาคม	6
	16	พิมพ์รัฐประชาสรรค์	6
	17	บ้านบุวิทยาสรรค์	7
	18	ละหานทรายวิทยา	7
	19	ตลาดโพธิ์พิทยาคม	6
	20	จตุราษฎร์พิทยาคม	8
	21	ดอนจานวิทยาคม	10
	22	สามขาสว่างวิทย์	10
	23	นาไคร้พิทยาสรรพ์	10
	24	หนองคอนไทยวิทยาคม	10
	25	พระธาตุหนองสามหมื่น	10
	26	หนองบัวบานวิทยา	9

ตาราง 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครูวิทยาศาสตร์
ขนาดกลาง	27	บางอำพันธ์วิทยาคม	10
	28	วังม่วงพิทยาคม	10
	29	นาหนังพัฒนศึกษา	10
	30	นาดีพิทยาคม	10
	31	นาสวรรค์พิทยาคม	10
	32	บงเหนือวิทยาคม	10
	33	หนองแวงวิทยา	10
	34	โพธิ์ชัยทองพิทยาคม	10
ขนาดใหญ่	1	เซกา	14
	2	คำตากล้าราชประชาสงเคราะห์	12
	3	พรรณาวุฒาจารย์	12
	4	พังโคนวิทยาคม	13
	5	มัธยมวานรนิวาส	21
	6	เตรียมอุดมศึกษา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	15
	7	กาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์	25
	8	ร่องคำ	18
	9	ผดุงนารี	22
	10	โกสุมวิทยาสรรค์	19
	11	สตรีชัยภูมิ	15
	12	เมืองพญาแลวิทยา	20
	13	แก้งคร้อวิทยา	20
	14	ภูเขียว	26
	15	คอนสารวิทยาคม	15
	16	บุรีรัมย์พิทยาคม	27

ตาราง 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	ลำดับที่	โรงเรียน	จำนวนครู วิทยาศาสตร์
ขนาดใหญ่	17	ภัทรบพิตร	20
	18	นางรอง	17
	19	นางรองพิทยาคม	20
	20	ประโคนชัยพิทยาคม	16
	21	เมืองตลุงพิทยาสรรพ์	18
	21	ละหานทรายรัชดาภิเษก	14
	23	ลำปลายมาศ	15
	24	ถนนหักพิทยาคม	15
	25	สิงหวิทยาคม	14
	26	สหัสขันธ์ศึกษา	20
	27	ท่าคันโทวิทยาคาร	18
	28	บ้านนาคูพัฒนา	20
	29	ชัยภูมิภักดีชุมพล	20
	30	สตรีชัยภูมิ	20
	31	จัตุรัสวิทยาคาร	17
	32	ธาตุนารายณ์วิทยา	19
	33	เต่างอยพัฒนศึกษา	20
	34	พรรณาวุฒาจารย์	20
	35	โรงเรียนคำตากล้าราชประชาสงเคราะห์	18
รวม			1,020

ระยะที่ 2 การพัฒนาแนวการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในด้านการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ จำนวน 9 คนมีประสบการณ์ทำงานการสอนวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ 5-10 ปีขึ้นไป โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้การสัมภาษณ์เดี่ยวแบบเผชิญหน้าโดยผู้สัมภาษณ์สอบถามผู้ให้ข้อมูลตามแนวคำถาม (Interview Guideline) ที่วางไว้เพื่อแนวคำถามปลายเปิดที่ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ เพื่อให้ตอบได้ให้ความเห็นจนครบถ้วนและชัดเจน

พิจารณาผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างกรอบพัฒนาแนวการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ นำผลมาจากการมาวิเคราะห์กับกลุ่มตัวอย่างโดยการใช้แบบสอบถามในการที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) พร้อมทั้งใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depthInterview) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวคำถามในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับประเด็นในแต่ละตัวบ่งชี้จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. วิธีดำเนินการสัมภาษณ์

เมื่อได้ประเด็นคำถามแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตัวบ่งชี้แต่ละตัวอีกครั้งหนึ่งโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1 ผู้วิจัยได้แนะนำตัวเองพร้อมทั้งอธิบายถึงวัตถุประสงค์และผลที่จะได้รับจากการสัมภาษณ์ในครั้งนี้ให้กับผู้เชี่ยวชาญที่ถูกสัมภาษณ์ได้รับทราบนอกจากนี้ยังได้อธิบายถึงที่มาของตัวบ่งชี้ที่นำมาเป็นประเด็นในการร่วมกันพิจารณาว่ามีฐานข้อมูลมาจากผู้เชี่ยวชาญระดับเดียวกันทั้งสิ้น

2. สร้างความคุ้นเคยระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญและระหว่างผู้เชี่ยวชาญด้วยกันเองโดยผู้ดำเนินรายการแนะนำตนเองก่อนจากนั้นเริ่มเข้าสู่การสัมภาษณ์ด้วยคำถามว่าความคิดเห็นของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาแนวการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ เป็นอย่างไร เห็นด้วยหรือไม่ พร้อมทั้งให้เหตุผล

3.. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลในขณะสัมภาษณ์

4. เครื่องบันทึกเสียงที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครบถ้วน

5. การจดบันทึกขณะสัมภาษณ์และหลังการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยเองผู้วิจัยจดบันทึกย่อข้อมูลสำคัญ ๆ ในขณะที่ฟังแล้วนำมาบันทึกรายละเอียดเมื่อสิ้นสุดการสัมภาษณ์

ระยะที่ 1 การพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ (PISA)

1. การสร้างพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.1 กลุ่มเป้าหมาย (กลุ่มผู้ให้ข้อมูล)

กลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในด้านการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 5 คน โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคุณสมบัติผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1.1.1 ครูผู้สอนที่เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา

1.2.2 อาจารย์มหาวิทยาลัยที่เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

1.3.3 เจ้าหน้าที่ในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง 1 ฉบับ เป็นกรอบแนวทางการส่งเสริมชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพของครูซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 5 ด้านได้แก่ 1) ด้านการจัดการเรียนการสอน 2) ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม 3) ด้านกลยุทธ์การสอน 4) ด้านด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 5) ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้ 6) ด้านการวัดและประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่อไปนี้

1.2.1 องค์ประกอบแต่ละด้านมีความเหมาะสมมีส่วนในการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) หรือไม่ ควรเพิ่มเติมตัวบ่งชี้ใดบ้าง

1.2.2 เสนอแนะแนวทางในการการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.3 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1.3.1 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเพื่อนำแนวคิดที่ได้มาสังเคราะห์สรุปเป็นแนวทางสำหรับการร่างตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.3.2 การสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย

1.3.3 กำหนดองค์ประกอบและตัวบ่งชี้แนวการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.3.4 นำร่างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มาสร้างแบบสัมภาษณ์แล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นหลัก เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของถ้อยคำและเนื้อหา เพื่อปรับปรุงตามคำแนะนำ ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามถึงผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการสัมภาษณ์เพื่อให้ได้ความคิดเห็นเพิ่มเติม

1.3.5 ดำเนินการสัมภาษณ์โดยขออนุญาตให้การสัมภาษณ์ว่าจะทำบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์เพื่อความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล

1.3.6. เพิ่มเติม ปรับปรุงแก้ไขตัวบ่งชี้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

1.3.7. พิจารณาการคัดเลือกตัวบ่งชี้การพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยการนำผลการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จากแนวคิดทฤษฎีเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องร่วมกับผลการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ความถี่และใช้เกณฑ์พิจารณาคัดเลือกตัวบ่งชี้ที่มีความถี่ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป

2. การพัฒนาและการยืนยันตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA)

2.1.1 ประชากร

เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8,565 คน

2.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 600 คนโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ดังตาราง 1

2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นแบบสอบถามการพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1 ฉบับมี 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

2.1.4 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

2.1.4.1 นำผลการคัดเลือกตัวบ่งชี้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างแบบสอบถามตัวบ่งชี้ส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) แล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับสำนวนภาษาและเนื้อหาเพื่อปรับปรุงแก้ไขให้มี สำนวนภาษา และเนื้อหาที่เหมาะสม

2.1.4.2 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบและปรับแก้ไขเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คนตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมโดยผู้วิจัยกำหนดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.1.4.3 หาความตรงของแบบสอบถามโดยนำทั้งองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ย่อยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งทำการพิจารณาใน 2 ประเด็นคือ

1) พิจารณาว่าสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบกับแนวการพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

2) พิจารณาความสอดคล้องระหว่างตัวบ่งชี้กับองค์ประกอบ

ผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตัวบ่งชี้แนวการพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาโดยตรงจำนวน 5 คน ดังนี้

1. อาจารย์ ดร. กลยุทธ์ ดีจริง อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. นางสาวธนิกานต์ ศรีต้นวงศ์ ครูชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 21 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

3. นางสาวศิริพร สุริยา ครูชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 20 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

4. นางนัฏกานต์ ดวงพร ครูชำนาญการพิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 20 ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์

5. นายเอกรินทร์ อัชชะกุลวสุท เจ้าหน้าที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

2.1.4.4 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของตัวบ่งชี้โดยใช้สูตร IOC (Index of Consistency) พิจารณาคัดเลือกข้อที่ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00

(สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552) พบว่า มีค่าตั้งแต่ .67 ถึง 1.00

2.1.4.5 ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ โดยตัดข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า .50 หรือข้อที่ไม่สอดคล้องออก แล้วนำเครื่องมือไปทดลองใช้กับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบสอบถาม

2.1.4.6 หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบสอบถาม (Discrimination) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับของแบบสอบถาม (Item Total Correlation) ตามวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson ProductMoment Correlation Coefficient) โดยใช้เกณฑ์พิจารณาข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2558) พบว่าผ่านเกณฑ์ทุกข้อ โดยมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .44 ถึง .84

2.1.4.7 นำข้อคำถามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 5 มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach Method) ได้ค่าความเที่ยงตรงของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.98 แสดงว่าแบบสอบถามมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เก็บข้อมูล

2.1.4.8 พิมพ์แบบสอบถามเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

2.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามถึงผู้อำนวยการโรงเรียน 50 แห่ง สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2. ผู้วิจัยดำเนินการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

3. นำแบบสอบถามที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สมบูรณ์มาลงรหัสเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยมีขั้นตอนตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงของตัวบ่งชี้โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

2.1.6.2 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันในการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบลักษณะความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้สำหรับใช้พิจารณาความเหมาะสมของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ โดยพิจารณาค่า KMO and Bartlett's Test ดังนี้ (สุภมาส อังศุโชติ, 2552)

1. ค่า Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (MSA) ดัชนีตัวนี้มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าจะเท่ากับ 1 เมื่อตัวแปรแต่ละตัวสามารถทำนายได้ด้วยตัวแปรอื่น ๆ โดยปราศจากความคลาดเคลื่อนส่วนค่าในช่วงอื่น ๆ สามารถทำนายได้ดังนี้

.80 ขึ้นไป เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบดีมาก

.70-.79 เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบดี

.60-.69 เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบปานกลาง

.50-.59 เหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบ

น้อยกว่า .50 ไม่เหมาะสมที่จะนำข้อมูลชุดนั้นมาวิเคราะห์

2. ค่า Bartlett's Test ใช้ทดสอบว่าข้อมูลมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยสถิติKMO มีค่ามากกว่า .50 แสดงว่าเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป และความสัมพันธ์ใช้สถิติ Bartlett's Test ตรวจสอบค่า Sig มีค่าน้อยกว่า .01 น้อยกว่านัยสำคัญที่ตั้งไว้แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์ว่าเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า ค่า Bartlett's Test มีนัยสำคัญแสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบได้

3. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมี 4 ขั้นคือ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

3.1 การเตรียมเมตริกซ์สหสัมพันธ์

3.2 การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น (Extraction)

3.3 วิธีการหมุนแกน (Rotation)

3.4 การสร้างตัวแปรประกอบหรือสเกลองค์ประกอบ

4. พิจารณาองค์ประกอบที่มีค่าไอเกน (Eigen Values) มากกว่า 1 มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .30 และมีจำนวนตัวบ่งชี้ตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA)

2.2.1 ประชากร

เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 8,565 คน

2.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยขั้นตอนนี้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างระหว่างโมเดลสมการโครงสร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้แก่ ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 620 คน โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ดังตาราง 6

2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นแบบสอบถามการพัฒนาตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 1 ฉบับมี 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist)

ตอนที่ 2 เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการพัฒนาตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้

2.2.4 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

2.2.4.1 นำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาในขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมาปรับปรุงแก้ไขจัดองค์ประกอบและตั้งชื่อองค์ประกอบใหม่

2.2.4.2 นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบและปรับแก้เสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมโดยผู้วิจัยกำหนดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

2.2.4.3 การหาความเที่ยงตรงของแบบสอบถามโดยนำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบอีกครั้ง

2.2.4.4 พิมพ์แบบสอบถามเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ต่อไปในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

1) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory FactorAnalysis : EFA) ในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ผู้วิจัยแก้ไขและสร้างแบบสอบถามการพัฒนาตัวบ่งชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) (ฉบับที่ 2)

2) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory FactorAnalysis : EFA) ซึ่งผู้วิจัยนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis :CFA) ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 2

2.2.4.5 พิมพ์แบบสอบถามเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA)

2.2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามถึงผู้อำนวยการโรงเรียน 55 แห่งเป็นโรงเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

2. ผู้วิจัยดำเนินการติดตามและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

3. นำแบบสอบถามที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สมบูรณ์มาลงรหัสเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ค่าสถิติสำคัญที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ประกอบ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistic) ควรมีค่าต่ำมากยิ่งเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. ค่าไค-สแควสัมพันธ์ (Relative Chi-Square) เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลที่มีค่าองศาอิสระเท่ากัน โดยมีค่าไค-สแควร์สัมพันธ์ไม่เกิน 3.00

3. ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน GFI (Goodness of Fit) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าดัชนี GFI ควรมีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ค่าดัชนีวัดระดับกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว AGFI (Adjusted Goodness of Fit) มีค่าที่ได้จากการปรับแก้ดัชนี GFI เมื่อคำนึงถึงขนาดกลุ่มตัวอย่างดังนั้น เพื่อปรับแก้ให้ใกล้เคียงกับค่าประชากรจึงทำการปรับแก้ซึ่งการปรับแก้ต้องคำนึงถึงจำนวนตัวแปรกลุ่มตัวอย่างและองศาความอิสระค่าที่ได้จะต้องต่ำกว่า GIF เสมอ

5. ค่าดัชนีวัดระดับกลมกลืนเปรียบเทียบ CFI (Comparative of Fit) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ควรมีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

6. ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.08 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

7. ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ควรมีค่ามากกว่า 0.95 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

8. การสร้างสเกลองค์ประกอบและการสร้างตัวบ่งชี้รวมมีวิธีการคำนวณเหมือนกันคือคำนวณจากผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบกับคะแนนมาตรฐานของตัวบ่งชี้

9. การพัฒนาแนวทางการการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ระยะที่ 2 การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1. กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 9 คนประกอบด้วยครูผู้สอน จำนวน 7 คน อาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 2 คน โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาคุณสมบัติผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1. ครูชำนาญการพิเศษมีประสบการณ์ด้านการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
2. อาจารย์มหาวิทยาลัยมีประสบการณ์ด้านการสอนวิทยาศาสตร์มากกว่า 10 ปี

2. ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเพื่อแนวคิดที่ได้มาสังเคราะห์สรุปเป็นแนวทางสำหรับการร่างตัวบ่งชี้การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

2.2 การสร้างกรอบแนวคิดในการวิจัย

2.3 กำหนดองค์ประกอบและตัวบ่งชี้แนวการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนว ทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เพื่อนำไปสู่การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

2.4 นำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้เกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มาสร้างแบบสัมภาษณ์จากความคิดเห็นเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คนแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของถ้อยคำและเนื้อหาเพื่อปรับปรุงทำ

หนังสือขอความอนุเคราะห์จากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามถึงผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

2.5 ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยขออนุญาตในการสัมภาษณ์ว่าจะทำการบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์เพื่อความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล

2.6 เพิ่มเติมปรับปรุงแก้ไขตัวบ่งชี้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากผู้เชี่ยวชาญ

2.7 บันทึกผลเกี่ยวกับแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

2.8 นำแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) จากผู้เชี่ยวชาญมาสรุปแนวทางการส่งเสริมจากแต่ละองค์ประกอบนำแนวคิดทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องร่วมกับผลการสัมภาษณ์มาสรุปพร้อมอภิปรายผลงานวิจัย

3. การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview)

เป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวคำถามในการสัมภาษณ์กลุ่มเฉพาะเพื่อนำมาเป็นแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ประกอบด้วยประเด็นคำถามจากแต่ละองค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory FactorAnalysis : CFA) ในขั้นตอนสุดท้าย

1. ความคิดเห็นของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) อย่างไรมีข้อเสนอแนะหรือไม่

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลในขณะสัมภาษณ์

3. เครื่องบันทึกเสียงที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครบถ้วน

4. การจดบันทึกขณะสัมภาษณ์และหลังการสัมภาษณ์โดยผู้วิจัยเองผู้วิจัยจดบันทึกย่อข้อมูลสำคัญ ๆ ในขณะที่ฟังแล้วนำมาบันทึกรายละเอียดเมื่อสิ้นสุดการสัมภาษณ์

5. สรุปและเขียนรายงานการสัมภาษณ์เพื่อหาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองโดยเริ่มจากการสร้างกรอบแนวคิดและทำการพัฒนาเครื่องมือพร้อมกับการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จนถึงการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) 2 ชนิดดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง
2. แบบสอบถามการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 6 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 ใช้แบบสัมภาษณ์สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนที่ 2 คัดกรองตัวบ่งชี้จากผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

ขั้นตอนที่ 3 สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ขั้นตอนที่ 4 สร้างแบบสอบถามเก็บข้อมูลกับครูผู้สอนที่ได้สอนเน้นการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ขั้นตอนที่ 5 สร้างแบบสอบถามเก็บข้อมูลกับครูผู้สอนที่ได้สอนเน้นการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ขั้นตอนที่ 6 การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นประเด็นคำถามในการสัมภาษณ์กลุ่มเฉพาะผู้เชี่ยวชาญด้านการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) เพื่อหาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การคำนวณค่าเฉลี่ยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวบ่งชี้ในแต่ละองค์ประกอบเพื่อให้ทราบลักษณะความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้สำหรับใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้

2. การกำหนดน้ำหนักตัวบ่งชี้และรวมตัวบ่งชี้เป็นขั้นตอนการกำหนดน้ำหนักตัวบ่งชี้และรวมตัวบ่งชี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์จะได้ตัวบ่งชี้ย่อยจากนั้นนำมากำหนดน้ำหนักตัวบ่งชี้และทำการรวมตัวบ่งชี้การกำหนดน้ำหนักกระทำได้โดยการสร้างสเกลองค์ประกอบซึ่งคำนวณได้จากผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบกับคะแนนมาตรฐาน (Standard Score) ของตัวบ่งชี้

3. การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลเป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลและกำหนดน้ำหนักตัวแปรย่อยที่ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้กับข้อมูลเชิงประจักษ์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเพื่อหาค่าน้ำหนักตัวแปรย่อยที่ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้และทำการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลการวิจัยที่เป็นตัวแบบเชิงทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์คือค่าสถิติไค–สแควร์ (Chi–Square) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index = GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index = AGFI)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สูตร ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนคนในกลุ่ม

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X แทน ข้อมูลแต่ละตัว
X^2 แทน ข้อมูลแต่ละตัวยกกำลังสอง
N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยการพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Consistency) ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

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

เมื่อ $\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) คะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ (Item –Total Correlation) โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y
$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนชุด X
$\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนชุด Y ที่ไม่รวมคะแนนชุด X_i...

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของคะแนนชุด X

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของคะแนนชุด Y

$\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่าง X กับ Y

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\sum {S_i}^2}{{S_t}^2}\right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่น

K แทน จำนวนข้อสอบของแบบวัด

$\sum {S_i}^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนแต่ละข้อ

${S_t}^2$ แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน

3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ใช้สูตรสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) มีสูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

$$r_{xy} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนชุด X

$\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนชุด Y ที่ไม่รวมคะแนนชุด X_i...

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของคะแนนชุด X

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของคะแนนชุด Y

$\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของผลคูณระหว่าง X กับ Y

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่ม

3.2 ตรวจสอบความสอดคล้องหรือความตรงของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วย ไค-สแควร์ (Chi-Square) โดยใช้สูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

$$\chi^2 = (N-1)\,F(s,\sum(\theta))\,;d = (k(k+1)/2) - t$$

เมื่อ χ^2 แทน ค่าไค-สแควร์

N แทน ขนาดของตัวอย่าง

$F(s,\sum(\theta))$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนโมเดลจากพารามิเตอร์ θ

k แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

t แทน จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

d แทน ระดับขั้นเสรี (Degree of freedoms)

3.3 ทดสอบความกลืนหรือความตรงของรูปแบบตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยดัชนีระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index) เป็นดัชนีเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลของโมเดลที่ยังไม่ได้ปรับแก้ ควรมีค่าตั้งแต่ .90 ขึ้นไป โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555b)

$$GFI = 1 - \{F[s,\sum(\theta)\,/F[s,\sum(0)]]\}$$

เมื่อ GFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

$F[s,\sum(\theta)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ

$F[s,\sum(0)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลที่ไม่เป็นพารามิเตอร์ 0

3.4 ทดสอบดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (Adjusted Goodness of Fit Index) เมื่อน่าดัชนี GFI มาปรับแก้แล้วควรมีค่าตั้งแต่ .90 ขึ้นไปเช่นเดียวกับค่าดัชนี GFI โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ ซึ่งรวมกันทั้งจำนวนตัวแปร และขนาดของตัวอย่าง (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

$$AGFI = 1 - \{(1/2d)k(k+1)\}(1 - GFI)$$

เมื่อ $AGFI$ แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว

GFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

d แทน องศาอิสระ

k แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

3.5 ทดสอบดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Root Mean Squared Error of Approximation : RMSEA) เป็นค่าสถิติจากข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าไค-สแควร์ ว่าโมเดล ลิสเรลตามสมมติฐานมีความเที่ยงตรงไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง และเมื่อเพิ่มพารามิเตอร์อิสระแล้วค่าสถิติจะมีค่าลดลง เนื่องจากค่าสถิติตัวนี้ขึ้นอยู่กับประชากร และชั้นองศาอิสระ ค่าดัชนี RMSEA ควรจะมีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่าโมเดลตามภาวะสันนิษฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

$$RMSEA = \sqrt{\frac{F_t}{df_t}}$$

เมื่อ F_t แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์

df_t แทน องศาอิสระของโมเดลตามภาวะสันนิษฐาน

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของตัวบ่งชี้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ตอนที่ 4 ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เพื่อความสะดวกในการแสดงผลการวิเคราะห์ และความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ทางสถิติและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้แทนความหมายดังนี้

$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
S	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
χ^2	แทน	ค่าไค - สแควร์
GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
CFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ
SRMR	แทน	รากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน
RMSEA	แทน	รากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ
df	แทน	องศาอิสระ
R^2	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์
Skewness	แทน	ค่าความเบ้

Kurtosis แทน ค่าความโด่ง

MIT แทน ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

LER แทน ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

EVA แทน ด้านการวัดและประเมินผล

TES แทน ด้านกลยุทธ์การสอน

TEA แทน ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของตัวบ่งชี้

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เบื้องต้นของตัวบ่งชี้ตามลำดับดังนี้

1. การสร้างตัวบ่งชี้การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.1 ผลจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างกรอบแนวความคิดและสร้างตัวบ่งชี้ ได้กรอบแนวความคิด ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการจัดการเรียนการสอน 2. ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม 3. ด้านการใช้กลยุทธ์การสอน 4. ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 5. ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ และ 6. ด้านการวัดผลประเมินผล และตัวบ่งชี้ จำนวน 71 ตัวบ่งชี้

1.2 ผลการหาตัวบ่งชี้จากองค์ประกอบหลักโดยการให้สัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

1.3 ผลการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบแนวคิดแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ซึ่งประกอบด้วย 6 ด้าน 71 ตัวบ่งชี้ ได้แก่ 1. ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 10 ตัวบ่งชี้ 2. ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมประกอบด้วย 14 ตัวบ่งชี้ 3. ด้านกลยุทธ์การสอนประกอบด้วย 5 ตัวบ่งชี้ 4. ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ประกอบด้วย 17 ตัวบ่งชี้ 5. ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้ ประกอบด้วย 7 ตัวบ่งชี้ 6. ด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 18 ตัวบ่งชี้

1.4 ผลการเพิ่มเติม การคัดเลือกตัวบ่งชี้ จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบด้วย 6 ด้าน 71 ตัวบ่งชี้

ด้านการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 10 ตัวบ่งชี้

ผลจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้อง 8 ตัวบ่งชี้

1. ผู้เรียนรู้จักการกำหนดปัญหา การแก้ปัญหาตามขั้นตอน

2. ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง

3. ผู้เรียนดำเนินการ ออกแบบ หรือศึกษาวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

4. ผู้เรียนมีทักษะการทดลอง

5. ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

6. เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบค้นข้อมูล เขียน สื่อความนำเสนอข้อมูล

7. ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็น ความคิดรวบยอด

8. สอนโดยใช้กระบวนการเผชิญสถานการณ์/ประสบการณ์จริง

ผลการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนว่า “ เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่าองค์ประกอบในการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนเกือบทั้งหมดมีความเหมาะสมดี แต่ควรเพิ่มเรื่องการจัดกิจกรรมที่มีการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์สรุปรวบยอดในเนื้อหาแต่ละบทเรียน จะดี”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนว่า “ เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ได้เสนอกระบวนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องเน้นให้นักเรียนได้ทดลองและปฏิบัติจริง”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนว่า “ เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูมีเทคนิคการสอนที่หลากหลายน่าสนใจครูควรใช้กระบวนการสอนที่เน้นให้เด็กได้เผชิญสถานการณ์จริง ”

เชี่ยวชาญคนที่ 4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนว่า “ เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรชี้แนะการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้นำไปใช้ในชีวิตจริง”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดการเรียนการสอนว่า “ เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ในระหว่างการสอนของครูควรให้นักเรียนมีโอกาสได้ค้นคว้าจากสื่อที่หลากหลาย ”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ 2 ตัวบ่งชี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดเป็นความคิดรวบยอด

2. มีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสรุปผลของการแก้ปัญหา และนำผลของการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่นๆ

ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมประกอบด้วย 14 ตัวบ่งชี้ ได้แก่

ผลจากแนวคิด ทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้อง 10 ตัวบ่งชี้

1. ออกแบบการเรียนรู้อย่างเหมาะสม

2. ตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน

3. สร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุขข้อควรแก้ไข

4. ชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม

5. อำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน

6.จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม

7. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนรักและภาคภูมิใจในตนเอง

8. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเองเพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายในชีวิต

9. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถยอมรับความแตกต่างทางความคิดความรู้สึกและพฤติกรรมของตนเองและผู้อื่นอย่างจริงใจ

10. จัดกิจกรรมส่งเสริมการยืมหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งพิมพ์จากห้องสมุด หรือแหล่งเรียนรู้ไปอ่านเพิ่มเติม

ผลการสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ที่ตนสนใจแล้วนำเสนอต่อชั้นเรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมอ่านหนังสือ บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทุกที่เมื่อมีเวลาและโอกาส”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมอ่านหนังสือ บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทุกที่เมื่อมีเวลาและโอกาส”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนหัดตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับการเรียนการสอน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรจัดกิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควร จัดกิจกรรมหาความรู้โดยใช้โครงงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนอง”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ ได้ 4 ตัวบ่งชี้

1. ส่งเสริมการอ่านหนังสือ บทความหรือสิ่งตีพิมพ์ต่างๆทุกที่เมื่อมีโอกาส
2. จัดกิจกรรมสืบค้นความรู้ที่ตนสนใจแล้วนำเสนอต่อชั้นเรียน
3. ฝึกให้ผู้เรียนตั้งคำถามเพื่อค้นหาความรู้
4. จัดกิจกรรมหาความรู้โดยใช้โครงงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง

ด้านกลยุทธ์การสอน ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้

. 1. มีการคิดค้นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่

2. มีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์
3. มีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับด้านกลยุทธ์ว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรกลยุทธ์ด้านที่เน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอนด้วยจะดี

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรมีกลยุทธ์ที่หลากหลายมีการใช้สื่อที่หลากหลายให้นักเรียนมีโอกาสได้ทดลองเยอะๆ”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีเทคนิคการสอนที่หลากหลายเน้นทักษะการทดลอง ให้ทำงานกลุ่มเพื่อฝึกทักษะการทำงาน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีกลยุทธ์ที่หลากหลายให้นักเรียนได้ทดลอง ปฏิบัติจริง”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า ครูควรมีกลยุทธ์ในเรื่องการสอนที่หลากหลายเน้นให้นักเรียนมีโอกาสในการทดลอง”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ 2 ตัวบ่งชี้

1. มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน
2. มีการใช้กระบวนการกลุ่มในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ประกอบด้วย 13 ตัวบ่งชี้

1. ใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น
2. มีการใช้สื่อเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่
3. มีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากอ่าน
4. มีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที
5. ใช้สื่อในการสอนมีความสอดคล้องและตรงกับเนื้อหาที่เรียน
6. สื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน
7. มีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
8. มีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์
9. มีการเลือกใช้สื่อมัลติมีเดีย(ซีดี วีดีทัศน์ฯ)ในการจัดการเรียนการสอน
10. มีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย
11. มีการพัฒนาสื่อในกระบวนการสอนให้สอดคล้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์
12. สร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน
13. มีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับด้านกลยุทธ์ว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรทำสื่อมีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรมีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีการฝึกให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อลดขั้นตอนในการทำงานเพื่อให้งานเสร็จเร็วขึ้น”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีการจัดให้มีการกำกับ ติดตาม ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพเกี่ยวกับสื่อและการใช้สื่อการเรียนรู้เป็นระยะๆ และสม่ำเสมอ”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า ครูควรมีการฝึกให้นักเรียนจัดทำสื่อด้วยตนเอง นำเสนอในหน้าชั้นเรียน”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ 4 ตัวบ่งชี้

1. มีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน”

2. มีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้

3. มีการฝึกให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อลดขั้นตอนในการทำงานเพื่อให้งานเสร็จเร็วขึ้น

4. มีการจัดให้มีการกำกับ ติดตาม ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพเกี่ยวกับสื่อและการใช้สื่อการเรียนรู้เป็นระยะๆ และสม่ำเสมอ

ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้

1. นำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน

3. มีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4. มีการจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับด้านกลยุทธ์ว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรมีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรมีการจัดสวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริเวณโรงเรียนเพื่อเป็นแหล่งศึกษาให้กับนักเรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควร มีการจัดมุมสื่อวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นการเรียนวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีการจัดมุมสื่อวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน สื่อนอกห้องเรียนเช่น มีสวนวิทยาศาสตร์ ”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า ครูควรมีสื่อที่หลากหลายมีการใช้สื่อช่วยในการสอนเพื่อลดการสอนและกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียน”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ตัวบ่งชี้

1. มีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน
2. มีการจัดสวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริเวณโรงเรียนเพื่อเป็นแหล่งศึกษาให้กับนักเรียน
3. มีการจัดมุมสื่อวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นการเรียนวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน

ด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 13 ตัวบ่งชี้

1. มีการนำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน
2. มีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย
3. ให้นักเรียนตรวจสอบผลการวัดและประเมินผลในแต่ละครั้ง
4. มีการวัดและประเมินผลการเรียนทำให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียน
5. นำผลการประเมินมาปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน
6. เน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผู้เรียนไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน
7. เน้นกระบวนการที่ต้องใช้ความสามารถในการคิดระดับสูง

8. เน้นคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์ขึ้น

9. ประเมินความสามารถหลายด้านของผู้เรียน

10. เน้นงานที่มีความหมายต่อผู้เรียน

11. มีการกำหนดวิธีการประเมินที่หลากหลาย

12. ใช้ข้อสอบที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Authentic Test)

13. มีการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio)

ผู้เชี่ยวชาญคนที่1

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับด้านกลยุทธ์ว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองหรือเพื่อนของผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “เห็นด้วยกับองค์ประกอบที่ศึกษามา ครูควรให้ผู้เรียนจัดนิทรรศการแสดงผลงานที่ตนเองภาคภูมิใจ”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยในการทำงานของตนเอง”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่4

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า “ครูควรมีดำเนินการประเมินไปพร้อมกับการสอนอย่างต่อเนื่องเพื่อวัดและประเมินความก้าวหน้าข้องผู้เรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่5

ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริมว่า ครูควรจัดกระบวนการให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ที่มีอยู่ในการสร้างสรรค์ผลงาน”

สรุปผลสัมภาษณ์เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ตัวบ่งชี้

1. เปิดโอกาสให้ผู้ปกครองหรือเพื่อนของผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

2. ให้ผู้เรียนจัดนิทรรศการแสดงผลงานที่ตนเองภาคภูมิใจ

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยในการทำงานของตนเอง

4. ดำเนินการประเมินไปพร้อมกับการสอนอย่างต่อเนื่องเพื่อวัดและประเมินความก้าวหน้าข้องผู้เรียน

5. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนได้บูรณาการความรู้ที่มีอยู่ในการสร้างสรรค์ผลงาน

ตาราง 3 สรุปการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้

องค์ประกอบ	จำนวนตัวบ่งชี้		รวม
	จากแนวคิด ทฤษฎี	จากผู้เชี่ยวชาญ	
1. ด้านจัดการเรียนการสอน	8	2	10
2. ด้านจัดกิจกรรมการส่งเสริม	10	4	14
3. ด้านกลยุทธ์การสอน	3	2	5
4. ด้านการใช้สื่อ นวัตกรรมและเทคโนโลยี	13	4	17
5. ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้	4	3	7
6. ด้านการวัดและประเมินผล	13	5	18
รวม	51	20	71

จากตาราง 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ขององค์ประกอบทั้ง 6 ด้านประกอบด้วยตัวบ่งชี้จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสาร 51 ตัวบ่งชี้ เพิ่มเติมจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 20 ตัวบ่งชี้ รวม 71 ตัวบ่งชี้

นำตัวบ่งชี้ที่ได้มาสร้างเป็นแบบสอบถามจำนวน 71 ข้อ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องของตัวบ่งชี้โดยใช้สูตร IOC (Index of Consistency) พิจารณาคัดเลือกข้อที่ค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 พบว่ามีตัวบ่งชี้ที่เป็นไปตามเกณฑ์ 50 ตัวบ่งชี้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) ในขั้นตอนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 600 คน โดยใช้แบบสอบถามตามแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ประกอบด้วย 6 ด้าน 50 ตัวบ่งชี้ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบลักษณะการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D ดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	S.D.
ด้านการจัดการเรียนการสอน		
1. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการกำหนดปัญหา การแก้ปัญหาตามขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์	3.92	0.946
2. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง	4.09	0.715
3. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนดำเนินการ ออกแบบ หรือศึกษาวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	4.03	0.863
4. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการทดลอง ตามขั้นตอน มีความปลอดภัย	4.19	0.844
5. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน	4.29	0.929
6. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด	3.77	0.832
7. ข้าพเจ้าจัดกระบวนการสอนโดยใช้กระบวนการเผชิญสถานการณ์/ประสบการณ์จริง	3.9	0.872
8. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบค้นข้อมูล เขียน สื่อความนำเสนอข้อมูล	4.1	0.708
9. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็นความคิดรวบยอด	4.08	0.795
10. ข้าพเจ้าการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสรุปผลของการแก้ปัญหา และนำผลการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ อย่างสร้างสรรค์	3.93	0.828
ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้		
1. ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน	4.05	1.035
2. ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม	3.95	0.957
3. ข้าพเจ้าจัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม	4.18	0.872
4. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเองเพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายในชีวิต	4.31	0.722

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	S.D.
5. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมส่งเสริมการยืมหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งพิมพ์จากห้องสมุด หรือแหล่งเรียนรู้ไปอ่านเพิ่มเติม	4.36	0.62
6. ข้าพเจ้าส่งเสริมการอ่านหนังสือ บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทุกที่เมื่อมีเวลาและโอกาส	4.47	0.635
7. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนตั้งคำถาม เพื่อค้นคว้าหาความรู้	4.31	0.65
8. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.31	0.685
ด้านกลยุทธ์การสอน		
1. ข้าพเจ้ามีการคิดค้นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่	4.1	0.846
2. ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์	4.17	0.99
3. ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้	4.11	0.842
4. มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน	4.08	1.044
5. มีการใช้กระบวนการกลุ่มในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์	3.64	1.075
ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี		
1. ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น	3.95	0.933
2. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่	3.94	1.091
3. ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้	3.57	0.9
4. ข้าพเจ้าใช้สื่อในการสอนมีความสอดคล้องและตรงกับเนื้อหาที่เรียน	3.88	1.063
5. ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน	3.75	1.052
6. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	3.82	0.961
7. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย	3.73	1.104
8. ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	3.92	1.118

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	S.D.
9. ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	3.7	1.13
10. ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน	3.97	1.002
11. ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน	3.54	1.248
12. ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้	3.74	0.925
13.ข้าพเจ้ามีการจัดให้มีการกำกับ ติดตาม ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพเกี่ยวกับสื่อและการใช้สื่อการเรียนรู้เป็นระยะๆ และสม่ำเสมอ	4.03	0.838
ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้		
1. ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	4.3	0.802
2. ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน	4.41	0.593
3. ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน	4.18	0.78
4. ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน	4.16	0.732
5. ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน	4.36	0.695
6. ข้าพเจ้าจัดสวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริเวณโรงเรียน	4.13	0.848
7. ข้าพเจ้ามีการจัดมุมสื่อวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นการเรียนวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน	3.93	0.971
ด้านการวัดและประเมินผล		
1. ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน	3.85	0.945
2. ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง	3.77	1.049
3. ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน	3.79	0.885

ตาราง 4 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	S.D.
4. ข้าพเจ้าเน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผู้เรียนไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน	3.98	0.887
5. ข้าพเจ้าเน้นการประเมินที่หลากหลาย เช่นการประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน การประเมินโดยครู การประเมินโดยผู้ปกครอง	4.2	0.822
6. ข้าพเจ้ามีการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio)	4.31	0.649
7. ข้าพเจ้าดำเนินการประเมินไปพร้อมกับการสอนอย่างต่อเนื่องเพื่อวัดและประเมินความก้าวหน้าข้องผู้เรียน	4.13	0.823

จากตาราง 4 พบว่า ระดับตัวบ่งชี้การส่งเสริมทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการ ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม จำนวน 50 ข้อ มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.54 – 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ .59 - 1.25 โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้าพเจ้าส่งเสริมการอ่านหนังสือ บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทุกที่เมื่อมีเวลาและโอกาสเท่ากับ 4.47 และตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน เท่ากับ 3.54 ตัวบ่งชี้ ที่มีส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุดคือ ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชนเท่ากับ 1.25 และตัวบ่งชี้ที่มีส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดคือ ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน เท่ากับ .59 ซึ่ง ตัวบ่งชี้ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในการเป็นตัวบ่งชี้การส่งเสริมทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) ใช้ข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามการทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการ ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 28 ข้อ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 600 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป โดยวิธีการสกัดแบบตัวประกอบสำคัญ (Principal Component Analysis: PC) และหมุนแกนแบบ ออโธกอนอล (Orthogonal Rotation) โดยวิธีแวริแมกซ์ (Varimax) เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้ส่งเสริมทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการ ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson’s Product Moment Correlation coefficient) ดังตาราง 3 (ภาคผนวก ค)

ดังตาราง 3 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในข้อความมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวน 780 ค่า เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's Test ซึ่งเป็นการทดสอบค่า ไค-สแควร์ของเมตริกสหสัมพันธ์จากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ Bartlett's Test มีค่าเท่ากับ 31992.538 (p<.01) แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้แตกต่างจากเมทริกเอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อมูลนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีย์ไกเซอร์-เมเยอร์-อัลคิน (Kaiser-Mayer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่าง ควรมีค่ามากกว่า 0.5 ผลจากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ .795 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเหมาะสม

1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ(Exploratory Factor Analysis: EFA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการสกัดแบบตัวประกอบสำคัญ(Principal Component Analysis : PC) และหมุนแกนแบบออโธนอล (Orthogonal) โดยวิธีแวริแมกซ์ (Varimax) เพื่อเป็นการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการ ประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)การวิเคราะห์ประมาณค่า Communality tg ซึ่งเป็นความแปรปรวนที่มีความสัมพันธ์ แต่ละด้านร่วมกันในองค์ประกอบ (Factor) ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ขั้นแรก ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.3.1 ผลการสกัดองค์ประกอบ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ค่า Communality (h^2) ของตัวบ่งชี้

ข้อ	Communality	ข้อ	Communality	ข้อ	Communality	ข้อ	Communality
V1	0.825	V14	0.828	V27	0.838	V40	0.756
V2	0.85	V15	0.871	V28	0.894	V41	0.812
V3	0.675	V16	0.861	V29	0.908	V42	0.816
V4	0.883	V17	0.9	V30	0.854	V43	0.84
V5	0.72	V18	0.836	V31	0.798	V44	0.798
V6	0.783	V19	0.802	V32	0.81	V45	0.83
V7	0.867	V20	0.89	V33	0.806	V46	0.819
V8	0.771	V21	0.86	V34	0.847	V47	0.852
V9	0.686	V22	0.88	V35	0.835	V48	0.801

ตาราง 5 (ต่อ)

ข้อ	Communality	ข้อ	Communality	ข้อ	Communality	ข้อ	Communality
V10	0.818	V23	0.856	V36	0.88	V49	0.775
V11	0.77	V24	0.696	V37	0.806	V50	0.838
V12	0.861	V25	0.893	V38	0.757		
V13	0.811	V26	0.722	V39	0.808		

จากตาราง 5 พบว่าค่า Communality (h^2) มีค่าตั้งแต่ .675 ถึง .908 จะเห็น ได้ว่าค่า Communality (h^2) มีค่าสูง แสดงว่าข้อความแต่ละข้อสามารถวัดองค์ประกอบร่วมกันได้

ตาราง 6 ความแปรปรวนของการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ข้อ	องค์ประกอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V29	0.836											
V34	0.813											
V25	0.782											
V28	0.768											
V30	0.729											
V33	0.704											
V26	0.654											
V31	0.647											
V36	0.602											
V35	0.568											
V41		0.797										
V39		0.768										
V40		0.735										

ตาราง 6 (ต่อ)

ข้อ	องค์ประกอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V14		0.665										
V38		0.621										
V37		0.579										
V42		0.553										
V45			0.712									
V44			0.71									
V46			0.708									
V47			0.679									
V24			0.533									
V21				0.83								
V22				0.642								
V20				0.556								
V11					0.811							
V12					0.757							
V6					0.639							

จากตาราง 6 พบว่า ได้องค์ประกอบทั้งหมด 12 องค์ประกอบ ซึ่งการพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบว่าตัวแปรแต่ละตัวควรจะอยู่องค์ประกอบใด ผู้วิจัยใช้เกณฑ์พิจารณาตัวแปรที่มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .30 โดยคัดเลือกตัวแปรที่มีนำหนักองค์ประกอบสูงสุดบนองค์ประกอบนั้น ถ้าตัวแปรใดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบใกล้เคียงกันหลายค่ามากกว่า 1 องค์ประกอบ ผู้วิจัยพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงที่สุด ที่สูงกว่าองค์ประกอบอื่นตั้งแต่ .10 ขึ้นไป ซึ่งจะถือว่าเป็นตัวแปรที่ไม่ซับซ้อน และองค์ประกอบที่ข้อคำถามหรือตัวแปรไม่ถึง 3 ข้อ ผู้วิจัยจะตัดองค์ประกอบนั้นออกเพราะถือว่าเป็นองค์ประกอบที่ไม่ชัดเจน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) ปรากฏว่าได้องค์ประกอบใหม่ 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ พร้อมตั้งชื่อองค์ประกอบและนำเสนอใน ตาราง 7-12

1.3.3 ผลการหมุนแกน ดังตาราง 7

ตาราง 7 องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V29	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	0.836
V34	ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน	0.813
V25	ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้	0.782
V28	ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน	0.768
V30	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์	0.729
V33	ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	0.704
V26	ข้าพเจ้ามีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที	0.654
V31	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย	0.647
V36	ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้	0.602
V35	ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซต์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน	0.568
	ผลรวมความแปรปรวน	17.2
	ร้อยละของความแปรปรวน	34.399
	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	34.399

จากตาราง 7 องค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 10 ตัว มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .568 ถึง .836 มีค่าผลรวมความแปรปรวน 17.2 คิดเป็นร้อยละ 34.399 ของความแปรปรวนทั้งหมด มีค่าความแปรปรวนสะสมร้อยละ 34.399 เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

ตาราง 8 องค์ประกอบที่ 2 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V41	ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน	0.797
V39	ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน	0.768
V40	ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน	0.735
V14	ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม	0.665
V38	ข้าพเจ้าอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน	0.621
V37	ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน	0.579
V42	ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	0.553
	ผลรวมความแปรปรวน	4.994
	ร้อยละของความแปรปรวน	9.988
	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	44.387

จากตาราง 8 องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 8 ตัว มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง.553ถึง . 0.797 มีค่าผลรวมความแปรปรวน 4.994 คิดเป็นร้อยละ 9.988 ของความแปรปรวนทั้งหมด มีค่าความแปรปรวนสะสมร้อยละ 52.315 เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

ตาราง 9 องค์ประกอบที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผล

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V45	ข้าพเจ้ามีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย	0.712
V44	ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน	0.71
V46	ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง	0.708

ตาราง9 (ต่อ)

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V47	ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน	0.679
V24	ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น	0.533
	ผลรวมความแปรปรวน	3.238
	ร้อยละของความแปรปรวน	6.477
	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	50.864

จากตาราง 9 องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 5 ตัว มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง.533 ถึง .712มีค่าผลรวมความแปรปรวน 3.238 คิดเป็นร้อยละ 6.477 ของความแปรปรวนทั้งหมด มีค่าความ แปรปรวนสะสมร้อยละ 50.864 เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า ด้านการวัดและประเมินผล

ตาราง 10 องค์ประกอบที่ 4 ด้านกลยุทธ์การสอน

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V21	ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้	0.83
V22	มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน	0.642
V20	ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์	0.556
	ผลรวมความแปรปรวน	2.859
	ร้อยละของความแปรปรวน	5.718
	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	56.582

จากตาราง 10 องค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 4 ตัว มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .556 ถึง.83 มีค่าผลรวมความแปรปรวน 2.859 คิดเป็นร้อยละ 5.718 ของความแปรปรวนทั้งหมด มีค่าความแปรปรวนสะสมร้อยละ 56.582 เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า ด้านกลยุทธ์การสอน

ตาราง 11 องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน

ข้อที่	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ
V11	ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน	0.811
V12	ข้าพเจ้าสร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่าง	0.757
V6	ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด	0.639
	ผลรวมความแปรปรวน	2.358
	ร้อยละของความแปรปรวน	4.715
	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	61.298

จากตาราง11 องค์ประกอบที่ 5 ประกอบด้วยตัวบ่งชี้ 3 ตัว มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .639 ถึง .811 มีค่าผลรวมความแปรปรวน 2.358 คิดเป็นร้อยละ 4.445 ของความแปรปรวนทั้งหมด มีค่าความแปรปรวน สะสมร้อยละ 61.298 เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า ได้องค์ประกอบทั้งหมด 5 องค์ประกอบ แต่เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป และมีตัวบ่งชี้อย่างน้อย 3 ตัว และไม่เป็นตัวแปรที่ไม่ซับซ้อน สามารถจัดองค์ประกอบใหม่ได้ 5 องค์ประกอบ และได้กำหนดชื่อขององค์ประกอบแต่ละด้านโดยพิจารณาจากลักษณะที่กลุ่มตัวบ่งชี้ โดยเรียงลำดับตามค่าผลรวมของน้ำหนักองค์ประกอบจากมากไปหาน้อย ดังตาราง 12

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 12 สรุปผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของการพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริม ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

องค์ประกอบ		จำนวน (ตัวบ่งชี้)
1	การใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี	10
2	การจัดแหล่งเรียนรู้	8
3	การวัดและประเมินผล	6
4	กลยุทธ์การสอน	3
5	การจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน	3
	รวม	28

จากตาราง 12 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ จำนวน 28 ตัวบ่งชี้ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไป มีตัวบ่งชี้อย่างน้อย 3 ตัว และเป็นตัวแปรที่ไม่ซับซ้อน ทำให้มีตัวบ่งชี้ที่ไม่ผ่านตามเกณฑ์การพิจารณา ดังนั้นจึงสามารถเขียนเป็นโมเดลสร้างตัวบ่งชี้ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จากองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบ จำนวน 28 ตัวบ่งชี้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ของตัวบ่งชี้ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ โดยผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ได้ผล ดังตาราง 13

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความโด่ง และค่าความเบ้ของตัวบ่งชี้

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	SD.	Skewness	Kurtosis
องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี				
1. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	3.26	1.124	-0.287	-0.65
2. ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน	3.12	1.234	-0.198	-0.888
3. ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้	3.51	1.032	-0.072	-0.746
4. ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน	3.4	0.949	0.25	-0.846
5. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์	3.31	1.04	0.165	-0.909
6. ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	3.5	1.182	-0.103	-1.221
7. ข้าพเจ้ามีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที	3.06	1.014	-0.06	-0.845
8. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย	3.56	1.147	-0.185	-1.123
9. ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้	3.53	1.021	-0.082	-0.98
10. ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน	3.37	1.012	0.079	-1
องค์ประกอบที่2 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้				
1. ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน	3.72	1.100	-0.362	-0.992

ตาราง 13 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	SD.	Skewness	Kurtosis
2. ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน	3.61	1.077	-0.167	-1.021
3. ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน	3.62	1.024	-0.261	-0.924
4.ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม	3.69	1.105	-0.254	-1.274
5. ข้าพเจ้าอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน	3.71	1.076	-0.32	-1.158
6. ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน	3.71	1.082	-0.277	-1.19
7. ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	3.54	1.027	-0.051	-0.983
องค์ประกอบที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผล				
1. ข้าพเจ้ามีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย	3.23	1.153	-0.258	-0.573
2. ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน	3.27	1.118	-0.261	-0.483
3. ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง	3.25	1.045	-0.077	-0.162
4. ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน	3.44	1.03	-0.327	-0.158
5. ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น	3.32	1.126	-0.12	-0.757

ตาราง 13 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	$\bar{x}$	SD.	Skewness	Kurtosis
องค์ประกอบที่4 ด้านกลยุทธ์การสอน				
1. ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้	3.44	1.123	-0.29	-0.641
2. มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน	3.42	1.195	-0.153	-0.956
3. ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์	3.57	1.179	-0.409	-0.611
องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน				
1. ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน	3.56	1.082	-0.04	-1.087
2. ข้าพเจ้าสร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่าง	3.58	0.969	-0.234	-0.245
3. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด	3.4	0.974	-0.167	-0.043

จากตาราง 13 พบว่า ระดับตัวบ่งชี้ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)ของกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามครั้งนี้ จำนวน 8 ตัวบ่งชี้ โดยเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 3.12–3.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ .949 –1.234 โดยตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน เท่ากับ 3.72 และตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน เท่ากับ 3.12 ขณะที่ตัวบ่งชี้ที่มีส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงสุด คือ ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอนเท่ากับ 1.234 และตัวบ่งชี้ที่มีส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดคือ ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียนเท่ากับ .949 ตัวบ่งชี้ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมมากกับเป็นตัวบ่งชี้แนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในด้านลักษณะการแจกแจงของตัวบ่งชี้ พบว่า ตัวบ่งชี้มีค่าความเบ้ (Skewness) เป็นลบแสดงว่ามีการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย แต่ส่วนใหญ่มีค่าเข้าใกล้

ศูนย์และเมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวบ่งชี้ พบว่า มีค่าความโด่งเป็นลบ แสดงว่าข้อมูลของตัวบ่งชี้แต่ละตัวมีทั้งตัวบ่งชี้ที่มีการกระจายของข้อมูลมากมีการกระจายของข้อมูลน้อยกล่าวคือตัวบ่งชี้ที่มีค่าความโด่งเป็นลบแสดงว่า ข้อมูลมีการกระจายมาก

จากผลการวิเคราะห์องค์ระกอบเชิงสำรวจ ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ โดยนำผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 องค์ประกอบ ไดแก ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างขององค์ประกอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ผลการวิเคราะห์องค์ประเชิงยืนยันแบงออกเป็น 5 โมเดล ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT) ประกอบด้วย 10 ตัวบ่งชี้ ดังตาราง 14 และภาพประกอบ 1

ตาราง 14 ผลการองค์ประกอบด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT)

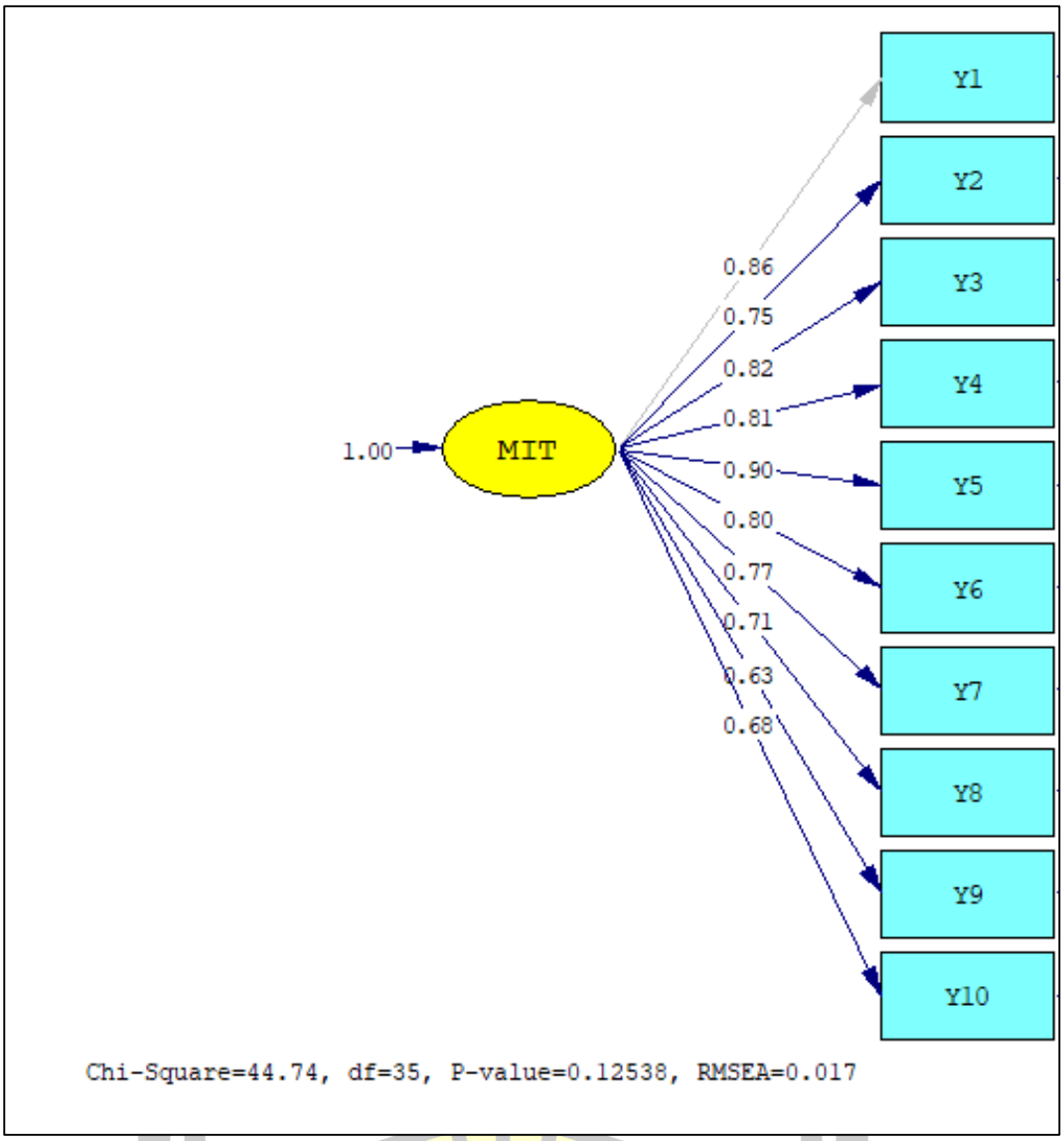
ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X1	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	0.859	0.737	0.175
X2	ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน	0.754	0.568	0.148
X3	ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้	0.816	0.667	0.134
X4	ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน	0.808	0.653	-0.094
X5	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์	0.899	0.809	0.373

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X6	ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	0.799	0.639	0.143
X7	ข้าพเจ้ามีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที	0.774	0.599	0.141
X8	ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย	0.706	0.498	0.021
X9	ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้	0.632	0.399	0.007
X10	ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน	0.678	0.459	0.034

จากตาราง 14 พบว่า องค์ประกอบด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT) มีจำนวนทั้งสิ้น 10 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักหนักองค์ประกอบเป็นบวกทุกตัวบ่งชี้ มีค่าตั้งแต่ 0.632 ถึง 0.899 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R2 ตั้งแต่ 0.399 ถึง 0.809 และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ -0.094 ถึง 0.373

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT) พบว่าพบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 44.74 ค่าความน่าจะเป็น 0.12538 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 35 ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี (Media Innovation and Technology :MIT)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

2. องค์ประกอบด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER)ประกอบด้วย 7 ตัวบ่งชี้

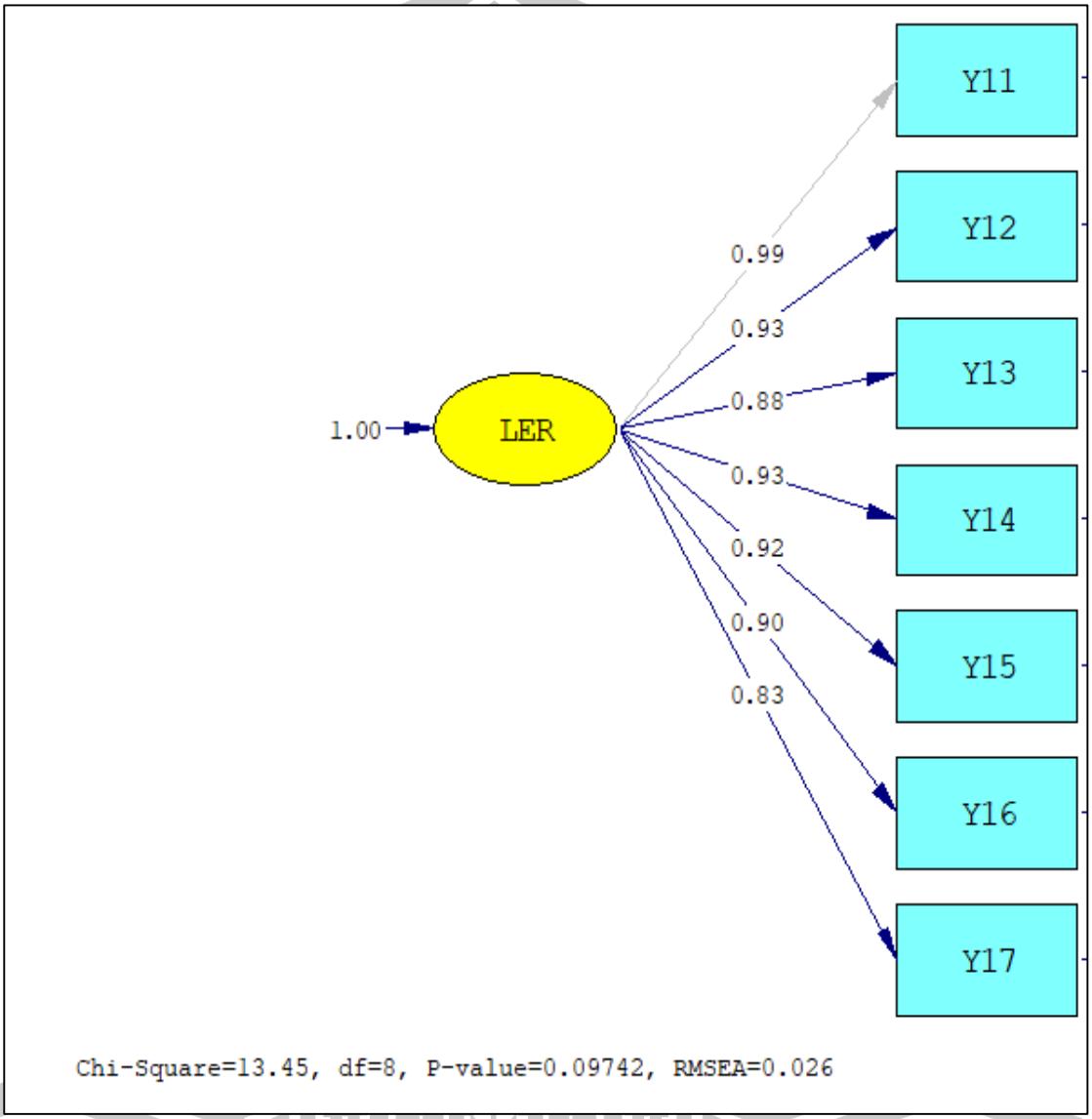
ตาราง 15 ผลการองค์ประกอบด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X10	ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน	0.992	0.984	0.589
X11	ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน	0.928	0.862	0.062
X12	ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน	0.885	0.783	-0.043
X13	ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม	0.933	0.871	0.110
X14	ข้าพเจ้าอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน	0.922	0.850	0.105
X15	ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน	0.902	0.814	0.146
X16	ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	0.828	0.686	-0.022

จากตาราง 15 พบว่า องค์ประกอบด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ตัวบ่งชี้ มีค่ามีค่าน้ำหนักหนักองค์ประกอบเป็นบวกทุกตัวบ่งชี้ มีค่าตั้งแต่ 0.828 ถึง 0.992 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 ตั้งแต่ 0.686 ถึง 0.984 และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ -0.043 ถึง 0.589

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER) พบว่าพบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์

ที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 13.45 ค่าความน่าจะเป็น 0.09742 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 8 ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการจัดแหล่งเรียนรู้ (Learning Resources: LER)

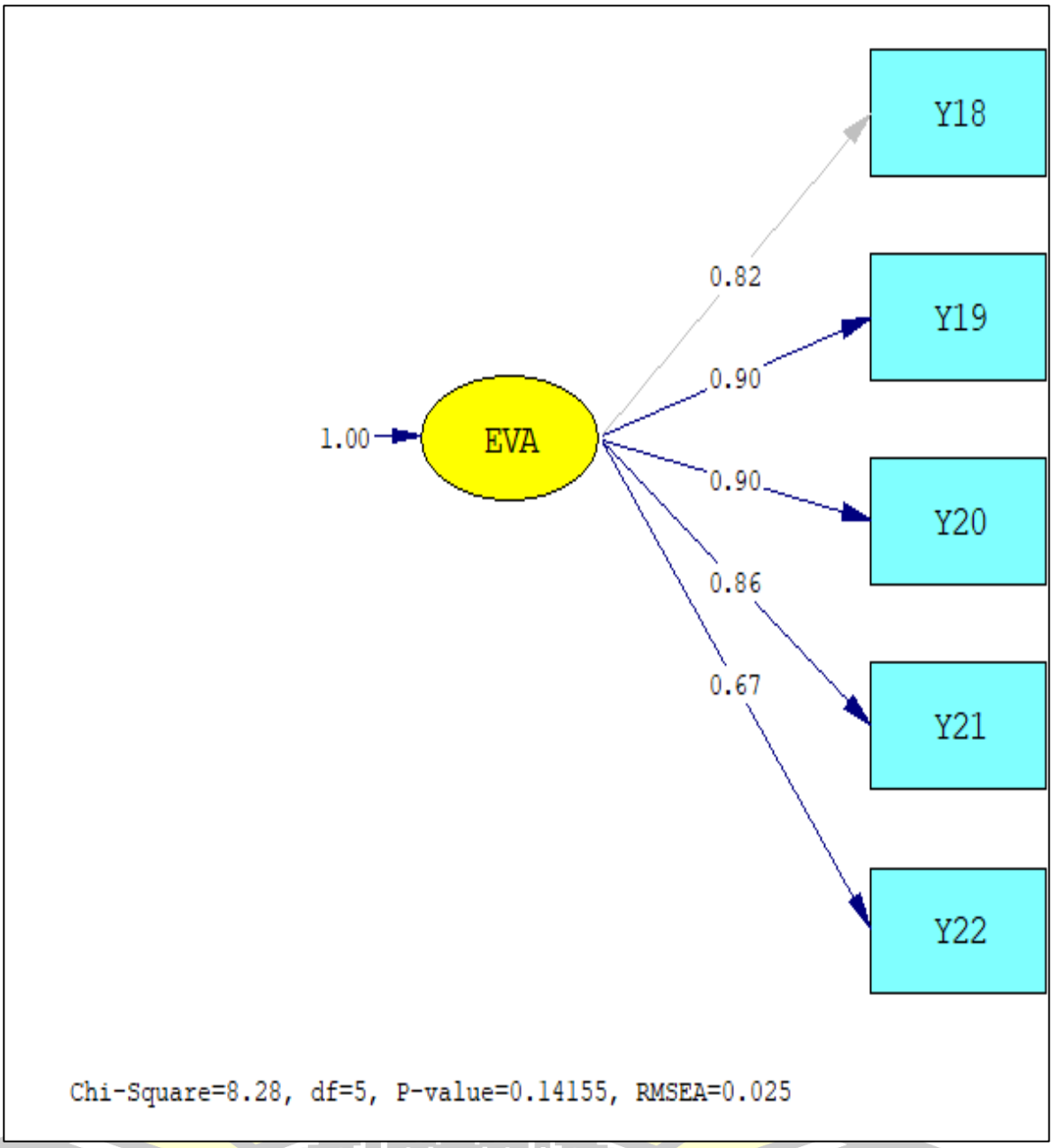
3. องค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation: EVA) ประกอบด้วย 7 ตัวบ่งชี้ ดังตาราง 16 และภาพประกอบ 3

ตาราง 16 ผลการองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล(Measurement and Evaluation: EVA)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X18	ข้าพเจ้ามีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย	0.817	0.668	0.016
X19	ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน	0.903	0.816	0.337
X20	ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง	0.896	0.803	0.299
X21	ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน	0.863	0.745	0.271
X22	ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น	0.668	0.447	0.074

จากตาราง 16 พบว่า องค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation: EVA) มีจำนวนทั้งสิ้น 7 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักหนักองค์ประกอบเป็นบวกทุกตัวบ่งชี้ มีค่าตั้งแต่ 0.668 ถึง 0.903 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 ตั้งแต่ 0.447 ถึง 0.816 และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ 0.016 ถึง 0.337

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการวัดและประเมินผล (Measurement and Evaluation: EVA) พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 8.28 ค่าความน่าจะเป็น 0.14155 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 5 ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการวัดและประเมินผล

(Measurement and Evaluation: EVA)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

4. องค์ประกอบด้านกลยุทธ์การสอน (Teaching Strategies:TES) ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ ดังตาราง 17 และภาพประกอบ 4

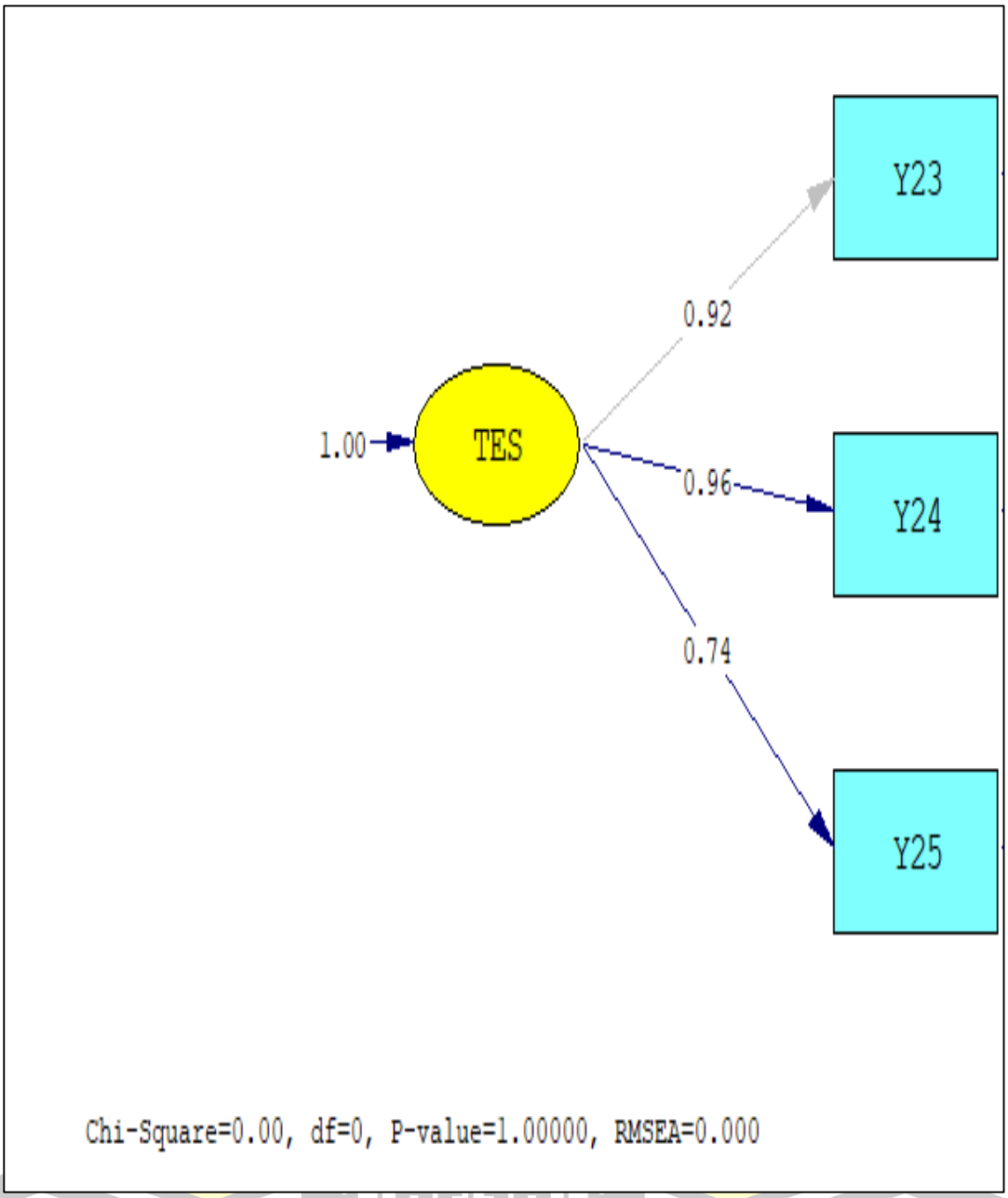
ตาราง 17 ผลการองค์ประกอบด้านกลยุทธ์การสอน (Teaching Strategies:TES)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X25	ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้	0.923	0.852	0.265
X26	มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน	0.964	0.929	0.543
X27	ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์	0.737	0.542	0.065

จากตาราง 17 พบว่า องค์ประกอบด้านด้านกลยุทธการสอนสอน (Teaching Strategies:TES) มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักหนักองค์ประกอบเป็นบวกทุกตัวบ่งชี้ มีค่าตั้งแต่ 0.737 ถึง 0.964 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 ตั้งแต่ 0.542 ถึง 0.929และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ 0.065 ถึง 0.543

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านกลยุทธ์การสอนสอน (Teaching Strategies:TES) พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 0.00 ค่าความน่าจะเป็น 1.00 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 0.00 ดังภาพประกอบ 4

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านกลยุทธ์การสอน (Teaching Strategies:TES)

พหูน ปณ ฑิโต ชีเร

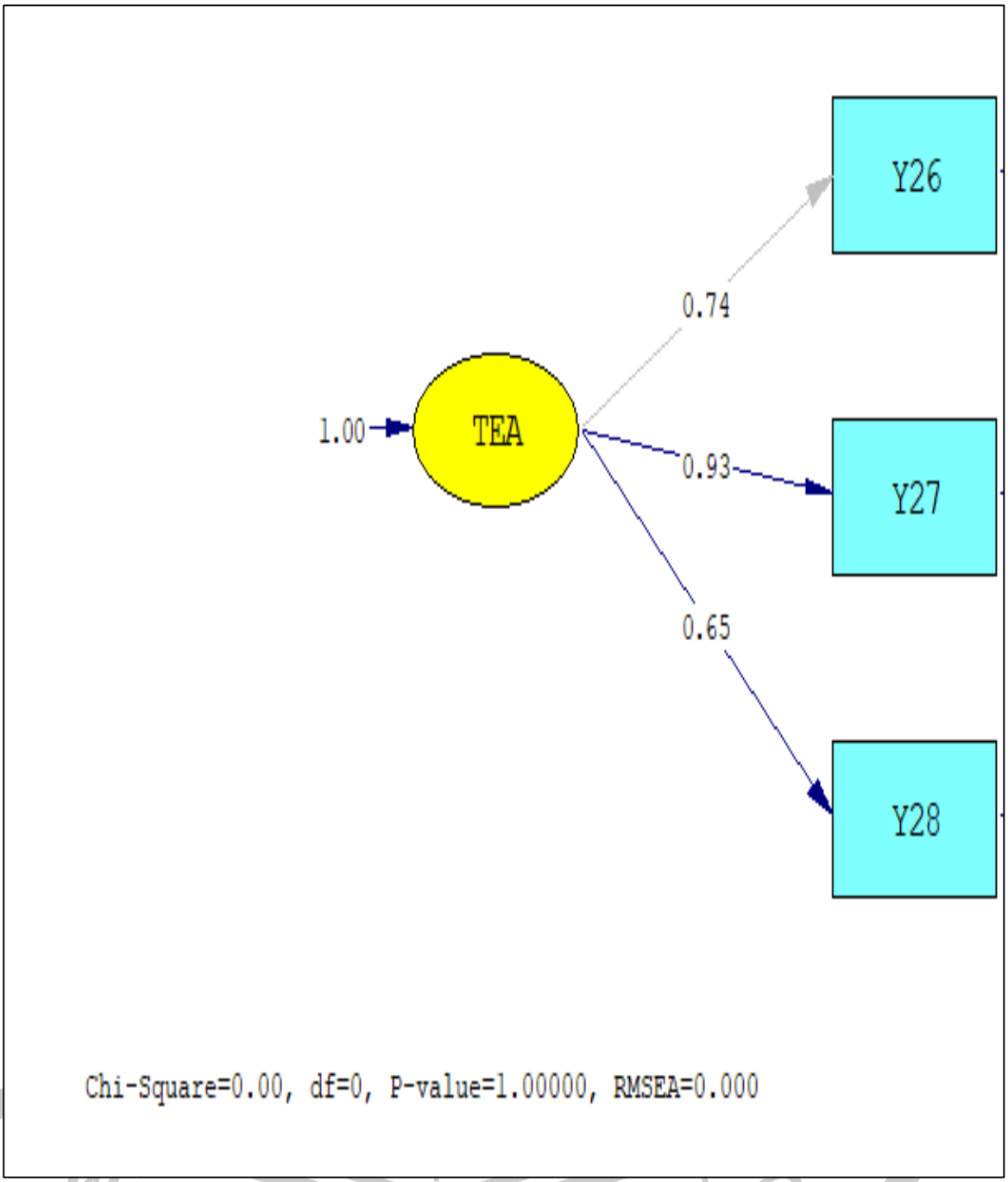
5. องค์ประกอบด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA)ประกอบด้วย 3 ตัวบ่งชี้ ดังตาราง 18 และภาพประกอบ 5

ตาราง 18 ผลการองค์ประกอบด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
X29	ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน	0.743	0.552	0.167
X30	ข้าพเจ้าสร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่าง	0.929	0.863	0.755
X31	ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด	0.646	0.417	0.124

จากตาราง 18 พบว่า องค์ประกอบด้านด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA) มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ตัวบ่งชี้ มีค่าน้ำหนักหนักองค์ประกอบเป็นบวกทุกตัวบ่งชี้ มีค่าตั้งแต่ 0.646 ถึง 0.929 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ R^2 ตั้งแต่ 0.417 ถึง 0.863 และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ 0.124 ถึง 0.755

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน(Teaching Activities : TEA) พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ซึ่งพิจารณาจากค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 0.00 ค่าความน่าจะเป็น 1.00 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 0.00 ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน (Teaching Activities : TEA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ตาราง19

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
องค์ประกอบที่ 1 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี				
Y1	1. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	0.815	0.664	0.554
Y2	2. ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน	0.426	0.182	-0.349
Y3	3. ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากเรียนรู้	0.678	0.459	-0.224
Y4	4. ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน	0.684	0.468	-0.096
Y5	5. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์	0.791	0.625	0.724
Y6	6. ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน	0.812	0.659	0. 138
Y7	7. ข้าพเจ้ามีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที	0.751	0.564	0.447
Y8	8. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย	0.711	0.506	-0.883
Y9	. 9. ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้	0.976	0.952	1.612
Y10	10. ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน	0.903	0.816	0.294

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
องค์ประกอบที่ 2 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้				
Y11	1. ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน	0.918	0.843	-0.571
Y12	2. ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน	0.932	0.868	0.981
Y13	3. ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน	0.873	0.762	0.151
Y14	4.ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม	0.925	0.855	0.003
Y15	5. ข้าพเจ้าอำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน	0.946	0.895	0.052
Y16	6. ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน	0.928	0.862	0.751
Y17	7. ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	0.845	0.713	0.069
องค์ประกอบที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผล				
Y18	1. ข้าพเจ้ามีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย	0.824	0.679	0.160
Y19	2. ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน	0.890	0.792	0.385
Y20	3. ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง	0.820	0.672	-0.065
Y21	4. ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน	0.836	0.699	0.310

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ	R2	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ
Y22	5. ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น	0.682	0.465	0.261
องค์ประกอบที่ 4 ด้านกลยุทธ์การสอน				
Y23	1. ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้	0.825	0.681	0.231
Y24	2. มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน	0.843	0.711	0.886
Y25	3. ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์	0.827	0.685	0.479
องค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน				
Y26	1. ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน	0.826	0.682	0.575
Y27	2. ข้าพเจ้าสร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่าง	0.775	0.601	0.145
Y28	3. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด	0.782	0.611	0.547

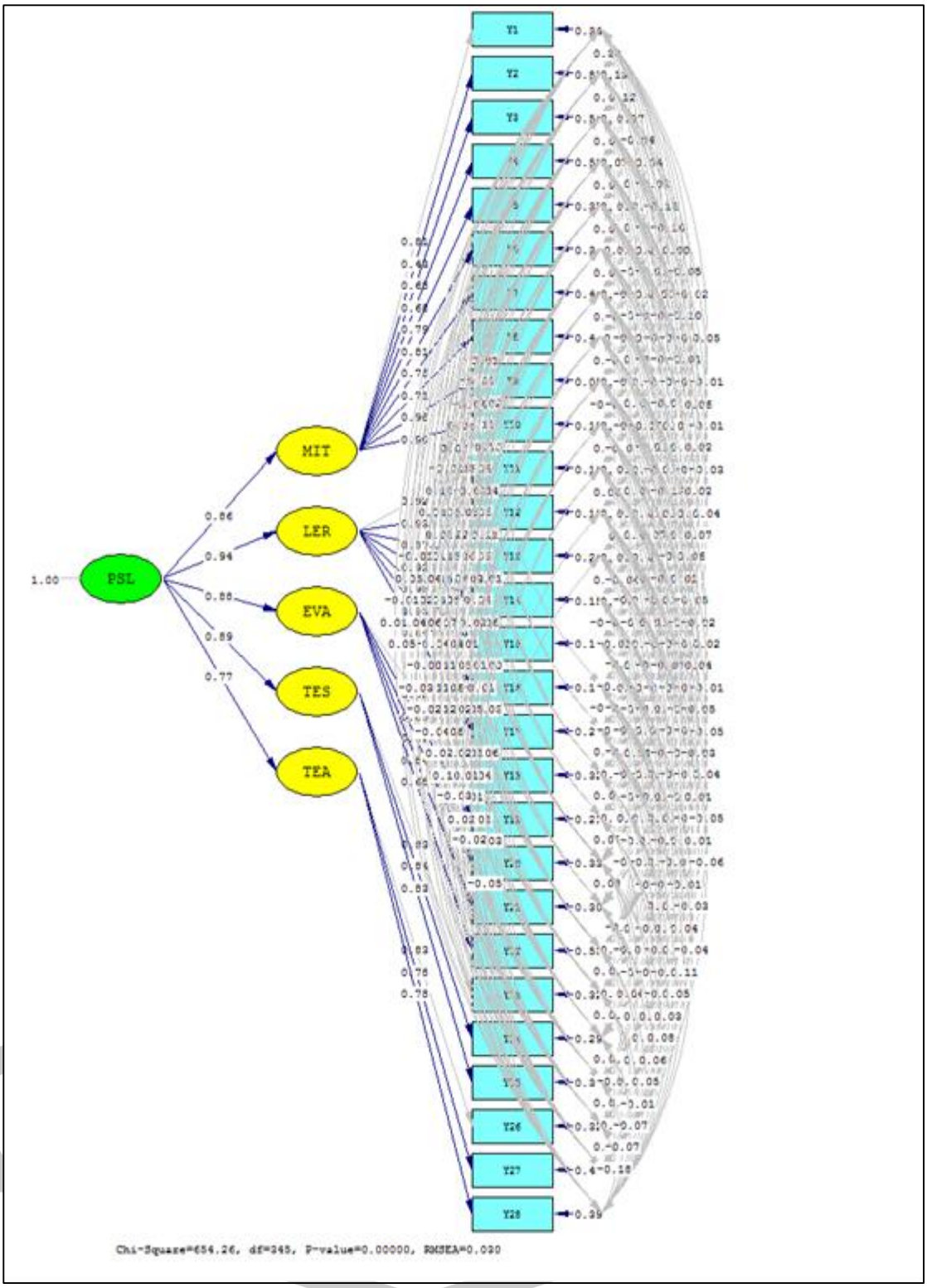
จากตาราง19 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง พบว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.976 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ตั้งแต่ 0.182 ถึง 0.895 และมีค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบตั้งแต่ -0.096 ถึง 0.981

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง

องค์ประกอบ		น้ำหนักองค์ประกอบ	R^2
1	ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี	0.861	0.742
2	ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้	0.941	0.885
3	ด้านการวัดและประเมินผล	0.875	0.766
4	ด้านกลยุทธ์การสอน	0.895	0.801
5	ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน	0.766	0.586
(χ^2) = 654.26 df = 345 P-value = 0.000			
GFI = 0.958 AGFI = 0.951 CFI= 0.998 SRMR = 0.0536 SRMSEA = 0.030			

จากตาราง 20 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวบ่งชี้การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีค่าเป็นบวก มีค่าตั้งแต่ 0.76 ถึง 0.941 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการวัดละประเมินผล ด้านการใช้สื่อและเทคโนโลยี ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน น้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 และ 0.766 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 654.26 ค่าความน่าจะเป็น เท่ากับ 0.000 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 345 ค่า GFI=0 .958 ค่า AGFI = 0.951 ค่า CFI= 0.998 ค่า SRMR= 0.0536 ค่า RMSEA=0.030 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง ดังภาพประกอบ 7

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองตัวบ่งชี้การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ตอนที่ 4 ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองพบว่า การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มี 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ ผู้วิจัยจึงได้นำไปสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) กับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ครูผู้สอน จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ 2 อาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 2 คน เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการชุมชนแห่งการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 แนวทางการส่งเสริมด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1

สถานศึกษาเป็นแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญของผู้เรียน เพราะเป็นองค์ประกอบในการทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามหลักสูตร มีการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ ซึ่งมาตรา 24 ในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้ระบุไว้อย่างชัดเจนว่าในการจัดกระบวนการเรียนรู้ สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริม สนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และ มีความรอบรู้ ทั้งนี้ผู้สอนและผู้เรียนอาจ เรียนรู้ไปพร้อมกันจากสื่อการเรียนการสอนและแหล่งวิทยาการประเภทต่าง ๆ เมื่อสถานศึกษามีสื่อ และแหล่งการเรียนรู้แล้ว ทำอย่างไรจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ”

(ครูผู้สอน, 2561 : สัมภาษณ์)

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2

“ การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานและหลักสูตรสถานศึกษามุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิตและใช้เวลาอย่างสร้างสรรค์ รวมทั้งมีความยืดหยุ่น สนองความต้องการของผู้เรียน ชุมชน สังคมและประเทศชาติ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลา ทุกสถานที่ เรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้ทุกประเภท รวมทั้งจากเครือข่ายการเรียนรู้ต่างๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น ชุมชนและแหล่งอื่นๆ สื่อที่จะนำมาใช้ เพื่อจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรควรจะมีลักษณะดังนี้

1. เน้นสื่อเพื่อการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองทั้งของผู้เรียนและผู้สอน

2. ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดทำหรือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเอง รวมทั้งนำสื่อที่มีอยู่รอบตัวมาใช้ในการเรียนรู้

3. รูปแบบของสื่อการเรียนรู้ควรมีความหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณค่า กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและต่อเนื่องตลอดเวลา ”

(อาจารย์มหาวิทยาลัย ,2561 : สัมภาษณ์)

ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในองค์ประกอบที่1 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอแนวทางไว้ ดังนี้

1. เน้นสื่อเพื่อการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองทั้งของผู้เรียนและผู้สอน

2. ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดทำหรือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเอง รวมทั้งนำสื่อที่มีอยู่รอบตัวมาใช้ในการเรียนรู้

3. รูปแบบของสื่อการเรียนรู้ควรมีความหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณค่า กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและต่อเนื่องตลอดเวลา

องค์ประกอบที่ 2 แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1

“ครูควรจัดแหล่งเรียนรู้ เป็นแหล่งที่นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าหาคำตอบในเรื่องที่สนใจใฝ่รู้ แหล่งเรียนรู้มีทั้งในโรงเรียนและชุมชน แหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน นอกจากห้องเรียน ห้องปฏิบัติการต่างๆ แล้ว สถานที่ทุกแห่ง ในบริเวณโรงเรียนจัดเป็นแหล่งเรียนรู้ได้และบางครั้งโรงเรียนอาจจัดเพิ่มเติมจากสิ่งที่มีอยู่ เช่น จุดศึกษา สวนการเรียนรู้ ค่ายการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้ในชุมชน เป็นแหล่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่สร้างขึ้น อาจเป็นสถานที่สำคัญทางศาสนา สถานที่สาธารณประโยชน์ สถานประกอบการ สถาบันการศึกษา สถาบันอาชีพในชุมชน ตลอดจนภูมิปัญญาท้องถิ่นในด้านต่างๆ ซึ่งโรงเรียนสามารถจัดการเรียนรู้โดยเชื่อมโยงกิจกรรมต่อเนื่องระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียน ในโรงเรียนและชุมชน

1. สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการเรียนรู้

2. สนับสนุนการจัดและการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วให้เกิดคุณค่าต่อการเรียนรู้อย่างแท้จริง

3. สนับสนุนการจัดและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับท้องถิ่นและเป็นระบบ

4. ส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนกับชุมชน... ”

(ครูผู้สอน, 2561 : สัมภาษณ์)

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2

“ แหล่งที่ให้ข้อมูลข่าวสาร ความรู้ สามารถจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อขยายประสบการณ์ของนักเรียนและเชื่อมโยงสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน นักเรียนอาจเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนตามกระบวนการเรียนการสอนหรือเรียนรู้ด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ตามความสนใจ

1. ส่งเสริมสนับสนุนนโยบายและหลักสูตรการเรียนการสอนของโรงเรียน

2. เป็นแหล่งส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน ตามความสนใจและความสามารถของนักเรียนเพื่อพัฒนาความเจริญงอกงามทางสติปัญญา

3. เป็นแหล่งปลูกฝังและส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน การค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียนตลอดชีวิต

4. เป็นแหล่งแนะแนวการอ่าน สร้างความสามารถในการอ่าน รวมทั้งส่งเสริมให้มีวิจารณญาณในการอ่านแก่นักเรียน

5. ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการใช้แหล่งเรียนรู้ เข้าใจวิธีการใช้แหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาและความเจริญก้าวหน้าของตนเอง

6. ให้นักเรียนเกิดทักษะในการใช้หนังสือ เอกสาร สื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ รวมทั้งโสตทัศนูปกรณ์เพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า”

(อาจารย์มหาวิทยาลัย ,2561 : สัมภาษณ์)

ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)ในองค์ประกอบที่2 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอแนวทางไว้ ดังนี้

1. สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการเรียนรู้

2. สนับสนุนการจัดและการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วให้เกิดคุณค่าต่อการเรียนรู้อย่างแท้จริง

3. สนับสนุนการจัดและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับท้องถิ่นและเป็นระบบ

4. ส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนกับชุมชน

5. ส่งเสริมสนับสนุนนโยบายและหลักสูตรการเรียนการสอนของโรงเรียน

6. เป็นแหล่งส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน ตามความสนใจและความสามารถของนักเรียนเพื่อพัฒนาความเจริญงอกงามทางสติปัญญา

7. เป็นแหล่งปลูกฝังและส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน การค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน

ตลอดชีวิต

8. เป็นแหล่งแนะแนวการอ่าน สร้างความสามารถในการอ่าน รวมทั้งส่งเสริมให้มีวิจารณญาณในการอ่านแก่นักเรียน

9. ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการใช้แหล่งเรียนรู้ เข้าใจวิธีการใช้แหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาและความเจริญก้าวหน้าของตนเอง

10. ให้นักเรียนเกิดทักษะในการใช้หนังสือ เอกสาร สื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ รวมทั้งโสตทัศนูปกรณ์เพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า

องค์ประกอบที่ 3 แนวทางการส่งเสริมด้านการวัดและประเมินผล

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1

“ครูผู้สอนในแต่ละรายวิชาควรจัดทำแผนการประเมินผลในรายวิชาของตนเองตลอดภาคเรียนควรมีการ

1. การประเมินผลก่อนเรียน

2. การประเมินระหว่างเรียน

3. การประเมินปลายภาค

4. อัตราส่วนน้ำหนักคะแนนระหว่างความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะ (A) และรายละเอียดน้ำหนักคะแนนของแต่ละตัวชี้วัด พร้อมทั้งระบุวิธีการวัด เครื่องมือวัด และประเมินผลในแต่ละตัวชี้วัด

5. กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย คุณลักษณะตามธรรมชาติวิชาและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของสถานศึกษา ”

(ครูผู้สอน, 2561 : สัมภาษณ์)

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2

“ ตามกรอบของหลักสูตรแกนกลาง หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ที่โรงเรียนจะนำไปจัดเป็นหลักสูตรโรงเรียน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับแต่ละโรงเรียนนั้น มีข้อกำหนดที่โรงเรียนจะต้องดำเนินการเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียน ดังนี้

1. ดำเนินการวัดและประเมินผลระดับชั้นเรียน ได้แก่ การประเมินผลการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียนระหว่างเรียน เพื่อหาคำตอบว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและค่านิยมอันพึงประสงค์จากการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอน หรือกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนต่างๆ หรือไม่เพียงไร ซึ่งจะสะท้อนความสำเร็จในการเรียนของผู้เรียนและประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาของผู้สอน เป็นข้อมูลที่ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายทั้งผู้เรียน ผู้สอน โรงเรียนและผู้ปกครองนำไป

พัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและใช้สำหรับตัดสินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านต่างๆ ของผู้เรียน

2. ดำเนินการประเมินผลระดับโรงเรียน ได้แก่ การประเมินผลการเรียนและพัฒนาการของผู้เรียนปลายปีหรือปลายภาค และเมื่อสิ้นสุดช่วงชั้นเพื่อนำผลไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงผู้เรียนให้มีคุณภาพตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น รวมทั้งนำผลการประเมินไปใช้พิจารณาตัดสินผลการเรียนรายวิชา และตัดสินการเลื่อนช่วงชั้น

3. ดำเนินการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติ ได้แก่ การประเมินคุณภาพทางการศึกษาของผู้เรียนทุกคนในปีสุดท้ายของแต่ละช่วงชั้น คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในระดับชาติ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการจะกำหนดให้มีการประเมินในกลุ่มสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ตามความจำเป็นรายปีไป ข้อมูลจากการประเมินจะนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน คุณภาพการจัดการศึกษาของโรงเรียนและคุณภาพการศึกษาของชาติได้ โรงเรียนจะต้องจัดให้ผู้เรียนได้เข้ารับการประเมินผลระดับชาติและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถในการประเมินอย่างเต็มศักยภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณภาพทางการศึกษาที่แท้จริงของผู้เรียนของโรงเรียน และของประเทศชาติ ”

(อาจารย์มหาวิทยาลัย ,2561 : สัมภาษณ์)

ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในองค์ประกอบที่ 3 ด้านการวัดและประเมินผลทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอแนวทางไว้ ดังนี้

1. ครูผู้สอนมีการวัดผลควรจัดทำแผนการประเมินผลในรายวิชาของตนเองตลอดภาคเรียน มีประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน ปลายภาค

2. ครูผู้สอนมีการวัดผลมีอัตราส่วนน้ำหนักคะแนนระหว่างความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะ (A) และรายละเอียดน้ำหนักคะแนนของแต่ละตัวชี้วัด พร้อมทั้งระบุวิธีการวัด เครื่องมือวัด และประเมินผลในแต่ละตัวชี้วัด

3. ครูผู้สอน กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย คุณลักษณะตามธรรมชาติวิชา และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของสถานศึกษา

4. ครูผู้สอนให้ความสำคัญ การวัดผลทุกระดับ ระดับชั้นเรียน ระดับโรงเรียน ระดับชาติ

องค์ประกอบที่ 4 แนวทางการส่งเสริมด้านกลยุทธ์การสอน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1

“การวางแผนกลยุทธ์เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนการครูต้องมุ่งมั่นในการพัฒนาตนเองและผู้เรียน ให้ได้พัฒนาไปตามศักยภาพอย่างมีคุณภาพ ด้วยการเป็นผู้วางแผนพัฒนาคุณภาพ

การศึกษา และการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้บังเกิดผลสูงสุดการนิเทศ กำกับ ติดตาม ประเมินผลการจัดการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีคุณภาพอีกด้วย รวมทั้งการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น”

(ครูผู้สอน, 2561 : สัมภาษณ์)

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2

“แนวทางการส่งเสริมกลยุทธ์การสอนกำหนดการทำงานกลุ่มโดยให้หมุนเวียนการเป็นผู้นำการเป็นสมาชิกกลุ่มและผลัดกันเป็นผู้รายงาน ให้ความสำคัญในการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและการให้ความร่วมมือ ปลูกฝังให้มีความรับผิดชอบต่อหน้าที่ที่ได้รับในงานกลุ่ม ส่งเสริมให้นักศึกษากล้าแสดงออกและเสนอความคิดเห็น โดยการจัดอภิปรายและเสาวนางานที่มอบหมายที่ให้ค้นคว้า ใช้วิธีการสอนแบบเปิดโอกาสในการแสดงความคิดเห็น (Brainstorming) ส่งเสริมการเคารพสิทธิการรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ”

(อาจารย์มหาวิทยาลัย ,2561 : สัมภาษณ์)

ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในองค์ประกอบที่ 4 ด้านกลยุทธ์การสอน ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอแนวทางไว้ ดังนี้

1. ครูผู้สอนมีความมุ่งมั่นในด้านการสอน
2. ครูผู้สอนมีการนำการวิจัยมาพัฒนาการสอน
3. ฝึกการทำงานกลุ่มโดยให้หมุนเวียนการเป็นผู้นำ
4. ใช้วิธีการสอนแบบเปิดโอกาสในการแสดงความคิดเห็น (Brainstorming)

องค์ประกอบที่ 5 แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 1

“การสอนที่มีคุณภาพครูต้องจัดกิจกรรมส่งเสริมการสอนให้ผู้เรียนสามารถ คิดเป็นทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และความสามารถในการคิดของคนเรานี้โดยทั่วไปเชื่อว่าอยู่ที่สมอง ควรจัดกิจกรรมเสริมให้นักเรียนได้ฝึกกิจกรรมส่งเสริมควรมีลักษณะดังนี้

1. ฝึกการคิดแบบสมมติฐาน
2. ฝึกการคิดกลับทิศทาง

3. ฝึกการใช้แบบสัญลักษณ์ใหม่

4. ฝึกวิเคราะห์ความเกี่ยวโยง

(ครูผู้สอน, 2561 : สัมภาษณ์)

ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มที่ 2

“ แนวทางการส่งเสริม ควรมีกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์ เป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการ แลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้ กิจกรรมในส่วนนี้ จะก่อให้เกิดการสร้างความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกจะต้องเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ซึ่งการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์จะ สร้างบรรยากาศผ่อนคลาย เกิดความคุ้นเคยกันในกลุ่มสมาชิกกลุ่มรู้จักกันมากขึ้น เกิดความสัมพันธ์ เช่นการกิจกรรมสัมพันธ์ในห้องเรียนดังนี้

1. จัดสถานที่ให้เป็นห้องโล่งกว้าง ไม่มีโต๊ะเก้าอี้

2. แจกแผ่นป้ายชื่อที่ทำ ด้วยกระดาษแข็งขนาด 4 นิ้ว x 6 นิ้ว ร้อยด้วยเชือก ความยาวขนาดคล้องคอได้ ให้สมาชิกคนละ 1 แผ่น แล้วให้เขียนชื่อตนเองที่ต้องการให้คนอื่นเรียก เขียนวันเกิด (จันทร์-อาทิตย์) และลักษณะเด่นของตนเองที่รู้สึกภูมิใจ 3 ลักษณะ ลงบนแผ่นป้ายชื่อ ด้วยตัวอักษรที่ตัวโตเห็นชัดเจน

3. ให้สมาชิกรวมกลุ่มกันตามวันเกิด แล้วให้ทำความรู้จักกันในกลุ่ม เพื่อที่จะแนะนำสมาชิกในกลุ่มให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ได้รู้จักเพิ่มขึ้น การใช้เวลา ขึ้นอยู่กับจำนวนสมาชิก

(อาจารย์มหาวิทยาลัย ,2561 : สัมภาษณ์)

ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในองค์ประกอบที่ 5 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอแนวทางไว้ ดังนี้

1. ครูจัดกิจกรรมส่งเสริมการสอนให้ผู้เรียนสามารถ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ฝึกการคิดแบบสมมตติฐาน ฝึกคิดกลับทิศทาง ฝึกการใช้แบบสัญลักษณ์ใหม่ ฝึกวิเคราะห์ความเกี่ยวโยง

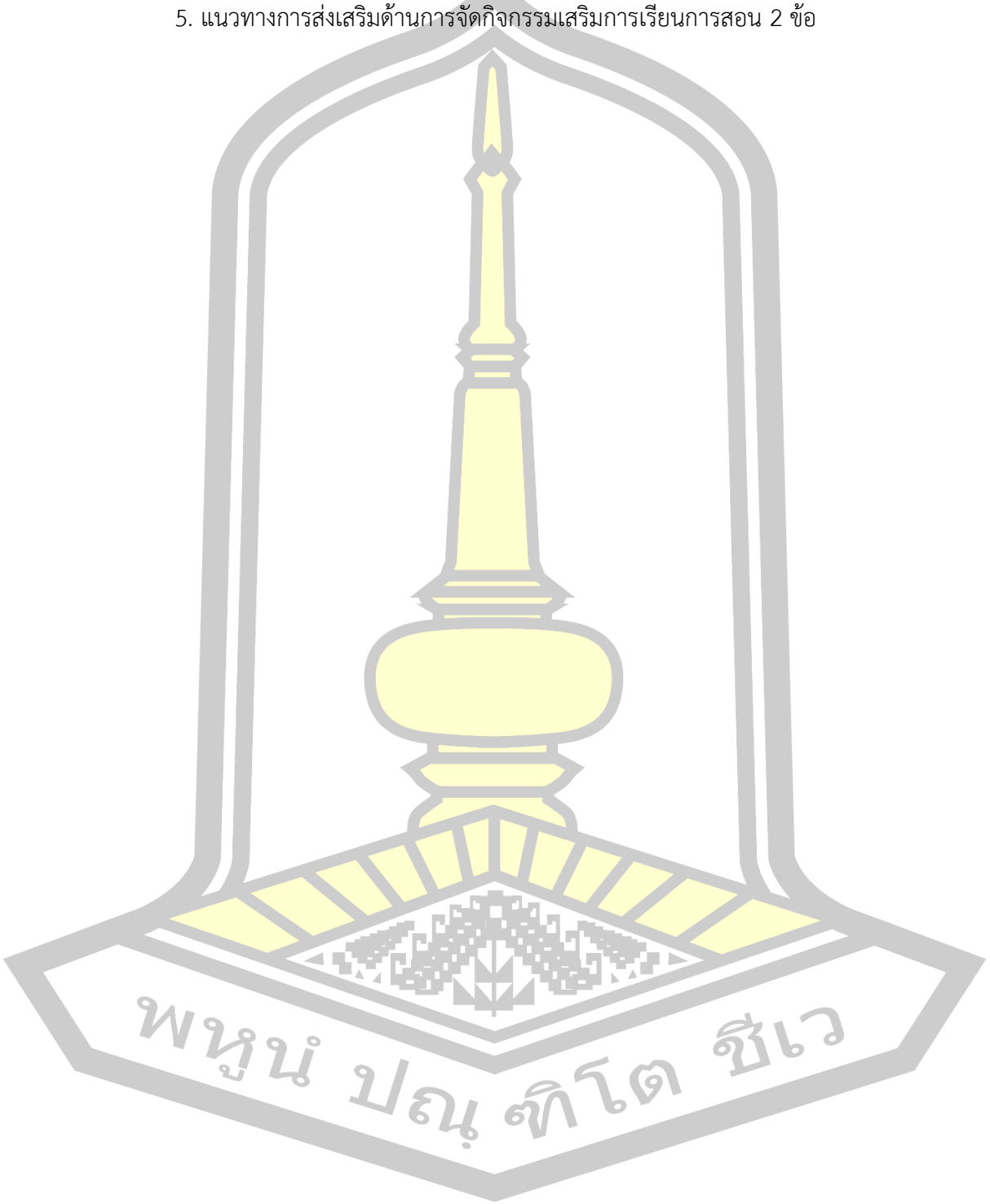
2. ครูควรจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์สร้างบรรยากาศในชั้นเรียน

สรุปแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน พบว่า ได้แนวทางในการส่งเสริมจำนวน 23 ข้อ ดังนี้

1. แนวทางการส่งเสริมด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 3 ข้อ

2. แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ 10 ข้อ

3. แนวทางการส่งเสริมด้านการวัดและประเมินผล 4 ข้อ
4. แนวทางการส่งเสริมด้านกลยุทธ์การสอน 4 ข้อ
5. แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน 2 ข้อ



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)
2. เพื่อพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

สรุปผล

1. ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1.1 ผลการสร้างและคัดเลือกตัวบ่งชี้พบว่า

1.1.1 ผลการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบแนวคิดตัวบ่งชี้ การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า ได้ 5 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยีสอน 2. ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม 3. ด้านการใช้กลยุทธ์การสอน 4. ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 5. ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ และ 6. ด้านการวัดผลประเมินผล และตัวบ่งชี้จำนวน 71 ตัวบ่งชี้

1.1.2 ผลการคัดเลือกตัวบ่งชี้จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายเพื่อคัดเลือกตัวบ่งชี้ส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ (IOC) พร้อมกับให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากทั้งหมด 6 ด้าน 71 ตัวบ่งชี้ คัดเลือกตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 – 1.00 เหลือ 50 ตัวบ่งชี้

1.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของตัวบ่งชี้การส่งเสริมสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน โดยการพิจารณาความเหมาะสมของตัวบ่งชี้ คัดเลือกตัวบ่งชี้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.54 – 4.47 พบว่าผ่านเกณฑ์ทุกตัวบ่งชี้ ได้ 6 ด้าน 50 ตัวบ่งชี้

1.1.4 ผลการหาคุณภาพของแบบสอบถามการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ทั้งหมด 6 ด้าน 50 ตัวบ่งชี้ จากการทดลองกับกลุ่มครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา จำนวน 50 คน พบว่า

1.1.4.1 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับของแบบสอบถาม (Item Total Correlation) ตามวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) โดยพิจารณาจากเกณฑ์องศาอิสระ(Degree of Freedom) ที่ N – 2 ระดับนัยสำคัญที่ .05 ซึ่งเป็นการทดสอบแบบทางเดียว (One – tailed test) ค่าวิกฤติประมาณ 0.236 (ใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวบ่งชี้ พบว่า ตัวบ่งชี้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวมสูงกว่าค่าวิกฤติหรือเกณฑ์ที่กำหนด คัดเลือกวุ้ 6 ด้านให้แต่ละด้านมีความใกล้เคียงกัน รวมทั้งหมด 50 ตัวบ่งชี้ โดยมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.346 ถึง 0.803

1.1.4.2 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach Method) ได้ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.952

1.2 ผลการสำรวจและยืนยันองค์ประกอบ พบว่า

1.2.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ได้ตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง .506 ถึง .913 ประกอบด้วยองค์ประกอบประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ โดยนำผลการวิเคราะห์ทั้ง 5 องค์ประกอบ ไดแก ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน องค์ประกอบทั้งหมดสามารถอธิบายการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ได้ร้อยละ 67.095

1.2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า ประกอบด้วย ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีค่าเป็นบวก มีค่าตั้งแต่ 0.765 ถึง 0.943 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการวัดละประเมินผล ด้านการใช้สื่อและเทคโนโลยี ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน น้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 และ 0.766 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 654.26 ค่าความน่าจะเป็น เท่ากับ 0.000 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 345 ค่า GFI=0 .958 ค่า AGFI = 0.951 ค่า SRMR= 0.0536 RMSEA=0.030 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง

2. ผลการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองพบว่า ทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มี 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ ผู้วิจัยจึงได้นำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้รวบรวมและเสนอทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ดังนี้

2.1 แนวทางการส่งเสริมด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

2.1.1 เน้นสื่อเพื่อการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองทั้งของผู้เรียนและผู้สอน

2.1.2. ผู้เรียนและผู้สอนสามารถจัดทำหรือพัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเอง รวมทั้งนำสื่อที่มีอยู่รอบตัวมาใช้ในการเรียนรู้

2.1.3. รูปแบบของสื่อการเรียนรู้ควรมีความหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีคุณค่า กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ เกิดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางและต่อเนื่องตลอดเวลา

2.2 แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

2.2.1 สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ตามแนวปฏิรูปการเรียนรู้

2.2.2 สนับสนุนการจัดและการใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่แล้วให้เกิดคุณค่าต่อการเรียนรู้อย่างแท้จริง

2.2.3 สนับสนุนการจัดและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับท้องถิ่นและเป็นระบบ

2.2.4 ส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียนกับชุมชน

2.2.5 ส่งเสริมสนับสนุนนโยบายและหลักสูตรการเรียนการสอนของโรงเรียน

2.2.6 เป็นแหล่งส่งเสริมการค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียน ตามความสนใจและความสามารถของนักเรียนเพื่อพัฒนาความเจริญงอกงามทางสติปัญญา

2.2.7 เป็นแหล่งปลูกฝังและส่งเสริมนิสัยรักการอ่าน การค้นคว้าหาความรู้ของนักเรียนตลอดชีวิต

2.2.8 เป็นแหล่งแนะแนวการอ่าน สร้างความสามารถในการอ่าน รวมทั้งส่งเสริมให้มีวิจารณญาณในการอ่านแก่นักเรียน

2.2.9 ทำให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถและทักษะในการใช้แหล่งเรียนรู้ เข้าใจวิธีการใช้แหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาและความเจริญก้าวหน้าของตนเอง

2.2.10 ให้นักเรียนเกิดทักษะในการใช้หนังสือ เอกสาร สื่อสิ่งพิมพ์อื่นๆ รวมทั้งโสตทัศนูปกรณ์เพื่อประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า

2.3 แนวทางการส่งเสริมด้านการวัดและประเมินผล

2.3.1 ครูผู้สอนมีการวัดผลควรจัดทำแผนการประเมินผลในรายวิชาของตนเองตลอดภาคเรียน มีประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน ปลายภาค

2.3.2 ครูผู้สอนมีการวัดผลมีอัตราส่วนน้ำหนักคะแนนระหว่างความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะ (A) และรายละเอียดน้ำหนักคะแนนของแต่ละตัวชี้วัด พร้อมทั้งระบุวิธีการวัด เครื่องมือวัด และประเมินผลในแต่ละตัวชี้วัด

2.3.3 ครูผู้สอน กำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย คุณลักษณะตามธรรมชาติวิชา และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของสถานศึกษา

2.3.4 ครูผู้สอนให้ความสำคัญ การวัดผลทุกระดับ ระดับชั้นเรียน ระดับโรงเรียน ระดับชาติ

2.4 แนวทางการส่งเสริมด้านกลยุทธ์การสอน

2.4.1. ครูผู้สอนมีความมุ่งมั่นในด้านการสอน

2.4.2. ครูผู้สอนมีการนำการวิจัยมาพัฒนาการสอน

2.4.3 ฝึกการทำงานกลุ่มโดยให้หมุนเวียนการเป็นผู้นำ

2.4.4 ใช้วิธีการสอนแบบเปิดโอกาสในการแสดงความคิดเห็น (Brainstorming)

2.5 แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน

2.5.1 ครูจัดกิจกรรมส่งเสริมการสอนให้ผู้เรียนสามารถ คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น ฝึกการคิดแบบสมมตติฐาน ฝึกคิดกลับทิศทาง ฝึกการใช้แบบสัญลักษณ์ใหม่ ฝึกวิเคราะห์ความเกี่ยวโยง

2.5.2 ครูควรจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์สร้างบรรยากาศในชั้นเรียน

สรุปแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน พบว่า แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ จำนวน 23 ข้อ ดังนี้

1. แนวทางการส่งเสริมด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี 3 ข้อ
2. แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ 10 ข้อ
3. แนวทางการส่งเสริมด้านการวัดและประเมินผล 4 ข้อ
4. แนวทางการส่งเสริมด้านกลยุทธ์การสอน 4 ข้อ
5. แนวทางการส่งเสริมด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน 2 ข้อ

อภิปรายผล

1. ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.1 ผลการสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างกรอบแนวคิดทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ซึ่งประกอบด้วย 6 ด้าน 51 ตัวบ่งชี้
ได้แก่ องค์ประกอบ ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกลยุทธการสอนและ ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน

1.1.1 ผลการเพิ่มเติมการคัดเลือกตัวบ่งชี้จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้หลัก 6 ด้าน 71 ตัวบ่งชี้ย่อย

1.1.2 ผลการคัดเลือกตัวบ่งชี้ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ตัวบ่งชี้หลัก 6 ด้าน 75 ตัวบ่งชี้ย่อย

1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ตัวบ่งชี้ทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ซึ่ง 5 องค์ประกอบ 28 ตัวบ่งชี้ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง ระหว่าง .639 ถึง .811 ประกอบด้วยองค์ประกอบ ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกลยุทธการสอน ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน องค์ประกอบทั้งหมดสามารถอธิบายการส่งเสริมการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ได้ร้อยละ 67.095

1.3 ผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า ประกอบด้วย ทั้ง 5 องค์ประกอบ มีค่าเป็น

บวก มีค่าตั้งแต่ 0.765 ถึง 0.943 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านกลยุทธ์การสอน ด้านการวัดละประเมินผล ด้านการใช้สื่อและเทคโนโลยี ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอน น้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.941, 0.895, 0.875, 0.861 และ 0.766 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ค่าไค-สแควร์ (χ^2) เท่ากับ 654.26 ค่าความน่าจะเป็น เท่ากับ 0.000 ที่องศาอิสระ (df) เท่ากับ 345 ค่า GFI=0 .958 ค่า AGFI = 0.951 ค่า SRMR= 0.0536 RMSEA=0.030 แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง

2. แนวทางส่งเสริมการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า ตัวบ่งชี้ในการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) มี 5 องค์ประกอบ จำนวน 28 ตัวบ่งชี้ นำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน มีทั้งหมด ได้แนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จำนวน 23 ข้อ ซึ่งแนวทางการส่งเสริมเหล่านี้จะส่งผลให้ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์หรือผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปวางแผนในการขับเคลื่อนให้ส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 จากผลการวิจัยพบว่า การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)ของครูผู้สอน ผู้บริหารสถานศึกษาหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญและส่งเสริมตามองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยนำตัวบ่งชี้และแนวทางการส่งเสริมทั้ง 5 ประกอบด้วยองค์ประกอบ ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล ด้านกลยุทธการสอน ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนการสอนมาพิจารณาวางแผน มีการประสานงานเพื่อได้แนวปฏิบัติร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเกิดการการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

1.2 จากผลการวิจัยองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ องค์ประกอบ คือ ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้ น้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.943 ซึ่งแสดงให้เห็นแนวทางการพัฒนาการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ต่อไป

1.3 การนำตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)ไปใช้นั้นควรพิจารณากลุ่มเป้าหมายในเรื่องบริบทที่แตกต่างกันในแต่ละท้องถิ่นด้วย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ควรศึกษาองค์ประกอบที่หลากหลาย แนวทางการพัฒนาเพิ่มเติม

2.2 จากตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่ได้ ควรพัฒนาเครื่องมือ ที่หลากหลาย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมล สุดประเสริฐ. (2543). ดัชนีความสำเร็จของการปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัทพริกหวานกราฟฟิคจำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2548). *การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ : บทสรุปเพื่อการบริหาร*. กรุงเทพฯ.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์นักเรียนรู้อะไร*. กรุงเทพฯ.

ชวนพิศ คณะพัฒน์. (2559). ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดการใช้ปัญหาน าทางและการวิพากษ์วิจารณ์ทางสังคมและแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมเพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ณัฐธิดา โยธา. (2559). *การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องการอ่านตามแนวทางการประเมินผล PISA*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2558). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ธีระชัย ปูรณโชติ. (2533). *ทิศทางและนโยบายในการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทย สำหรับช่วงต้นของศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: ชมรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา สมาคมการศึกษา.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2538). วิธีวิทยาขั้นสูงด้านการวิจัยและสถิติ. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย, *1*(7), 113–115.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2541). สถิติการศึกษาและแนวโน้ม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสเรล สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย และ สุวิมล ว่องวาณิช. (2541). การสังเคราะห์งานวิจัยทางการศึกษาด้วยการวิเคราะห์อภิมานและการวิเคราะห์เนื้อหา. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ.

นันทวัน นันทวนิช. (2557). การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, *42*(186), 40–43.

นิธิรัตน์ อาโยวงษ์. (2554). *การรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม ของ YUENYONG (2006)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ปารณีย์ แสงลับ. (2555). *การรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกและการเปลี่ยนแปลง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เพชรน้อย สิงห์ช่างชัย. (2549). หลักการและการใช้สถิติการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว สาหรับการวิจัยทางการพยาบาล. สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิชย์.

มยุรี จารุปาน และ พรรณี พีรพรพัฒนา. (2533). บทบาทสื่อมวลชนในการพัฒนาเด็ก. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย.

รุ่งนภา ปัดปอภาร. (2545). *ความรู้ความสามารถพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากการเรียนการสอนตามโปรแกรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณงาม มาระครอง. (2553). *การส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านโนนม่วง จังหวัดขอนแก่น ในการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์ของโลกและเทคโนโลยีอวกาศ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม (STS APPROACH)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรรณี แกมเกตุ. (2540). การพัฒนาตัวบงชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู : การประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุและโมเดลเอ็มทีเอ็มเอ็ม. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สกลรัตน์ สวัสดิมูล. (2016). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด การเรียนรู้อิงบริบทและการเรียนรู้จากการปฏิบัติ โดยเน้นการฝึกปฏิบัติ ทางวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างการรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชน) มัธยมศึกษาปี ที่ 2. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, *22*(3), 15–25.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). การจัดการการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555a). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ (5 พิมพ์ครั้งที่). มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555b). สถิติขั้นสูง สำหรับการวิจัยทางการศึกษา (2 พิมพ์ครั้งที่). มหาสารคาม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุภมาส อังศุโชติ. (2552). *สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ : เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญมั่นคงการพิมพ์.

อำนาจ เกษศรีไพร และ อมรรัตน์ วัฒนาธร. (2553). สัมพันธภาพใหม่ของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการพัฒนาสังคมที่ยั่งยืน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, *12*(2), 183–189.

อิศรปรีดาประสาท. (2549). สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา. ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

อุทุมพร จามรมาร. (2527). การสังเคราะห์งานวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอมอร จังคิริพรปกรณ์. (2541). การพัฒนาตัวบ่งชี้สถานภาพทางเศรษฐกิจสังคมของครอบครัวนักเรียน โรงเรียนมัธยมศึกษาของรัฐในกรุงเทพมหานคร. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Baker D.R. (2009). The communication in Science Inquiry Project (CISIP) : A Project to Enhance Scientific Literacy through the Creation of Science Classroom Discourse Communities. *International Journal of Environmental and Science Education*, *22*(1), 259–274.

Bell, G. J. et al. (1989). The effect of velocity-specific strength training on peak torque and anaerobic rowing power. *Journal of Sport Science*, *33*(2), 215–224.

Bybee R.W. (1997). Achieving Scientific Literacy. *Science Education*, *71*(9), 667–683.

Bybee R.W. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 865–883.

Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History : Philosophyand Sociology of Science. Rotterdam*. Rotterdam: Sense Publishers.

Holbrook and Rannikmae. (2007). The Nature of Science Education for Enchancing Scientific Liturac*y*. *International Journal of Education*, *29*(3), 1347–1362.

Johnstone, J. N. (1981). *Indicator of Education Systems*. London: Ancher Press.

Kang, S., Scharmann, L. C and Noh, T. (2005). Examining Students' Views on the Nature of Science : Results from Korean 6th. *Science Education*, *89*(3), 314–334.

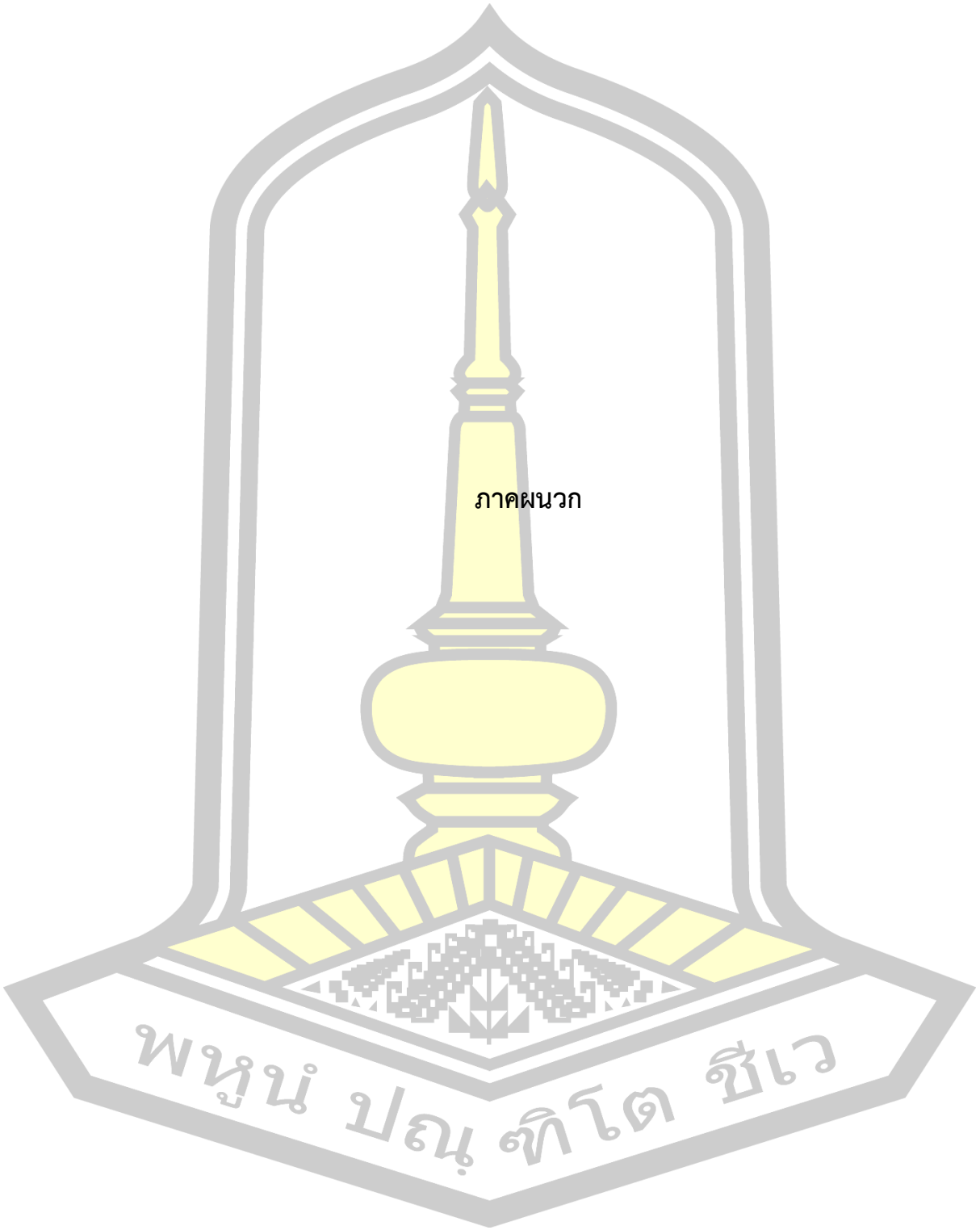
Laugksch R.C. (2000). Scientific Literacy : A conceptual overview. *Science Education*, *46*, 71–94.

Moss Abrams and Robb. (2001). Examining Students Conceptions of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, *23*(8), 771–790.

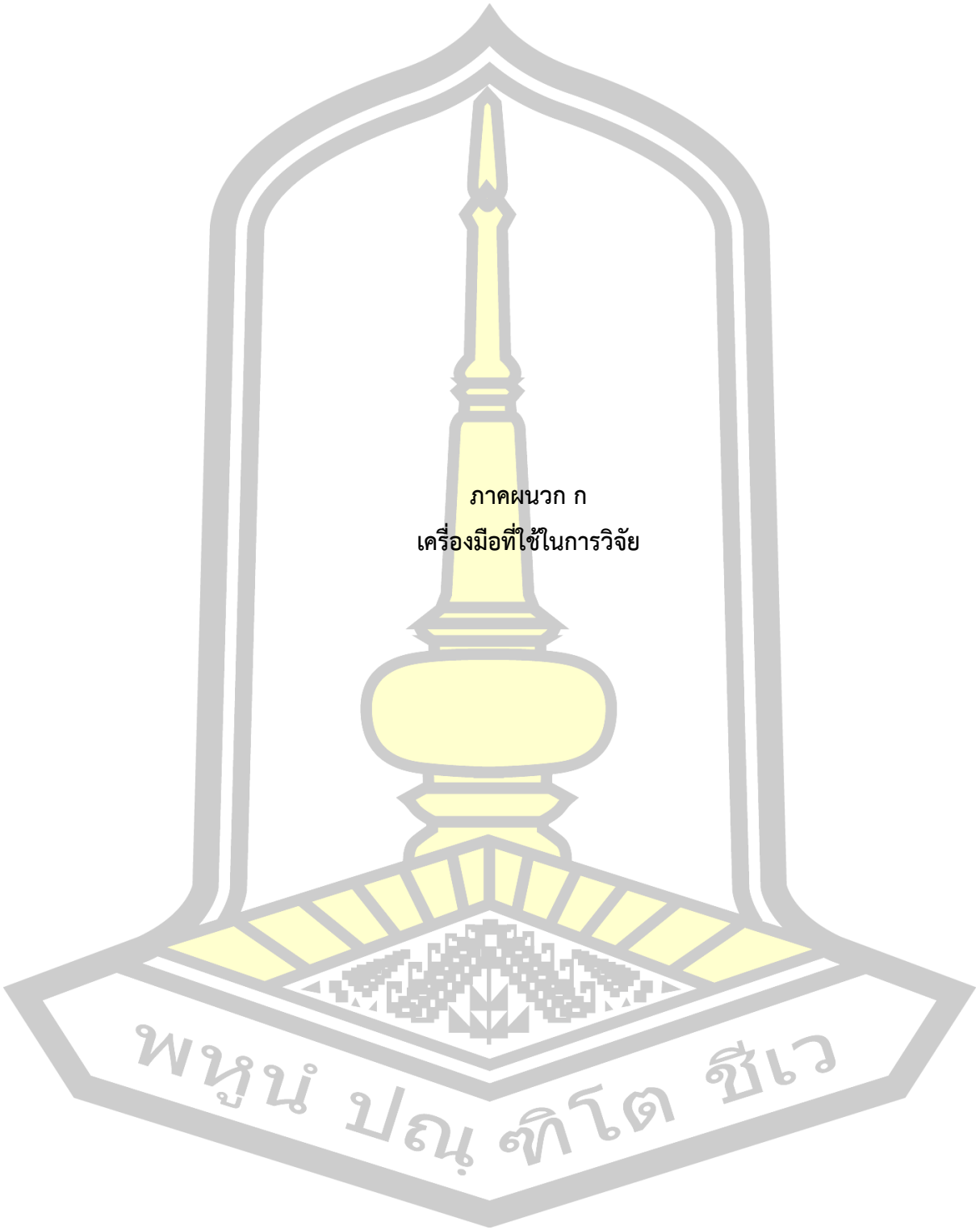
NSTA. (1993). *Science Technology Society : anew Effort for Providing Appropriate Science for All*. Washington DC: The National Science Teacher Association.

Yuenyong, C. (2006). *Teaching and Learning about Energy : Using STS approach*. Thesis of Doctoral Degree in Science Education Kasesart University.

Yuenyong, C. and N. (2009). Scientific Literacy and Thailand Science Education. *International Journal of Environmental and Science Education*, *4*(3), 335–349.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อการวิจัย
การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทาง
การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

ชื่อ.....สกุล.....

ตำแหน่ง.....

หมายเลขโทรศัพท์.....โทรสาร.....

E-mail address.....

ระดับการศึกษาสูงสุด.....

ประสบการณ์ด้านการส่งเสริม สนับสนุน และพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน.....ปี

วันที่ให้สัมภาษณ์ วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....เวลา.....น.

สถานที่ให้สัมภาษณ์.....

ส่วนที่ 2 ประเด็นการสัมภาษณ์

1. ในการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ในบทบาทครูผู้สอนที่ทำการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ท่านคิดว่าองค์ประกอบที่มีความเหมาะสม หรือไม่ อย่างไร และควรปรับเพิ่มหรือลดในองค์ประกอบใด

1.1 ด้านการจัดการเรียนการสอน

1. ผู้เรียนรู้จักการกำหนดปัญหา การแก้ปัญหาตามขั้นตอน
2. ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง
3. ผู้เรียนดำเนินการ ออกแบบ หรือศึกษาวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์
4. ผู้เรียนมีทักษะการทดลอง
5. ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
6. เรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบค้นข้อมูล เขียน สื่อความนำเสนอข้อมูล
7. ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็นความคิดรวบยอด

8. สอนโดยใช้กระบวนการเผชิญสถานการณ์/ประสบการณ์จริง

.....

.....

.....

1.2 ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม

1. ออกแบบการเรียนรู้อย่างเหมาะสม

2. ตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน

3. สร้างแรงบันดาลใจทางการเรียนรู้เป็นตัวแบบ (Role Model) ที่ผู้เรียนสามารถยึดเป็นแบบอย่างในการดำรงชีวิตและอยู่ร่วมกับสังคมได้อย่างปกติสุขข้อควรแก้ไข

4. ชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม

5. อำนวยความสะดวกในการเรียน ทำหน้าที่ในการให้เครื่องมือเพื่อสร้างความรู้สำหรับผู้เรียนกระบวนการทำงาน

6. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม

7. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนรักและภาคภูมิใจในตนเอง

8. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเองเพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายในชีวิต

9. จัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถยอมรับความแตกต่างทางความคิดความรู้สึกและพฤติกรรมของตนเองและผู้อื่นอย่างจริงใจ

10. จัดกิจกรรมส่งเสริมการยืมหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งพิมพ์จากห้องสมุด หรือแหล่งเรียนรู้ไปอ่านเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

1.3 ด้านด้านกลยุทธ์การสอน

1. มีการคิดค้นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่

2. มีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์

3. มีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้

.....

.....

1.4 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

1. ใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น
2. มีการใช้สื่อเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่
3. มีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากอ่าน
4. มีการเลือกใช้สื่อการสอนที่ใหม่ มีสภาพพร้อมใช้งานได้ทันที
5. ใช้สื่อในการสอนมีความสอดคล้องและตรงกับเนื้อหาที่เรียน
6. สื่อการสอนมีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของ

ผู้เรียน

7. มีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
8. มีการใช้สื่อการสอนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์
9. มีการเลือกใช้สื่อมัลติมีเดีย(ซีดี วีดีทัศน์ฯ)ในการจัดการเรียนการสอน
10. มีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย
11. มีการพัฒนาสื่อในกระบวนการสอนให้สอดคล้องกับการเรียนวิทยาศาสตร์
12. สร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจ

ของผู้เรียน

13. มีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อ การใช้

สอน

.....

.....

.....

.....

1.5 ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้

1.นำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

2. สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน

3. มีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4. มีการจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน

.....

.....

.....

.....

1.6 ด้านการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 13 ตัวบ่งชี้

1. มีการนำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน

2. มีการวัดและประเมินผลเมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้ในแต่ละหน่วย

3. ให้นักเรียนตรวจสอบผลการวัดและประเมินผลในแต่ละครั้ง

4. มีการวัดและประเมินผลการเรียนทำให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียน

5. นำผลการประเมินมาปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน

6. เน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผู้เรียนไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน

7. เน้นกระบวนการที่ต้องใช้ความสามารถในการคิดระดับสูง

8. เน้นคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์ขึ้น

9. ประเมินความสามารถหลายด้านของผู้เรียน

10. เน้นงานที่มีความหมายต่อผู้เรียน

11. มีการกำหนดวิธีการประเมินที่หลากหลาย

12. ใช้ข้อสอบที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง (Authentic Test)

13. มีการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio)

.....

.....

.....

.....

2. ท่านคิดว่าในองค์ประกอบแต่ละด้านควรดำเนินการอย่างไร จึงจะเป็นการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ(PISA)

1.1 ด้านการจัดการเรียนการสอน.....

1.2 ด้านการจัดกิจกรรมกาส่งเสริม.....

1.3 ด้านกลยุทธ์การสอน.....

1.4 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี.....

.....

1.5 ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้.....

.....

1.6 ด้านการวัดและประเมินผล.....
.....

ผู้สัมภาษณ์
นายจิระวัฒน์ โต๊ะชาลี
นิสิตปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

แบบสอบถามการวิจัย
การพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทาง
การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถาม

จุดมุ่งหมาย

1. เพื่อให้ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาพิจารณาระดับการปฏิบัติ หรือระดับพฤติกรรมที่เกิดขึ้นที่ตรงกับพฤติกรรมตนเองมากที่สุด

2. แบบสอบถามฉบับนี้เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับตัวบงชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ประกอบด้วย 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 2 ตัวบงชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 6 ด้าน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ตรงหน้าข้อความที่เป็นจริงเกี่ยวกับท่าน

1. เพศ ☐ (1) ชาย ☐ (2) หญิง

2. อายุ ☐ (1) ต่ำกว่า 30 ปี ☐ (2) 30 - 39 ปี ☐ (3) 40 - 49 ปี ☐ (4) 50 ปีขึ้นไป

3. วุฒิการศึกษาสูงสุด

☐ (1) ปริญญาตรี สาขา/วิชาเอก.....

☐ (2) ปริญญาโท สาขา/วิชาเอก.....

☐ (3) ปริญญาเอก สาขา/วิชาเอก.....

4. ประสบการณในการปฏิบัติงานด้านการสอน.....ปี

ตอนที่ 2 ตัวบงชี้แนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) จำนวน 6 ด้าน

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบการส่งเสริมการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) แบงออกเป็น 6 ด้าน 50 ตัวบ่งชี้

ได้แก่

วิธีการประเมิน

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับพฤติกรรมการสอนของท่านมากที่สุด ซึ่งระดับ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นมีค่าตั้งแต่ 1 –5 ตามความหมายดังนี้

5 หมายถึง ตรงตามพฤติกรรมในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ของท่านในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง ตรงตามพฤติกรรมในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ของท่านในระดับมาก

3 หมายถึง ตรงตามพฤติกรรมในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ของท่านในระดับปลานกลาง

2 หมายถึง ตรงตามพฤติกรรมในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ของท่านในระดับน้อย

1 หมายถึง ตรงตามพฤติกรรมในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ของท่านในระดับน้อยที่สุด

ด้านที่ 1 ด้านการจัดการเรียนการสอน

ตัวบ่งชี้	**ระดับความเป็นจริง**				
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
1. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการกำหนดปัญหา การแก้ปัญหาตามขั้นตอนทางวิทยาศาสตร์					
2. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลและแก้ปัญหาจากสถานการณ์จำลอง					
3. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนดำเนินการ ออกแบบ หรือศึกษาวิธีการทำโครงงานวิทยาศาสตร์					
4. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะการทดลอง ตามขั้นตอน มีความปลอดภัย					
5. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน					
6. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปความคิดรวบยอด					
7. ข้าพเจ้าจัดกระบวนการสอนโดยใช้กระบวนการเผชิญสถานการณ์/ประสบการณ์จริง					
8. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบค้นข้อมูล เขียน สื่อความนำเสนอข้อมูล					

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
9. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนแก้โจทย์ปัญหาโดยการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปเป็นความคิดรวบยอด					
10. ข้าพเจ้าการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสรุปผลของการแก้ปัญหา และนำผลการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ อย่างสร้างสรรค์					

ด้านที่ 2 ด้านการจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
1. ข้าพเจ้าตั้งคำถามและเร้าความสนใจในการเรียน					
2. ข้าพเจ้าชี้แนะกระบวนการเรียนรู้แหล่งเรียนรู้และวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม					
3. ข้าพเจ้าจัดกระบวนการให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมายในชีวิตของตนเองได้อย่างเหมาะสม					
4. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเองเพื่อนำไปสู่การตั้งเป้าหมายในชีวิต					
5. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมส่งเสริมการยืมหนังสือ สื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสิ่งพิมพ์จากห้องสมุด หรือแหล่งเรียนรู้ไปอ่านเพิ่มเติม					
6. ข้าพเจ้าส่งเสริมการอ่านหนังสือ บทความ หรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ทุกที่เมื่อมีเวลาและโอกาส					
7. ข้าพเจ้าฝึกให้ผู้เรียนตั้งคำถาม เพื่อค้นคว้าหาความรู้					
8. ข้าพเจ้าจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงาน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง					

ด้านที่ 3 ด้านกลยุทธ์การสอน

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
1. ข้าพเจ้ามีการคิดค้นเทคนิคการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ที่แปลกใหม่					

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
2. ข้าพเจ้ามีการนำวิธีการสอนที่หลากหลายมาใช้กับกิจกรรมการสอนในเนื้อหาวิทยาศาสตร์					
3. ข้าพเจ้ามีการใช้ชุดฝึกทักษะวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้					
4. มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยเน้นทักษะการทดลองในรายวิชาที่สอน					
5. มีการใช้กระบวนการกลุ่มในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์					

ด้านที่ 4 ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
1. ข้าพเจ้าใช้สื่อการสอนช่วยให้นักเรียนเรียนเกิดเข้าใจในการเรียนง่ายขึ้น					
2. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อเพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่					
3. ข้าพเจ้ามีการผลิตสื่อนวัตกรรมเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากอ่าน					
4. ข้าพเจ้าใช้สื่อในการสอนมีความสอดคล้องและตรงกับเนื้อหาที่เรียน					
5. ข้าพเจ้าผลิตสื่อการสอนที่มีความเหมาะสมกับระดับชั้นและระดับความสามารถของผู้เรียน					
6. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อการสอนเพื่อแก้ปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน					
7. ข้าพเจ้ามีการใช้สื่อประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีความหลากหลาย					
8 ข้าพเจ้าสร้างชุดฝึกทักษะเพื่อเสริมกระบวนการเรียนวิทยาศาสตร์ตามความสนใจของผู้เรียน					
9. ข้าพเจ้ามีการเลือกสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีขนาดพอเหมาะและสะดวกต่อการใช้สอน					
10. ข้าพเจ้ามีการจัดทำเอกสาร เว็บไซด์ ประชาสัมพันธ์โรงเรียนในด้านต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่สู่ชุมชน					
11. ข้าพเจ้ามีการฝึกนำความรู้ทางเทคโนโลยีไปใช้เพื่อผลิตชิ้นงาน ประยุกต์ใช้และต่อยอดความรู้					
12. ข้าพเจ้ามีการฝึกให้ผู้เรียนใช้เทคโนโลยีเพื่อลดขั้นตอนในการทำงานเพื่อให้งานเสร็จเร็วขึ้น					
13.ข้าพเจ้ามีการจัดให้มีการกำกับ ติดตาม ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพเกี่ยวกับสื่อและการใช้สื่อการเรียนรู้เป็นระยะๆ และสม่ำเสมอ					

ด้านที่ 5 ด้านการจัดแหล่งเรียนรู้

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
1. ข้าพเจ้านำนักเรียนไปทัศนศึกษาจากแหล่งการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์					
2. ข้าพเจ้าสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน					
3. ข้าพเจ้ามีการจัดศูนย์การเรียนรู้ด้วยสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน					
4. ข้าพเจ้าจัดระบบสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ตแก่นักเรียน					
5. ข้าพเจ้ามีการประชาสัมพันธ์แหล่งการเรียนรู้ต่างๆในโรงเรียนให้กับนักเรียน					
6. ข้าพเจ้าจัดสวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริเวณโรงเรียน					
7. ข้าพเจ้ามีการจัดมุมสื่อวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อกระตุ้นการเรียนวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียน					

ด้านที่ 6 ด้านการวัดและประเมินผล

ตัวบ่งชี้	ระดับความเป็นจริง				
	5	4	3	2	1
1. ข้าพเจ้านำผลการวัดและประเมินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาพัฒนาวิธีการสอน					
2. ข้าพเจ้าให้นักเรียนประเมินผลตนเอง					
3. ข้าพเจ้าวัดและประเมินผลการเรียนเพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของนักเรียน					
4. ข้าพเจ้าเน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างผู้เรียนไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน					
5. ข้าพเจ้าเน้นการประเมินที่หลากหลาย เช่นการประเมินตนเอง การประเมินโดยเพื่อน การประเมินโดยครู การประเมินโดยผู้ปกครอง					
6. ข้าพเจ้ามีการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio)					
7. ข้าพเจ้าดำเนินการประเมินไปพร้อมกับการสอนอย่างต่อเนื่องเพื่อวัดและประเมินความก้าวหน้าข้องผู้เรียน					

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

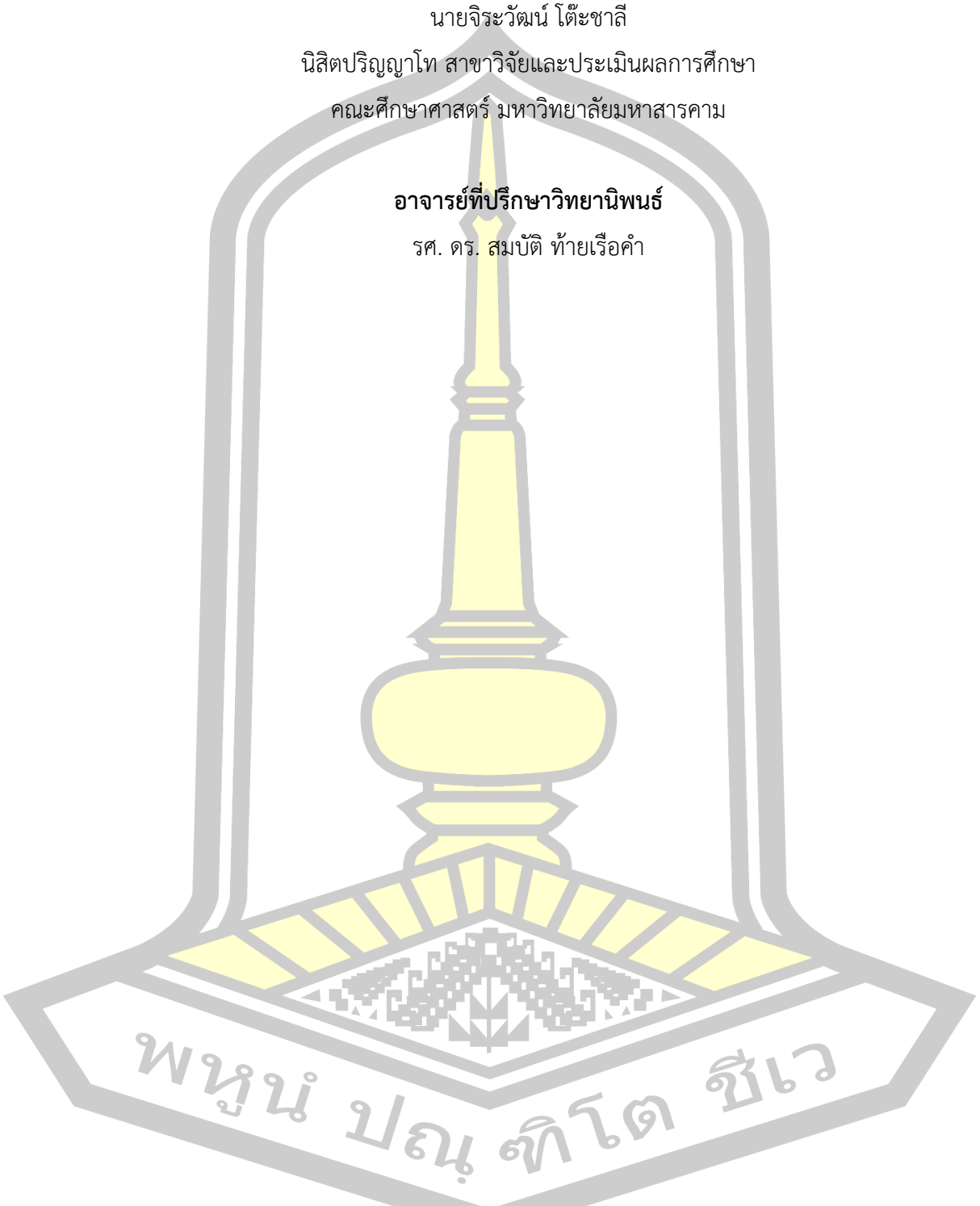
นายจิระวัฒน์ โต๊ะชาลี

นิสิตปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. สมบัติ ท้ายเรือคำ



ภาคผนวก ข

คุณภาพเครื่องมือวิจัย

ตาราง 21 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะ (IOC) ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่น ของแบบสอบถามการพัฒนาการพัฒนาแนวทางการส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

ด้านที่	ตัวบ่งชี้	IOC	สรุปผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ตัวบ่งชี้
1 ด้านการจัดการเรียนการสอน	1	1.00	สอดคล้อง	.355	1
	2	1.00	สอดคล้อง	.361	2
	3	0.67	สอดคล้อง	.575	3
	4	0.67	สอดคล้อง	.351	4
	5	1.00	สอดคล้อง	.346	5
	6	1.00	สอดคล้อง	.435	6
	7	0.67	สอดคล้อง	.548	7
	8	1.00	สอดคล้อง	.591	8
	9	1.00	สอดคล้อง	.427	9
	10	0.67	สอดคล้อง	.355	10
2. ด้านการจัดกิจกรรมการส่งเสริม	1	1.00	สอดคล้อง	.448	1
	2	1.00	สอดคล้อง	.676	2
	3	1.00	สอดคล้อง	.462	3
	4	0.67	สอดคล้อง	.536	4
	5	1.00	สอดคล้อง	.522	5
	6	1.00	สอดคล้อง	.463	6
	7	0.67	สอดคล้อง	.440	7
	8	1.00	สอดคล้อง	.592	8
3. ด้านกลยุทธ์การสอน	1	0.67	สอดคล้อง	.690	1
	2	0.67	สอดคล้อง	.769	2
	3	0.67	สอดคล้อง	.610	3
	4	1.00	สอดคล้อง	.681	4
	5	1.00	สอดคล้อง	.803	5

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ด้านที่	ตัวบ่งชี้	IOC	สรุปผล	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ตัวบ่งชี้
4. ด้านการใช้สื่อนวัตกรรมและเทคโนโลยี	1	1.00	สอดคล้อง	.559	1
	2	0.67	สอดคล้อง	.737	2
	3	1.00	สอดคล้อง	.537	3
	4	1.00	สอดคล้อง	.618	4
	5	0.67	สอดคล้อง	.713	5
	6	1.00	สอดคล้อง	.710	6
	7	1.00	สอดคล้อง	.681	7
	8	1.00	สอดคล้อง	.641	8
	9	0.67	สอดคล้อง	.604	9
	10	0.67	สอดคล้อง	.684	10
	11	0.67	สอดคล้อง	.615	11
	12	0.67	สอดคล้อง	.573	12
	13	1.00	สอดคล้อง	.644	13
5. ด้านการจัดแหล่งการเรียนรู้	1	1.00	สอดคล้อง	.634	1
	2	0.67	สอดคล้อง	.701	2
	3	0.67	สอดคล้อง	.726	3
	4	0.67	สอดคล้อง	.710	4
	5	0.67	สอดคล้อง	.781	5
	6	1.00	สอดคล้อง	.752	6
	7	1.00	สอดคล้อง	.656	7
6. ด้านการวัดและ	1	1.00	สอดคล้อง	.695	1
	2	0.67	สอดคล้อง	.570	2

ประเมินผล	3	1.00	สอดคล้อง	.690	3
	4	1.00	สอดคล้อง	.678	4
	5	0.67	สอดคล้อง	.581	5
	6	1.00	สอดคล้อง	.451	6
	7	0.67	สอดคล้อง	.533	7

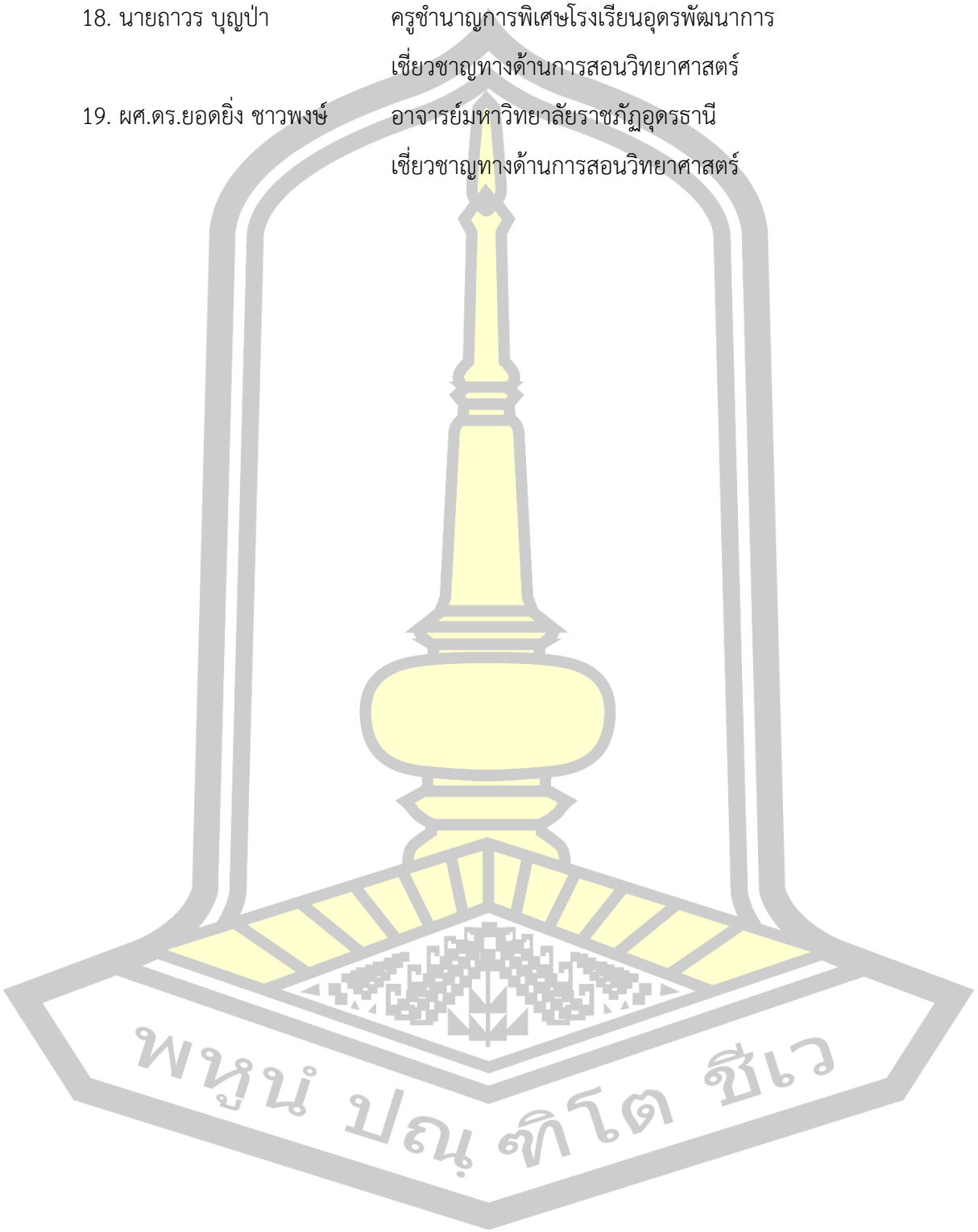
ภาคผนวก ค

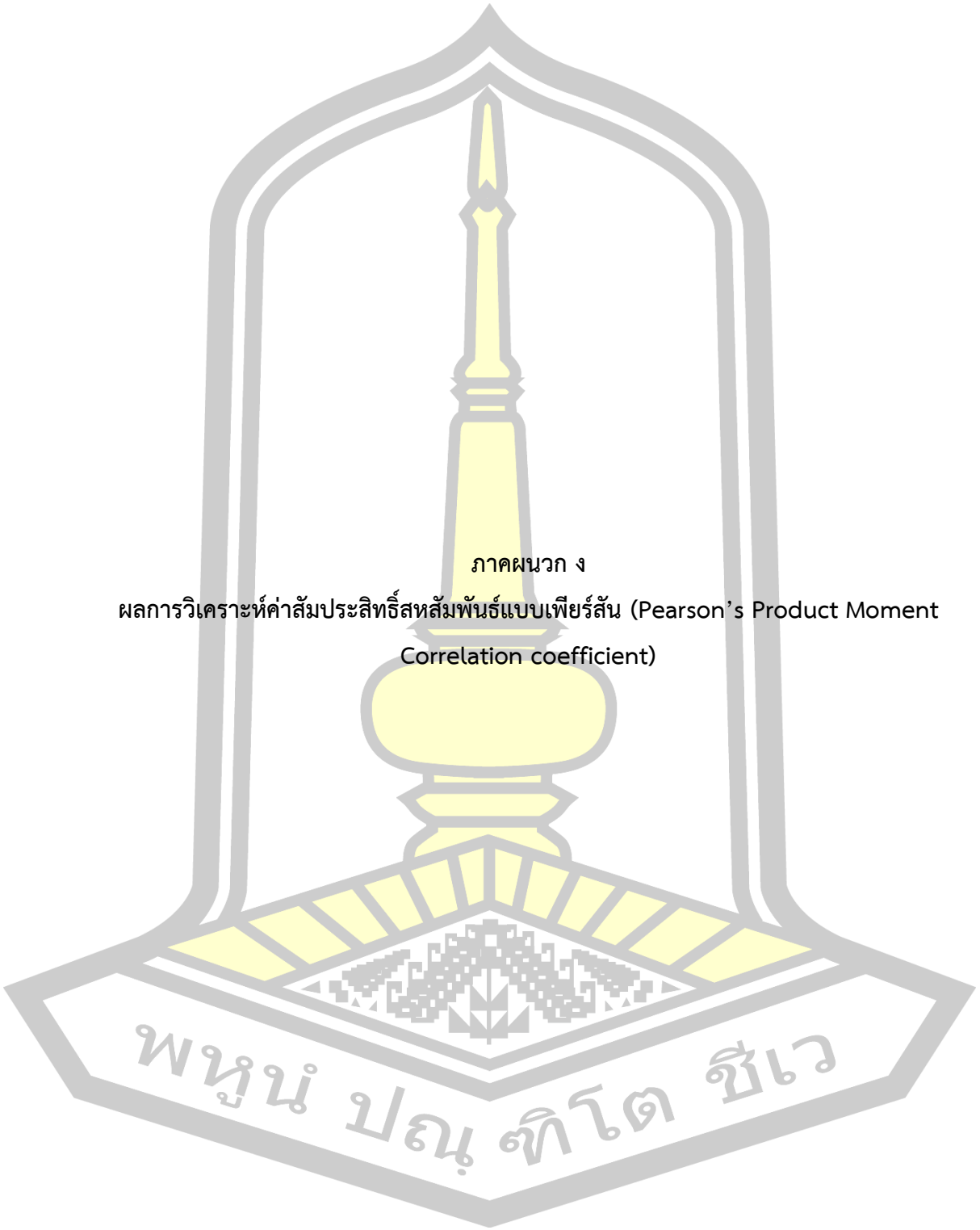
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. นางสาวธนิกานต์ ศรีต้นวงศ์	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนท่าบ่อ เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
2. นางสาวศิริพร สุริยา	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนประจักษ์ศิลปาร เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
3. นางนัฏกานต์ ดวงพร	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนอุดรพิทยานุกูล เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
4. อาจารย์กลยุทธ์ ดีจริง	อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
5. นายเอกรินทร์ อัชชะกุลวสุท	เจ้าหน้าที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์
6. ผศ.ดร.ศิริ ดวงพร	อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
7. ผศ.ดร.สุปรานี สุทธิพรหม	อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
8. นางสาวพรวิมล ระวันประโคน	ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ เชี่ยวชาญทางด้านวิจัย
9. นางวัชรีพร ชัยจักษ์	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนพรานพร้าว เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
10.นางจันทร์เพ็ญ บุญเกษม	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนภูเขียว เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
11.นายฤทธิ์ณรงค์ บุญกว้าง	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนโนนเมืองวิทยาคาร เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
12. นางภัพัท์ฑีรา ภักดี	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนศรีธาตุ จังหวัดอุดรธานี เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
13. นางอาสรา คัวอักเถิง	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
14. นางบุษบง ชัยเทพ	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนห้องสอนศึกษา

	เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
18. นายถาวร บุญป่า	ครูชำนาญการพิเศษโรงเรียนอุดรพัฒนาการ
	เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์
19. ผศ.ดร.ยอดยิ่ง ชาวพงษ์	อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
	เชี่ยวชาญทางด้านการสอนวิทยาศาสตร์





ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation coefficient)

ตาราง 22 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างตัวบ่งชี้การส่งเสริมการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามแนวทางการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1.000									
X2	0.444**	1.000								
X3	0.329**	0.443**	1.000							
X4	0.400**	-0.083**	0.281**	1.000						
X5	0.182**	0.189**	0.400**	0.364**	1.000					
X6	0.083**	0.299**	0.204**	0.093**	0.123**	1.000				
X7	0.263**	0.360**	0.261**	0.128**	0.073**	0.569**	1.000			
X8	0.110**	0.290**	0.373**	0.205**	0.295**	0.510**	0.612**	1.000		
X9	0.004**	0.058**	0.360**	0.216**	0.243**	0.407**	0.414**	0.479**	1.000	
X10	0.163**	0.220**	0.470**	0.001**	0.127**	0.150**	0.308**	0.349**	0.462**	1.000
X11	-0.036**	0.148**	0.278**	0.153**	0.345**	0.462**	0.294**	0.409**	0.264**	0.246**
X12	0.013**	0.297**	0.360**	0.155**	0.363**	0.512**	0.320**	0.393**	0.493**	0.410**
X13	0.148**	0.422**	0.487**	0.312**	0.420**	0.115**	0.371**	0.425**	0.254**	0.126**
X14	-0.050**	0.070**	0.331**	0.330**	0.202**	0.352**	0.174**	0.274**	0.528**	0.411**
X15	0.133**	0.185**	0.478**	0.512**	0.489**	0.035**	0.057**	0.139**	0.281**	0.290**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X16	0.133**	0.098**	0.242**	0.507**	0.259**	0.176**	-0.104**	-0.055**	0.176**	0.131**
X17	-0.033**	0.332**	0.169**	0.102**	0.359**	0.178**	0.199**	0.311**	0.166**	0.140**
X18	0.069**	0.228**	0.403**	0.359**	0.426**	0.240**	0.189**	0.301**	0.420**	0.399**
X19	0.431**	0.407**	0.513**	0.450**	0.232**	0.202**	0.206**	0.286**	0.339**	0.509**
X20	0.311**	0.281**	0.569**	0.330**	0.279**	0.311**	0.146**	0.186**	0.410**	0.534**
X21	0.178**	0.358**	0.487**	-0.050**	0.196**	0.230**	0.215**	0.180**	0.345**	0.442**
X22	0.125**	0.454**	0.432**	0.070**	0.289**	0.147**	0.116**	0.249**	0.338**	0.523**
X23	0.096**	0.371**	0.502**	0.073**	0.330**	0.375**	0.117**	0.297**	0.538**	0.428**
X24	0.225**	0.342**	0.365**	0.202**	0.146**	0.307**	0.328**	0.476**	0.300**	0.286**
X25	0.102**	0.017**	0.405**	0.227**	0.129**	0.150**	0.334**	0.297**	0.275**	0.301**
X26	-0.093**	-0.096**	0.229**	0.353**	-0.003**	0.116**	0.191**	0.149**	0.168**	0.049**
X27	0.110**	0.154**	0.465**	0.346**	0.064**	0.264**	0.211**	0.282**	0.354**	0.236**
X28	-0.150**	0.271**	0.312**	0.102**	0.277**	0.095**	0.215**	0.261**	0.185**	0.026**
X29	0.039**	0.102**	0.254**	0.285**	0.216**	0.267**	0.237**	0.356**	0.139**	-0.059**
X30	-0.027**	0.287**	0.294**	0.083**	0.189**	0.196**	0.265**	0.350**	0.185**	0.211**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X31	0.148**	0.245**	0.362**	0.097**	0.016**	0.226**	0.365**	0.245**	0.364**	0.286**
X32	0.243**	0.242**	0.415**	0.254**	-0.039**	0.320**	0.382**	0.418**	0.314**	0.238**
X33	0.064**	0.114**	0.320**	0.197**	0.224**	0.020**	0.190**	0.302**	0.301**	0.107**
X34	-0.145**	0.059**	0.123**	0.160**	-0.104**	0.239**	0.110**	0.271**	0.182**	-0.101**
X35	0.155**	0.253**	0.492**	0.324**	0.289**	0.311**	0.217**	0.410**	0.444**	0.419**
X36	-0.028**	0.042**	0.446**	0.062**	0.257**	0.267**	0.284**	0.291**	0.515**	0.285**
X37	-0.116**	0.171**	0.414**	0.085**	0.328**	0.143**	0.154**	0.339**	0.375**	0.438**
X38	-0.063**	0.199**	0.262**	0.08**2	0.388**	0.295**	0.178**	0.367**	0.291**	0.241**
X39	0.051**	0.138**	0.240**	0.158**	0.133**	0.247**	-0.074**	0.281**	0.379**	0.246**
X40	-0.080**	0.167**	0.268**	-0.067**	0.342**	0.128**	-0.008**	0.299**	0.141**	0.222**
X41	-0.101**	0.074**	0.353**	0.214**	0.386**	0.169**	-0.014**	0.168**	0.264**	0.267**
X42	0.011**	0.293**	0.474**	0.193**	0.398**	0.362**	0.104**	0.272**	0.393**	0.398**
X43	-0.073**	0.130**	0.291**	0.186**	0.354**	0.449**	0.207**	0.401**	0.488**	0.296**
X44	0.256**	0.346**	0.361**	0.250**	0.228**	0.363**	0.233**	0.283**	0.363**	0.112**
X45	0.105**	0.396**	0.379**	0.126**	0.100**	0.345**	0.352**	0.339**	0.304**	0.102**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X46	-0.041**	0.393**	0.358**	0.050**	0.182**	0.362**	0.378**	0.548**	0.24**8	0.148**
X47	0.039**	0.310**	0.244**	0.141**	0.251**	0.476**	0.209**	0.533**	0.459**	0.396**
X48	0.057**	0.304**	0.349**	0.081**	0.283**	0.228**	0.354**	0.437**	0.505**	0.565**
X49	-0.038**	0.213**	0.210**	-0.047**	0.231**	0.071**	0.274**	0.312**	0.230**	0.277**
X50	0.161**	0.417**	0.596**	-0.027**	0.512**	0.253**	0.254**	0.435**	0.306**	0.593**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X1										
X2										
X3										
X4										
X5										
X6										
X7										
X8										
X9										
X10										
X11	1.000									
X12	0.660**	1.000								
X13	0.303**	0.301**	1.000							
X14	0.338**	0.559**	0.323**	1.000						
X15	0.036**	0.263**	0.443**	0.421**	1.000					

ตาราง 22 (ต่อ)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X16	0.148**	0.406**	0.207**	0.411**	0.622**	1.000				
X17	0.186**	0.271**	0.230**	0.345**	0.251**	0.053**	1.000			
X18	0.251**	0.395**	0.292**	0.562**	0.639**	0.507**	0.495**	1.000		
X19	0.089**	0.402**	0.290**	0.462**	0.544**	0.330**	0.328**	0.546**	1.000	
X20	0.218**	0.500**	0.295**	0.644**	0.535**	0.469**	0.190**	0.617**	0.740**	1.000
X21	0.182**	0.367**	0.112**	0.339**	0.305**	0.141**	0.405**	0.452**	0.518**	0.612**
X22	0.193**	0.465**	0.342**	0.493**	0.574**	0.412**	0.497**	0.638**	0.586**	0.714**
X23	0.241**	0.429**	0.296**	0.545**	0.440**	0.153**	0.308**	0.500**	0.627**	0.743**
X24	0.141**	0.259**	0.366**	0.305**	0.407**	0.106**	0.273**	0.287**	0.439**	0.497**
X25	0.064**	0.179**	0.192**	0.145**	0.457**	0.163**	0.158**	0.227**	0.236**	0.372**
X26	0.020**	-0.093**	0.261**	0.235**	0.472**	0.221**	0.166**	0.223**	0.191**	0.249**
X27	0.031**	0.180**	0.295**	0.480**	0.507**	0.373**	0.139**	0.349**	0.385**	0.533**
X28	0.045**	0.098**	0.435**	0.108**	0.464**	0.104**	0.273**	0.183**	0.019**	0.119**
X29	0.097**	0.084**	0.274**	0.082**	0.276**	-0.035**	0.396**	0.036**	0.120**	0.132**
X30	0.044**	0.072**	0.392**	0.167**	0.223**	-0.099**	0.407**	0.179**	0.157**	0.279**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X31	0.072**	0.090**	0.400**	0.129**	0.258**	0.019**	0.002**	0.127**	0.099**	0.285**
X32	-0.125**	0.150**	0.258**	0.168**	0.401**	0.187**	-0.135**	0.138**	0.335**	0.387**
X33	-0.006**	-0.105**	0.433**	0.145**	0.428**	0.060**	0.193**	0.228**	0.072**	0.207**
X34	-0.049**	-0.016**	0.112**	0.032**	0.165**	0.093**	0.191**	-0.060**	0.043**	0.013**
X35	0.322**	0.356**	0.419**	0.481**	0.421**	0.239**	0.242**	0.301**	0.449**	0.534**
X36	0.284**	0.345**	0.397**	0.407**	0.369**	0.037**	0.205**	0.287**	0.179**	0.453**
X37	0.525**	0.535**	0.388**	0.541**	0.347**	0.138**	0.327**	0.460**	0.325**	0.504**
X38	0.204**	0.278**	0.236**	0.415**	0.299**	0.046**	0.571**	0.565**	0.297**	0.380**
X39	0.137**	0.267**	0.138**	0.671**	0.281**	0.295**	0.385**	0.488**	0.390**	0.509**
X40	0.278**	0.319**	0.165**	0.437**	0.276**	0.025**	0.426**	0.452**	0.265**	0.340**
X41	0.239**	0.434**	0.316**	0.694**	0.478**	0.395**	0.483**	0.560**	0.420**	0.575**
X42	0.316**	0.476**	0.270**	0.583**	0.518**	0.398**	0.429**	0.652**	0.506**	0.564**
X43	0.333**	0.534**	0.121**	0.488**	0.404**	0.338**	0.478**	0.629**	0.366**	0.552**
X44	0.061**	0.210**	0.278**	0.342**	0.421**	0.119**	0.298**	0.241**	0.428**	0.455**
X45	0.128**	0.142**	0.357**	0.449**	0.165**	0.012**	0.295**	0.318**	0.360**	0.386**

ตาราง 22(ต่อ)

	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X46	0.175**	0.275**	0.396**	0.241**	0.185**	-0.132**	0.358**	0.117**	0.253**	0.180**
X47	0.240**	0.437**	0.265**	0.469**	0.306**	0.262**	0.200**	0.492**	0.453**	0.470**
X48	0.345**	0.528**	0.331**	0.412**	0.296**	0.210**	0.445**	0.466**	0.356**	0.394**
X49	0.243**	0.267**	0.227**	0.160**	0.356**	-0.035**	0.324**	0.358**	0.269**	0.187**
X50	0.410**	0.413**	0.348**	0.252**	0.411**	0.087**	0.390**	0.416**	0.381**	0.397**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
X16										
X17										
X18										
X19										
X20										
X21	1.000									
X22	0.678**	1.000								
X23	0.704**	0.671**	1.000							
X24	0.452**	0.636**	0.477**	1.000						
X25	0.423**	0.425**	0.322**	0.516**	1.000					
X26	0.184**	0.268**	0.283**	0.390**	0.550**	1.000				
X27	0.321**	0.519**	0.450**	0.594**	0.579**	0.570**	1.000			
X28	0.278**	0.395**	0.379**	0.368**	0.606**	0.561**	0.505**	1.000		
X29	0.199**	0.208**	0.296**	0.427**	0.632**	0.483**	0.496**	0.663**	1.000	
X30	0.371**	0.390**	0.518**	0.418**	0.489**	0.456**	0.412**	0.749**	0.698**	1.000

ตาราง 22(ต่อ)

	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
X31	0.262**	0.286**	0.410**	0.329**	0.495**	0.389**	0.309**	0.549**	0.474**	0.633**
X32	0.190**	0.279**	0.325**	0.549**	0.576**	0.488**	0.691**	0.456**	0.414**	0.406**
X33	0.220**	0.309**	0.373**	0.431**	0.591**	0.608**	0.386**	0.707**	0.571**	0.584**
X34	0.109**	0.157**	0.197**	0.244**	0.553**	0.551**	0.479**	0.564**	0.688**	0.495**
X35	0.368**	0.446**	0.689**	0.393**	0.527**	0.478**	0.526**	0.510**	0.494**	0.641**
X36	0.425**	0.455**	0.589**	0.447**	0.682**	0.312**	0.450**	0.513**	0.525**	0.493**
X37	0.418**	0.513**	0.585**	0.305**	0.445**	0.150**	0.270**	0.350**	0.268**	0.442**
X38	0.367**	0.402**	0.522**	0.139**	0.283**	0.098**	0.259**	0.401**	0.350**	0.497**
X39	0.302**	0.466**	0.556**	0.314**	0.117**	0.263**	0.394**	0.095**	0.128**	0.203**
X40	0.249**	0.347**	0.450**	0.158**	0.007**	-0.078**	0.059**	0.122**	0.106**	0.136**
X41	0.267**	0.448**	0.465**	0.219**	0.245**	0.184**	0.348**	0.164**	0.212**	0.224**
X42	0.307**	0.508**	0.560**	0.338**	0.220**	0.200**	0.542**	0.206**	0.227**	0.246**
X43	0.397**	0.553**	0.509**	0.446**	0.362**	0.281**	0.546**	0.280**	0.346**	0.256**
X44	0.354**	0.463**	0.607**	0.640**	0.361**	0.467**	0.642**	0.498**	0.529**	0.463**
X45	0.297**	0.364**	0.493**	0.483**	0.055**	0.307**	0.503**	0.283**	0.231**	0.371**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X29	X30
X46	0.086**	0.283**	0.341**	0.480**	0.271**	0.293**	0.478**	0.480**	0.537**	0.527**
X47	0.187**	0.496	0.559**	0.446**	0.063**	0.163**	0.452**	0.215**	0.071**	0.310**
X48	0.279**	0.583**	0.426**	0.265**	0.386**	0.147**	0.380**	0.339**	0.212**	0.378**
X49	0.305**	0.405**	0.373**	0.273**	0.380**	0.149**	0.307**	0.379**	0.169**	0.201**
X50	0.477**	0.533**	0.555**	0.363**	0.404**	0.106**	0.359**	0.373**	0.262**	0.430**

ตาราง 22 (ต่อ)

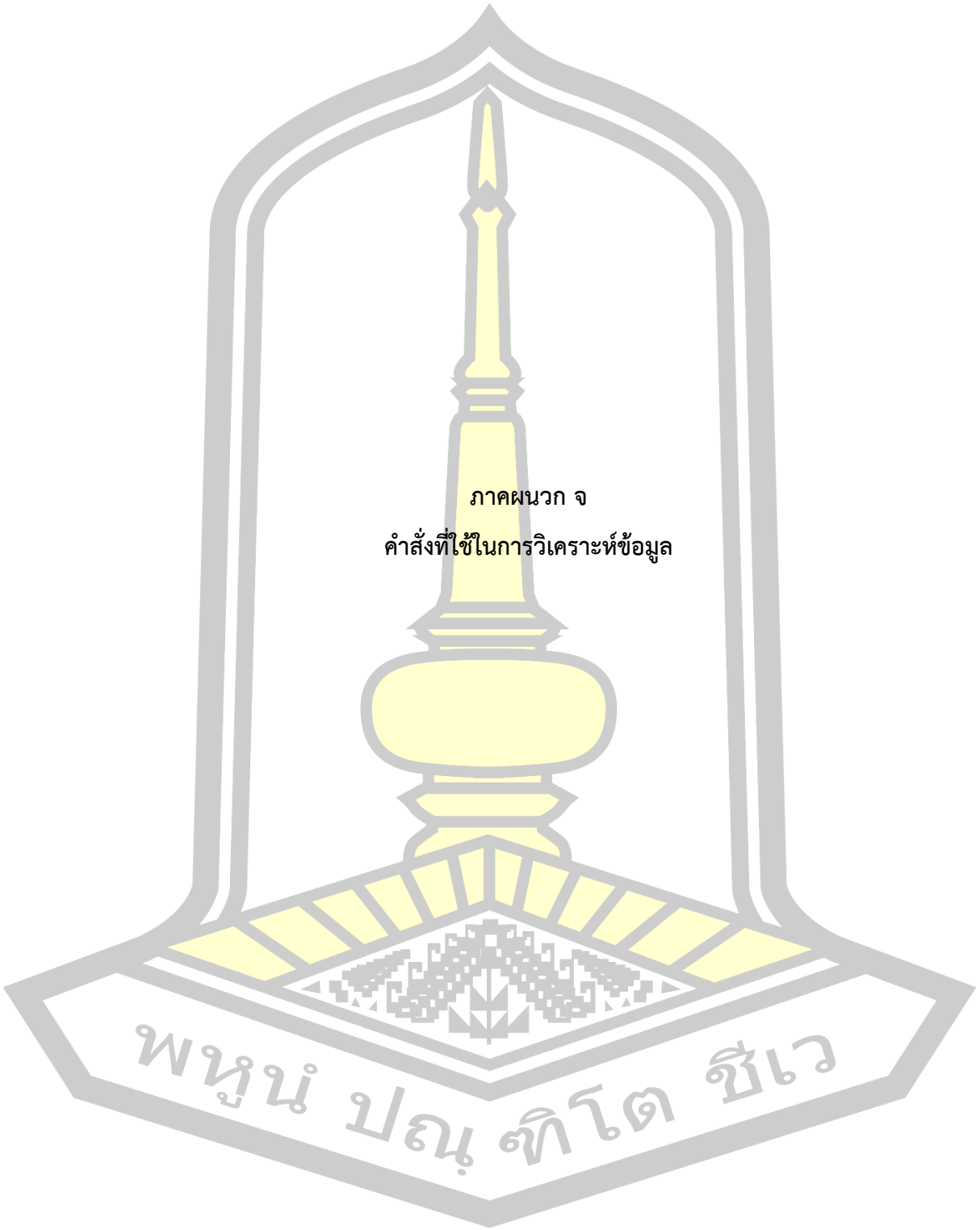
	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40
X31	1.000									
X32	0.506**	1.000								
X33	0.594**	0.335**	1.000							
X34	0.399**	0.536**	0.364**	1.000						
X35	0.464**	0.434**	0.535**	0.434**	1.000					
X36	0.654**	0.338**	0.576**	0.317**	0.530**	1.000				
X37	0.276**	0.137**	0.350**	0.140**	0.627**	0.647**	1.000			
X38	0.153**	0.036**	0.353**	0.081**	0.372**	0.448**	0.558**	1.000		
X39	0.033**	0.086**	0.375**	0.112**	0.476**	0.282**	0.412**	0.501**	1.000	
X40	-0.013**	-0.097**	0.246**	-0.190**	0.232**	0.358**	0.518**	0.543**	0.530**	1.000
X41	-0.020**	0.051**	0.268**	0.035**	0.451**	0.425**	0.629**	0.557**	0.677**	0.679**
X42	0.070**	0.275**	0.210**	0.024**	0.483**	0.374**	0.553**	0.558**	0.562**	0.525**
X43	0.042**	0.344**	0.253**	0.169**	0.372**	0.383**	0.442**	0.542**	0.506**	0.467**
X44	0.239**	0.432**	0.473**	0.237**	0.558**	0.380**	0.176**	0.314**	0.403**	0.216**
X45	0.208**	0.248**	0.296**	0.021**	0.304**	0.263**	0.200**	0.371**	0.436**	0.271**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40
X46	0.189**	0.376**	0.343**	0.277**	0.396**	0.276**	0.293**	0.458**	0.306**	0.194**
X47	0.112**	0.375**	0.149**	0.030**	0.472**	0.193**	0.308**	0.415**	0.541**	0.315**
X48	0.259**	0.235**	0.267**	0.122**	0.559**	0.482**	0.611**	0.514**	0.381**	0.326**
X49	0.139**	0.164**	0.237**	-0.008**	0.279**	0.445**	0.350**	0.468**	0.126**	0.422**
X50	0.269**	0.229**	0.281**	0.030**	0.554**	0.458**	0.550**	0.552**	0.254**	0.369**

ตาราง 22 (ต่อ)

	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47	X48	X49	X50
X41	1.000									
X42	0.733**	1.000								
X43	0.554**	0.742**	1.000							
X44	0.232**	0.445**	0.516**	1.000						
X45	0.311**	0.431**	0.303**	0.595**	1.000					
X46	0.231**	0.437**	0.388**	0.609**	0.647**	1.000				
X47	0.334**	0.630**	0.576**	0.541**	0.488**	0.537**	1.000			
X48	0.414**	0.598**	0.594**	0.357**	0.227**	0.410**	0.605**	1.000		
X49	0.252**	0.432**	0.433**	0.327**	0.198**	0.284**	0.377**	0.546**	1.000	
X50	0.392**	0.620**	0.433**	0.347**	0.252**	0.433**	0.441**	0.581**	0.604**	1.000



ภาคผนวก จ

คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

PATH ANALYSIS FOR INSTRUCTIONAL MODEL3

DA NI=28 NO=1020 MA=CM

LA

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5 Y6 Y7 Y8 Y9 Y10 Y11 Y12 Y13 Y14 Y15 Y16 Y17 Y18 Y19 Y20

Y21 Y22 Y23 Y24 Y25 Y26 Y27 Y28

KM

1.00

0.67 1.00

0.71 0.68 1.00

0.70 0.64 0.74 1.00

0.73 0.61 0.65 0.78 1.00

0.61 0.36 0.63 0.69 0.68 1.00

0.57 0.55 0.62 0.63 0.58 0.73 1.0

0.55 0.32 0.54 0.54 0.64 0.75 0.58 1.00

0.60 0.25 0.57 0.48 0.52 0.69 0.53 0.76 1.00

0.58 0.32 0.53 0.51 0.61 0.65 0.56 0.65 0.76 1.00

0.52 0.18 0.40 0.36 0.43 0.60 0.51 0.50 0.79 0.73 1.00

0.47 0.18 0.35 0.33 0.40 0.63 0.53 0.50 0.73 0.74 0.92 1.00

0.47 0.06 0.29 0.30 0.37 0.56 0.39 0.49 0.76 0.64 0.88 0.82

1.00

0.54 0.18 0.40 0.35 0.42 0.56 0.49 0.54 0.77 0.71 0.89 0.87

0.83 1.00

0.63 0.22 0.45 0.47 0.56 0.63 0.49 0.55 0.80 0.71 0.87 0.83

0.83 0.86 1.00

0.58 0.22 0.51 0.45 0.54 0.60 0.42 0.56 0.82 0.76 0.84 0.75

0.79 0.84 0.88 1.00

0.47 0.14 0.37 0.36 0.40 0.50 0.49 0.44 0.70 0.68 0.82 0.77

0.73 0.76 0.77 0.76 1.00

0.43 0.14 0.25 0.36 0.48 0.49 0.51 0.39 0.52 0.48 0.59 0.61

0.55 0.61 0.60 0.52 0.67 1.00

0.58 0.29 0.44 0.49 0.57 0.57 0.59 0.44 0.58 0.63 0.58 0.62
0.54 0.60 0.61 0.55 0.68 0.82 1.00
0.57 0.33 0.38 0.47 0.59 0.46 0.51 0.36 0.46 0.47 0.51 0.51
0.46 0.51 0.58 0.52 0.58 0.80 0.81 1.00
0.43 0.21 0.29 0.35 0.46 0.40 0.45 0.33 0.45 0.52 0.54 0.60
0.52 0.58 0.58 0.53 0.65 0.70 0.75 0.77 1.00
0.62 0.40 0.59 0.52 0.51 0.43 0.48 0.33 0.48 0.40 0.46 0.47
0.41 0.54 0.52 0.54 0.48 0.53 0.61 0.58 0.59 1.00
0.56 0.31 0.56 0.48 0.48 0.43 0.43 0.37 0.58 0.50 0.57 0.56
0.53 0.65 0.68 0.68 0.57 0.50 0.56 0.45 0.54 0.78 1.00
0.54 0.31 0.56 0.53 0.49 0.45 0.44 0.37 0.56 0.51 0.59 0.59
0.54 0.65 0.66 0.67 0.62 0.51 0.58 0.50 0.63 0.82 0.89 1.00
0.43 0.15 0.39 0.28 0.38 0.39 0.40 0.42 0.61 0.62 0.69 0.66
0.60 0.70 0.66 0.63 0.65 0.50 0.56 0.42 0.60 0.55 0.68 0.71
1.00
0.40 0.09 0.23 0.21 0.22 0.27 0.27 0.30 0.54 0.52 0.56 0.51
0.56 0.59 0.58 0.63 0.56 0.40 0.41 0.43 0.52 0.42 0.52 0.50
0.64 1.00
0.33 0.09 0.26 0.23 0.19 0.15 0.21 0.21 0.44 0.44 0.50 0.45
0.41 0.52 0.49 0.57 0.54 0.37 0.43 0.46 0.56 0.48 0.55 0.60
0.55 0.69 1.00
0.40 0.22 0.28 0.23 0.32 0.28 0.37 0.37 0.44 0.47 0.45 0.47
0.40 0.50 0.50 0.46 0.55 0.51 0.53 0.56 0.52 0.45 0.40 0.35
0.35 0.48 0.60 1.00

SD

1.12 1.23 1.03 0.95 1.04 1.18 1.01 1.15 1.02 1.01 1.10 1.08 1.02 1.11 1.08
1.081.03 1.15 1.12 1.04 1.03 1.13 1.12 1.19 1.18 1.08 0.97 0.97

MO NY=28 NE=5 NK=1 c

LY=FU,FI TE=FU,FI GA=FU,FI

FR LY(2,1) LY(3,1) LY(4,1) LY(5,1)

FR LY(6,1) LY(7,1) LY(8,1) LY(9,1)

FR LY(10,1) LY(12,2) LY(13,2) LY(14,2) LY(15,2)FR LY(16,2) LY(17,2)

FR LY(19,3) LY(20,3) LY(21,3) LY(22,3) LY(24,4)

FR LY(25,4) LY(27,5) LY(28,5)

FR GA(1,1) GA(2,1) GA(3,1) GA(4,1) GA(5,1)

ST 1 LY(1,1) LY(11,2) LY(18,3) LY(23,4) LY(26,5)

FR TE(1,1) TE(2,2) TE(3,3) TE(4,4) TE(5,5) TE(6,6) TE(7,7) TE(8,8)

FR TE(9,9) TE(10,10) TE(11,11) TE(12,12) TE(13,13) TE(14,14) TE(15,15) TE(16,16)

FR TE(17,17) TE(18,18) TE(19,19) TE(20,20) TE(21,21) TE(22,22) TE(23,23) TE(24,24)

FR TE(25,25) TE(26,26) TE(27,27) TE(28,28)

VA=.202 TE(3,2)

VA= .218 TE(5,4)

VA=.054 TE(12,11)

VA=.380 TE(2,1)

VA=.301 TE(24,23)

VA=.221 TE(7,2)

VA= .093 TE(16,7)

VA=.135 TE(4,3)

VA=-.086 TE(16,12)

VA= .135 TE(7,6)

VA=.182 TE(26,25)

VA= -.068 TE(13,11)

VA= .125 TE(22,3)

VA=-.071 TE(27,13)

VA=-.057 TE(12,1)

VA=.027 TE(27,4)

VA= .397 TE(24,22)

VA=.446 TE(23,22)

VA=.143 TE(9,8)

VA=-.079 TE(20,10)

VA=-.223 TE(9,5)

VA= .155 TE(8,6)

VA=-.125 TE(9,7)

VA=-.134 TE(9,4)

VA=.068 TE(12,6)

VA=.082 TE(6,4)

VA=.079 TE(13,11)

VA=.103 TE(27,24)

VA=.066 TE(12,10)

VA=-.183 TE(28,26)

VA=-.109 TE(25,20)

VA=.116 TE(27,25)

VA= -.017 TE(25,15)

VA=-.052 TE(7,5)

VA=.220 TE(4,2)

VA=.207 TE(5,2)

VA=.071 TE(25,11)

VA=.044 TE(17,11)

VA=.318 TE(3,2)

VA= .046 TE(24,4)

VA=.105 TE(28,8)

VA=-.077 TE(27,6)

VA= .107 TE(28,17)

VA= -.082 TE(28,24)

VA= .083 TE(15,5)

VA= -.085 TE(22,17)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA= .072 TE(19,18)

VA= .096 TE(24,21)

VA=-.074 TE(26,19)

VA=-.048 TE(21,11)

VA=-.069 TE(22,15)

VA=.020 TE(22,16)

VA= .083 TE(15,4)

VA= -.017 TE(25,16)

VA=.145 TE(25,22)

VA= .107 TE(27,21)

VA= -.068 TE(28,16)

VA=-.061 TE(15,7)

VA=.459 TE(24,22)

VA=-.050 TE(20,9)

VA=.037 TE(11,2)

VA=.043 TE(16,5)

VA=.130 TE(22,1)

VA= .124 TE(3,1)

VA=-.078 TE(18,10)

VA=-.081 TE(25,16)

VA=-.054 TE(13,3)

VA= .061 TE(28,20)

VA= .063 TE(19,1)

VA= -.116 TE(26,5)

VA=.100 TE(25,8)

VA= .054 TE(19,3)

VA= -.079 TE(27,5)

VA=-.038 TE(12,5)

VA= .052 TE(14,8)

VA= .212 TE(8,6)

VA=-.067 TE(13,2)

พฤนุ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=-.083 TE(13,7)

VA=.022 TE(14,11)

VA=.065 TE(22,9)

VA=-.049 TE(25,4)

VA= -.031 TE(27,12)

VA= -.080 TE(9,2)

VA= .032 TE(13,9)

VA=.066 TE(26,21)

VA=.030 TE(15,1)

VA=.047 TE(25,21)

VA=.038 TE(7,4)

VA=-.030 TE(20,14)

VA=-.062 TE(18,2)

VA=.040 TE(18,14)

VA=.047 TE(8,7)

VA=.005 TE(21,1)

VA= -.034 TE(15,12)

VA=.047 TE(20,1)

VA=.096 TE(16,10)

VA= -.060 TE(9,6)

VA= .075 TE(16,3)

VA= .062 TE(6,3)

VA=.057 TE(7,3)

VA=-.046 TE(21,9)

VA= -.015 TE(18,16)

VA=-.110 TE(9,1)

VA=-.091 TE(10,1)

VA=-.040 TE(12,3)

VA=.070 TE(16,9)

VA=.050 TE(11,9)

VA=.052 TE(11,10)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=-.025 TE(24,9)

VA=.065 TE(25,10)

VA=.032 TE(20,5)

VA=.054 TE(28,22)

VA=-.035 TE(13,1)

VA=-.029 TE(20,12)

VA=.044 TE(19,17)

VA=.029 TE(11,6)

VA= .049 TE(8,5)

VA=.008 TE(11,2)

VA= .082 TE(9,8)

VA=-.043 TE(28,13)

VA=-.062 TE(28,25)

VA=-.041 TE(18,3)

VA=.069 TE(17,11)

VA= .033 TE(15,6)

VA=-.045 TE(23,20)

VA=.010 TE(26,23)

VA=-.052 TE(26,12)

VA=.068 TE(12,11)

VA=-.029 TE(14,7)

VA=.071 TE(26,1)

VA=.035 TE(19,6)

VA=-.029 TE(12,4)

VA=-.023 TE(19,11)

VA=.050 TE(20,18)

VA=.070 TE(24,3)

VA=.049 TE(27,23)

VA=.038 TE(22,7)

VA=.069 TE(23,3)

VA=.058 TE(4,1)

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

VA=-.040 TE(27,2)

VA=-.042 TE(26,3)

VA=.038 TE(27,17)

VA=.040 TE(22,6)

VA=-.066 TE(25,6)

VA=.033 TE(8,3)

VA=-.033 TE(26,6)

VA=-.028 TE(24,20)

VA=-.054 TE(27,7)

VA=.033 TE(16,4)

VA=.266 TE(4,2)

VA=-.034 TE(20,8)

VA=-.017 TE(24,15)

VA=.032 TE(23,1)

VA= -.029 TE(28,4)

VA=.018 TE(28,18)

VA=.027 TE(16,6)

VA=.040 TE(25,14)

VA=.157 TE(22,3)

VA= .040 TE(14,11)

VA=-.050 TE(19,8)

VA=.043 TE(19,10)

VA=-.043 TE(23,17)

VA= .021 TE(14,13)

VA=.044 TE(21,17)

VA=.061 TE(18,17)

VA= -.026 TE(18,4)

VA=.023 TE(17,4)

VA=-.045 TE(28,6)

VA=-.110 TE(27,6)

VA=.005 TE(28,7)

พจน์ ปณฺฑิโต ชีเว

VA=-.027 TE(28,9)

VA=.031 TE(27,20)

VA=.026 TE(18,6)

VA=.031 TE(22,2)

VA=.058 TE(24,4)

VA=.384 TE(10,10)

VA=.035 TE(19,5)

VA=.048 TE(27,22)

VA=-.100 TE(13,2)

VA=-.066 TE(18,3)

VA=.013 TE(27,11)

VA=.034 TE(19,4)

VA=-.030 TE(25,2)

VA=.026 TE(21,20)

VA=.024 TE(13,6)

VA= -.025 TE(10,6)

VA=.048 TE(15,1)

VA=-.064 TE(7,5)

VA=-.064 TE(23,20)

VA=.019 TE(27,16)

VA= -.091 TE(18,2)

VA=.012 TE(20,19)

VA=.090 TE(20,18)

VA=-.102 TE(9,2)

VA= .054 TE(22,7)

VA=-.014 TE(19,15)

VA=-.039 TE(10,5)

VA=.036 TE(28,2)

VA=-.025 TE(21,8)

VA=.019 TE(20,17)

VA=.015 TE(18,11)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=-.016 TE(17,1)

VA=.035 TE(27,26)

VA=-.019 TE(21,3)

VA=-.039 TE(10,4)

VA=.107 TE(28,17)

VA=-.083 TE(10,9)

VA=-.084 TE(9,2)

VA=-.025 TE(26,4)

VA= -.034 TE(14,7)

VA= -.013 TE(10,3)

VA=.038 TE(17,4)

VA=-.014 TE(15,3)

VA=.023 TE(14,9)

VA=-.061 TE(26,3)

VA=-.087 TE (10,7)

VA=-.024 TE (7,1)

VA=-.162 TE (9,7)

VA=.013 TE (5,3)

VA=.083 TE (6,3)

VA=-.022 TE (13,4)

VA=.340 TE (3,2)

VA=.008 TE (22,14)

VA=-.018 TE (25,13)

VA=-.006 TE (17,12)

VA=.044 TE (21,20)

VA=.094 TE (6,4)

VA=-.013 TE (19,12)

VA=-.121 TE (16,7)

VA=-.024 TE (13,5)

VA=.038 TE (17,10)

VA=.023 TE (14,10)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=.015 TE (5,1)

VA=-.012 TE (11,1)

VA=.045 TE (20,2)

VA=-.152 TE (9,4)

VA=.084 TE (20,5)

VA=.035 TE (20,4)

VA=-.022 TE (14,5)

VA=.020 TE (21,5)

VA=.076 TE (24,3)

VA=-.012 TE (19,16)

VA=-.076 TE(7,5)

VA=.050 TE(13,9)

VA=.085 TE(23,3)

VA=.020 TE(6,5)

VA=-.045 TE(15,12)

VA=.009 TE(22,12)

VA=-.011 TE(18,1)

VA=.009 TE(19,9)

VA=-.027 TE(19,15)

VA=-.076 TE(28,25)

VA=.019 TE(18,13)

VA=.054 TE(20,19)

VA=-.019 TE(28,5)

VA=.099 TE(19,18)

VA=-.047 TE(12,5)

VA= -.112 TE(18,2)

VA=.045 TE(27,20)

VA=.073 TE(25,8)

VA=-.010 TE(17,14)

VA=.120 TE(6,4)

VA=.009 TE(20,3)

VA=.257 TE(5,2)

VA=-.071 TE(9,6)

VA=.022 TE(8,4)

VA=-.010 TE (15,14)

VA=.045 TE (5,1)

VA=-.065 TE (13,3)

VA=.032 TE (5,3)

VA= -.047 TE (10,6)

VA= .048 TE (15,6)

VA=-.102 TE (9,2)

VA= -.014 TE (27,15)

VA=0.12 TE(4,1)

VA=.320 TE(4,2)

VA=.165 TE(4,3)

VA=-.083 TE(18,3)

VA=-.133 TE(9,4)

VA=.132 TE(20,18)

VA=.013 TE(17,9)

VA=.067 TE(20,1)

VA=.058 TE(7,4)

VA=-.131 TE(9,1)

VA=-.040 TE(12,4)

VA=.025 TE(18,5)

VA=-.106 TE(27,5)

VA=.176 TE(22,3)

VA=.058 TE(24,4)

VA=.001 TE(27,4)

VA=-.018 TE(27,18)

VA=-.025 TE(9,3)

VA=-.142 TE(9,4)

VA=.109 TE(24,3)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=-.123 TE(9,2)

VA=-.009 TE(20,13)

VA=.017 TE(20,15)

VA=.064 TE(21,20)

VA=-.029 TE(18,16)

VA=-.011 TE(21,16)

VA=-.060 TE(20,8)

VA=.020 TE(25,3)

VA=.144 TE(23,3)

VA=-.008 TE(22,11)

VA=-.014 TE(24,10)

VA=-.054 TE(12,5)

VA=-.049 TE(26,6)

VA=.017 TE(23,16)

VA=-.012 TE(20,11)

VA=.136 TE(6,4)

VA=-.032 TE(21,3)

VA=.195 TE(22,3)

VA=-.012 TE(14,3)

VA=.065 TE(5,1)

VA=.134 TE(3,1)

VA=.125 TE(23,3)

VA=.204 TE(26,25)

VA=-.105 TE(10,9)

VA=-.037 TE(26,18)

VA=-.042 TE(20,12)

VA=.013 TE(25,12)

VA=.039 TE(8,4)

VA=.065 TE(8,7)

VA=-.025 TE(27,15)

VA=.036 TE(11,6)

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

VA=.239 TE(24,23)

VA=-.151 TE(9,1)

VA= -.035 TE(19,16)

VA=.015 TE(23,14)

VA=.018 TE(23,4)

VA=-.041 TE(19,15)

VA= -.090 TE(9,6)

VA=.037 TE(14,8)

VA=-.061 TE(10,6)

VA=-.040 TE(18,1)

VA=.013 TE(23,15)

VA=.037 TE(18,14)

VA=-.010 TE(18,15)

VA=.019 TE(19,7)

VA=.053 TE(28,18)

VA=-.044 TE(18,16)

VA=.078 TE(18,17)

VA=-.138 TE(18,2)

VA= .073 TE(15,4)

VA=-.011 TE(24,7)

VA=.071 TE(19,6)

VA=.036 TE(28,19)

VA= .033 TE(14,10)

VA=-.017 TE(19,8)

VA=.081 TE(21,20)

VA=.053 TE(19,7)

VA=-.017 TE(19,13)

VA=.054 TE(19,10)

VA=-.016 TE(19,14)

VA=.062 TE(19,17)

VA=-.010 TE(14,4)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=-.046 TE(19,16)

VA=.006 TE(21,12)

VA=-.057 TE(10,5)

VA=-.061 TE(21,9)

VA=-.036 TE(25,5)

VA=.008 TE(24,16)

VA= -.086 TE(25,4)

VA= .418 TE(23,22)

VA=-.084 TE(23,20)

VA= .030 TE(28,21)

VA=-.049 TE(28,16)

VA=.052 TE(20,4)

VA=.097 TE(20,5)

VA=-.012 TE(24,17)

VA=-.048 TE(25,2)

VA=-.019 TE(6,1)

VA=-.013 TE(21,1)

VA=.087 TE(7,3)

VA=.072 TE(7,4)

VA=.005 TE(11,3)

VA=.074 TE(20,19)

VA=-.003 TE(11,1)

VA=.010 TE(15,11)

VA=.041 TE(26,10)

VA=-.009 TE(26,15)

VA=-.058 TE(22,10)

VA=.025 TE(26,16)

VA= -.015 TE(21,15)

VA= -.012 TE(27,9)

VA=.119 TE(24,3)

VA=-.059 TE(24,10)

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

VA=.064 TE(16,3)

VA=-.043 TE(23,10)

VA=-.032 TE(21,11)

VA=.065 TE(17,10)

VA=-.014 TE(26,24)

VA=.062 TE(21,17)

VA=.095 TE(27,23)

VA= .060 TE(11,10)

VA=-.060 TE(25,16)

VA=-.109 TE(18,3)

VA=.049 TE(8,3)

VA= .012 TE(16,8)

VA=.020 TE(25,17)

VA=-.018 TE(25,18)

VA=-.067 TE(20,10)

VA=.145 TE(27,24)

VA=.097 TE(27,22)

VA=.023 TE(10,2)

VA=-.034 TE(27,15)

VA=-.014 TE(18,9)

VA= .029 TE(27,16)

VA=.018 TE(18,7)

VA=.026 TE(26,17)

VA=.028 TE(16,4)

VA=-.130 TE(10,9)

VA=.011 TE(15,9)

VA=.018 TE(15,10)

VA=.043 TE(14,10)

VA=.360 TE(3,2)

VA=.042 TE(5,3)

VA=-.071 TE(22,10)

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

VA=-.101 TE(16,12)

VA=.088 TE(24,4)

VA=-.011 TE(23,6)

VA=-.024 TE(17,12)

VA=.047 TE(14,11)

VA=-.053 TE(27,13)

VA=-.020 TE(28,11)

VA=.033 TE(22,4)

VA=-.039 TE(27,18)

VA=.041 TE(23,4)

VA=-.010 TE(11,8)

VA=.056 TE(17,11)

VA=-.017 TE(27,19)

VA=.021 TE(28,10)

VA=.082 TE(16,10)

VA=-.015 TE(20,13)

VA=.007 TE(20,15)

VA=.009 TE(22,16)

VA=.047 TE(19,5)

VA=.041 TE(19,3)

VA=.009 TE(24,14)

VA=-.013 TE(27,8)

VA=.046 TE(28,21)

VA=-.023 TE(13,1)

VA=-.001 TE(20,3)

VA=.007 TE(15,13)

VA=-.003 TE(12,8)

VA=.007 TE(23,12)

VA=-.013 TE(17,2)

VA=.031 TE(23,2)

VA=-.044 TE(23,12)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=.013 TE(28,1)

VA=-.050 TE(23,11)

VA=-.052 TE(23,10)

VA=.391 TE(23,22)

VA=-.041 TE(23,13)

VA=-.041 TE(24,11)

VA=.017 TE(25,24)

VA=.077 TE(12,6)

VA=-.030 TE(24,12)

VA=-.035 TE(24,13)

VA=.017 TE(22,14)

VA=-.021 TE(21,16)

VA=.064 TE(22,7)

VA=-.046 TE(22,11)

VA=-.034 TE(22,13)

VA=-.020 TE(22,12)

VA=.020 TE(22,8)

VA=-.009 TE(11,7)

VA=.019 TE(23,2)

VA=-.014 TE(16,2)

VA=-.094 TE(13,7)

VA=-.015 TE(14,2)

VA=.056 TE(15,1)

VA=-.015 TE(17,15)

VA=.067 TE(25,21)

VA=-.013 TE(18,8)

VA=.051 TE(27,17)

VA=-.006 TE(16,14)

VA=.013 TE(26,13)

VA=.156 TE(24,3)

VA=-.017 TE(25,1)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=.143 TE(20,18)

VA=.047 TE(22,9)

VA=.153 TE(23,3)

VA=-.018 TE(14,4)

VA=.040 TE(25,3)

VA=.219 TE(22,3)

VA=-.017 TE(11,5)

VA= .010 TE(26,9)

VA=.010 TE(14,12)

VA=-.121 TE(27,6)

VA=.047 TE(25,14)

VA=-.011 TE(28,23)

VA=-.040 TE(14,5)

VA=-.071 TE(12,5)

VA=-.038 TE(13,5)

VA=-.011 TE(17,5)

VA=.031 TE(16,8)

VA=.012 TE(15,8)

VA=.069 TE(8,5)

VA=.027 TE(22,14)

VA=-.011 TE(21,6)

VA=.013 TE(10,8)

VA=-.028 TE(14,4)

VA= -.046 TE(12,4)

VA=-.054 TE(19,16)

VA=-.031 TE(21,16)

VA=-.030 TE(19,11)

VA=-.075 TE(21,9)

VA=-.003 TE(19,8)

VA= -.050 TE(19,15)

VA=-.046 TE(21,3)

VA=.060 TE(28,21)

VA=-.083 TE(22,10)

VA=.010 TE(27,10)

VA=-.020 TE(10,3)

VA=-.011 TE(23,9)

VA=.012 TE(21,12)

VA=.072 TE(12,10)

VA= -.037 TE(21,16)

VA=.007 TE(16,1)

VA=.010 TE(23,21)

VA=-.036 TE(24,20)

VA=.018 TE(17,9)

VA=.014 TE(11,2)

VA=-.029 TE(17,14)

VA=.023 TE(26,23)

VA=-.008 TE(24,6)

VA=.024 TE(23,16)

VA=-.016 TE(15,14)

VA=-.051 TE(22,11)

VA=-.038 TE(28,16)

VA=.019 TE(28,7)

VA=.038 TE(27,16)

VA=-.036 TE(7,1)

VA=.109 TE(6,3)

VA=.103 TE(7,3)

VA=.184 TE(4,3)

VA=.055 TE(5,3)

VA=.081 TE(8,3)

VA= -.006 TE(16,13)

VA=-.012 TE(16,14)

VA=.016 TE(8,2)

พุทธ ปณ ฑิโต ชีเว

VA=.005 TE(18,12)

VA=-.161 TE(9,1)

VA= -.140 TE(10,9)

VA=.282 TE(5,2)

VA=.008 TE(12,7)

VA=.036 TE(16,6)

VA=.086 TE(20,1)

VA=-.016 TE(11,8)

VA=-.024 TE(26,7)

VA=-.064 TE(7,5)

VA=.061 TE(20,2)

VA=.105 TE(20,5)

VA=.077 TE(5,1)

VA=-.036 TE(6,1)

VA=-.019 TE(26,2)

VA=.064 TE(15,4)

VA= -.072 TE(25,4)

VA=-.038 TE(13,4)

VA=-.118 TE(13,2)

VA=-.073 TE(13,3)

VA=-.046 TE(7,1)

VA=-.052 TE(13,5)

VA=.056 TE(13,9)

VA=.018 TE(15,9)

VA=.075 TE(15,5)

VA=-.135 TE(9,2)

VA=-.071 TE(10,6)

VA=.064 TE(5,3)

VA=.057 TE(8,4)

VA=-.134 TE(9,4)

VA=-.050 TE(26,18)

พุทธ ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=.040 TE(11,6)

VA=.035 TE(26,16)

VA=.288 TE(5,2)

VA=.009 TE(22,5)

VA=-.041 TE(26,4)

VA=-.076 TE(26,6)

VA=.017 TE(21,12)

VA=.055 TE(26,1)

VA=-.056 TE(14,5)

VA=.068 TE(15,5)

VA=.032 TE(14,9)

VA=-.055 TE(20,9)

VA=-.039 TE(14,4)

VA=-.026 TE(14,2)

VA=.052 TE(22,2)

VA=.049 TE(22,4)

VA=-.051 TE(10,5)

VA=.021 TE(22,5)

VA=-.004 TE(27,4)

VA= -.130 TE(27,6)

VA= .004 TE(11,1)

VA=.013 TE(24,16)

VA=.008 TE(24,2)

VA=-.025 TE(22,12)

VA=-.053 TE(25,16)

VA=.069 TE(19,1)

VA=-.112 TE(10,1)

VA=-.060 TE(19,16)

VA=-.026 TE(25,18)

VA=.085 TE(18,17)

VA=-.045 TE(6,1)

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

VA=.026 TE(6,5)

VA=.068 TE(19,7)

VA=.083 TE(19,6)

VA=.008 TE(19,8)

VA=-.035 TE(19,11)

VA= -.050 TE(18,1)

VA=-.032 TE(10,4)

VA=.061 TE(15,1)

VA=.155 TE(22,1)

VA=-.058 TE(22,15)

VA= -.009 TE(24,8)

VA=.072 TE(22,2)

VA=.234 TE(22,3)

VA=.066 TE(22,4)

VA=.038 TE(22,5)

VA=.054 TE(22,6)

VA=.040 TE(19,4)

VA=-.014 TE(17,5)

VA=-.168 TE(9,7)

VA= -.005 TE(17,3)

VA=-.010 TE(27,1)

VA=.010 TE(17,7)

VA=-.006 TE(23,8)

VA=-.023 TE(27,8)

VA=.085 TE(7,4)

VA=-.057 TE(7,5)

VA=.128 TE(7,6)

VA=-.004 TE(11,4)

VA=.144 TE(6,4)

VA=-.021 TE(11,5)

VA=.022 TE(17,4)

พหุน ปณฑิโต ชีเว

VA=.237 TE(7,2)

VA=.013 TE(16,1)

VA=-.027 TE(17,2)

VA=-.027 TE(17,5)

VA=.112 TE(20,5)

VA=.057 TE(20,4)

VA=-.042 TE(25,5)

LK

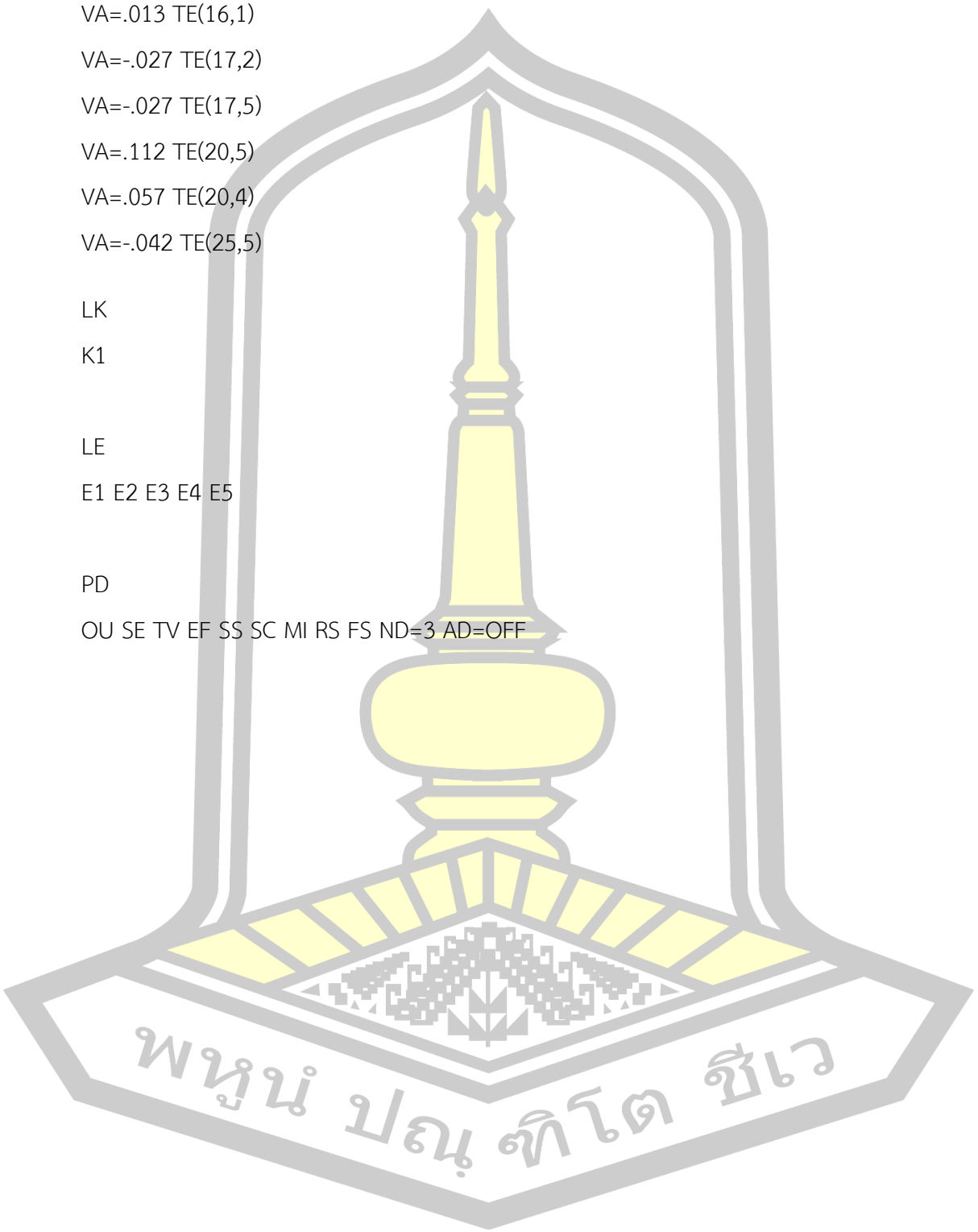
K1

LE

E1 E2 E3 E4 E5

PD

OU SE TV EF SS SC MI RS FS ND=3 AD=OFF



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายจิระวัฒน์ โต๊ะชาลี
วันเกิด	วันที่ 8 มิถุนายน พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 32 หมู่ 13 ตำบลหนองเรือ อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู รหัสไปรษณีย์ 39140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู คศ.2
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนโนนเมืองวิทยาคาร ตำบลโนนเมือง อำเภอโนนสัง จังหวัดหนองบัวลำภู รหัสไปรษณีย์ 39140
ประวัติการศึกษา	พศ. 2540 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเหล่าคามพิทยาคม รัชมังคลาภิเษก ตำบลน้ำจั้น อำเภอเซกา จังหวัดหนองคาย พศ. 2543 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเหล่าคามพิทยาคม รัชมังคลาภิเษกตำบลน้ำจั้น อำเภอเซกา จังหวัดหนองคาย พศ. 2547 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.บ.) วิชาเอกฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ตำบลหมากแข้ง อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี พศ. 2561 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว