

การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์
โมเดลพระดั่งจำแนกข้ามกลุ่ม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of measurement instrument, casual model, and guidelines for STEM
teacher preparation: cross-classified multilevel models analysis



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Educational Research Methodology

Department of Educational Research and Psychology

FACULTY OF EDUCATION

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม
โดย	นายกรวุฒิ แพนพรหม
สาขาวิชา	วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวานิช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณี แกมเกตุ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล)

กรวดี แผนพรหม : การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน : การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม. (Development of measurement instrument, casual model, and guidelines for STEM teacher preparation: cross-classified multilevel models analysis) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.ดวงมล ไตรวิจิตรคุณ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร.กนิษฐ์ ศรีเคลือบ

การส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูผู้สอนที่ดีเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของนิสิตนักศึกษาครูให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งควรมีแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปปฏิบัติได้ การได้มาซึ่งแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนที่ดี สถาบันผลิตครูหรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรมีข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะครูผู้สอนตามกรอบ TPACK เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูผู้สอน 2) พัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูผู้สอน 3) วิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูผู้สอน สภาพการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 4) พัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูผู้สอน มีการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ระยะที่ 1 เป็นการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูผู้สอนตามกรอบ TPACK-STEM เก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาครู ชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 310 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือวัดด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน และความตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยโปรแกรม SPSS, Mplus และ R ระยะที่ 2 เป็นการศึกษาสภาพสมรรถนะครูผู้สอนของนิสิตนักศึกษาครู สภาพการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูผู้สอน เก็บรวบรวมข้อมูลพหุระดับจากนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีจำนวน 537 คน ระดับหลักสูตรจากอาจารย์ในคณะสาขาของนิสิตนักศึกษาครูจำนวน 401 คนจาก 37 มหาวิทยาลัย และระดับโรงเรียนจากครูที่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูจำนวน 486 คนจาก 124 โรงเรียน เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ ด้วยค่าสถิติบรรยาย สถิติทดสอบที และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูผู้สอน ด้วยโปรแกรม Mplus และระยะที่ 3 เป็นการวิเคราะห์และสังเคราะห์ผลการวิจัยในระยะที่ 2 มาใช้พัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยพบว่า

1. เครื่องมือวัดสมรรถนะครูผู้สอนที่สร้างขึ้นตามโมเดลการวัดสมรรถนะครูผู้สอนแบบพหุมิติ (multidimensional) มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานทั้งความเที่ยง (Cronbach's alpha = .938 - .953; Omega = .939 - .954) ความตรงเชิงเนื้อหา (IOC = 0.67-1.00) และความตรงเชิงโครงสร้าง (χ^2 (93, N=310) = 97.950, $p = .343$, CFI = .999, TLI = .998, SRMR = .019, RMSEA = .013)

2. โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูผู้สอนมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (PPP = 446, $df = 33$) โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูผู้สอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับนิสิตนักศึกษาครู คือ ทักษะการคิด (B=0.486) และเจตคติต่อตนเอง (B=0.268) ระดับโรงเรียน คือ การสนับสนุนของโรงเรียน (B=0.319) ระดับหลักสูตรคือ บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ในคณะ (B=0.308) และตัวแปรการสนับสนุนของโรงเรียนยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูผู้สอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่งผ่านตัวแปร ทักษะการคิด (B=0.128)

3. ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาที่มีสมรรถนะครูผู้สอนอยู่ในระดับปานกลาง มีทักษะการคิดและเจตคติต่อตนเองในระดับมาก หลักสูตรทุกหลักสูตรมีการส่งเสริมผู้สอนในระดับมาก อาจารย์ในคณะทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาผู้สอนแก่นิสิตนักศึกษาครูในระดับมาก โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต่าง ๆ มีการสนับสนุนผู้สอนในระดับมาก และครูที่เลี้ยงทุกหมวดวิชามีบทบาทการให้คำปรึกษาผู้สอนแก่นิสิตนักศึกษาครูอยู่ในระดับมาก

4. ในการเตรียมความพร้อมครูผู้สอน หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรร่วมกันดำเนินการพัฒนาสมรรถนะครูผู้สอนตามแนวคิดและแนวทางปฏิบัติการพัฒนาสมรรถนะครูผู้สอน 7 แนวคิด โดยต้องจัดการเรียนการสอนให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะที่ถูกต้องเกี่ยวกับประเด็นทุกด้าน แต่เน้นด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมเป็นพิเศษ พัฒนาทักษะการคิด และสร้างเจตคติที่ดีต่อตนเองให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู นอกจากนี้ต้องพัฒนาการส่งเสริมและสนับสนุนผู้สอนของหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูทั้งด้านการบริหารจัดการ วิชาการ บุคลากร งบประมาณ สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีอย่างครบถ้วน โดยเน้นการพัฒนาห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และเทคโนโลยีให้ทันสมัยต่อการจัดการเรียนการสอนผู้สอน และควรพัฒนาความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนและการให้คำปรึกษาผู้สอนให้แก่อาจารย์ในคณะและครูที่เลี้ยง

สาขาวิชา	วิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6084202027 : MAJOR EDUCATIONAL RESEARCH METHODOLOGY

KEYWORD: STEM, TPACK, TPACK-STEM, STEM TEACHER, GUIDELINES FOR STEM TEACHER PREPARATION, CROSS-CLASSIFIED
MULTILEVEL MODELS ANALYSIS, TEACHER STUDENTS

Korawut Phanprom : Development of measurement instrument, casual model, and guidelines for STEM teacher preparation: cross-classified multilevel models analysis. Advisor: Assoc. Prof. DUANGKAMOL TRAWICHITKHUN, Ph.D. Co-advisor: KANIT SRIKLAUB, Ph.D.

It is crucial to monitor and enhance teacher students' STEM teacher competencies to effectively improve their STEM instruction. For the effective STEM instruction improvement with TPACK as a framework, guidelines of STEM teacher preparation are needed for both teacher institutes and related parties. This 3-phase research aimed to (1) develop and validate the STEM teacher competencies measurement; (2) develop and examine a cross-classified multilevel model (CCMM) of STEM teacher competencies; (3) analyze levels of teacher students' STEM teacher competencies, STEM teacher preparation, and curriculum and institution empowerment; and (4) develop guidelines of STEM teacher preparation. Firstly, 310 education students in mathematics, science and technology were randomly selected to complete a STEM competencies' rating scale. The data were then use to validate the scale's content validity, internal consistency, and construct validity, using SPSS, Mplus, and R. Secondly, the CCMM was developed and validated using Mplus with data from 537 teacher students in mathematics, science, and technology, 401 corresponding teacher supervisors from 37 institutes, and 486 corresponding teacher mentors from 124 schools. This dataset was also analyzed by descriptive statistics, t-test, and ANOVAs using SPSS. Finally, the guidelines were proposed using all data and results from the previous phases. The research findings were as follows:

1. The multidimensional measurement model of STEM teacher competencies has adequate level of reliability determined on standardized criteria. (Cronbach's alpha = .938 - .953; Omega = .939 - .954), content validity (IOC = 0.67-1.00), and construct validity (*chi-square* (93, $N = 310$) = 97.950, $p = .343$, $CFI = .999$, $TLI = .998$, $SRMR = .019$, $RMSEA = .013$).

2. At the student teacher level, two factors had significantly direct effect: thinking skills ($B = 0.486$) and attitude towards STEM ($B = 0.268$). Counseling role of teacher supervisors at the program level also directly affected the teacher students' STEM competencies ($B = 0.308$). Finally, at the institute level, the empowerment had both direct ($B = 0.319$) and indirect effects ($B = 0.128$) via thinking skills.

3. Most of teacher students had moderate levels of STEM teacher competencies, but high levels of thinking skills and attitude toward STEM. Regarding teaching supervision, both teacher supervisors from institutes and teaching mentors at school played very important roles, especially the former ones, with advanced counseling. It was also revealed that the teacher institutes provided obtainable supports for their teacher students to learn and experience STEM.

4. The proposed guidelines for STEM teacher preparation consist of 7 dimensions/subsections. For instance, teacher students need to be educated to be full of knowledge and skills in every dimension of STEM, particularly in technology and engineering; and teacher students' supervisors and mentor teachers need to be improved to have a brand-new cognition of technology efficiency and innovation, and STEM instruction and counsel knowledge.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study: Educational Research Methodology
Academic Year: 2019

Student's Signature
Advisor's Signature
Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสำเร็จและความเมตตากรุณาและการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. กนิษฐ์ ศรีเคลือบ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ท่านได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำมาโดยตลอด คอยตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในงานของผู้วิจัย และที่สำคัญ ท่านเป็นผู้ผลักดันและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ คำสอนที่ได้รับจากอาจารย์เป็นสิ่งที่มีความค่าอย่างยิ่ง ต่อผู้วิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้านการวิจัย การวัดและประเมินผล และสถิติให้แก่ผู้วิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล ว่องวานิช ผู้ให้ความรู้และแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำในการเรียนและการใช้ชีวิตแก่ผู้วิจัย ที่สำคัญเป็นผู้ติดต่ออาจารย์ทางปัญญาที่มีความค่าอย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยจะขอสำนึกในพระคุณของท่านตลอดไป ขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร. วรธรรม แกมเกตุ ผู้ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือ และให้ความเมตตาต่อผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. ชยุตม์ ภิรมย์สมบัติ ผู้ให้ความรู้และแนวคิดเกี่ยวกับมุมมองการวิจัย วิธีวิทยาการวิจัย การสร้างเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ ท่านคอยเปิดโลกทัศน์ใหม่ ๆ ให้แก่ผู้วิจัย ทำให้ผู้วิจัยได้พัฒนาความสามารถของตนเองได้อย่างรอบด้าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณยิ่งในความเมตตากรุณาของท่าน ผู้วิจัยจะประพฤติดำเนินชีวิตที่ดีต่อท่านตลอดไป

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน และรองศาสตราจารย์ ดร. อวยพร เรื่องตระกูล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการวิจัยอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ในสาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา การวัดและประเมินผลการศึกษา สถิติศึกษา เทคโนโลยีการศึกษา การศึกษาปฐมวัย การศึกษาวิทยาศาสตร์ และหลักสูตรและการสอน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมถึงรุ่นพี่ศิษย์เก่าและเพื่อนสาขาวิชาการศึกษาที่คอยให้คำแนะนำ ให้การช่วยเหลือ และให้กำลังใจเสมอมา ขอขอบคุณนายสกล ตั้งเก้าสกุล ผู้คอยแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ให้มุมมองที่มีคุณค่าแก่ผู้วิจัย คอยให้คำแนะนำ ช่วยหาทางออกในหลาย ๆ ปัญหา ถือเป็นกัลยาณมิตรที่ดียิ่งของผู้วิจัย ขอขอบคุณนางสาววิไลลักษณ์ แผนพรหม และนางสาวนฤฎิภา เจริญตะคุ ผู้ที่คอยให้การช่วยเหลือ อยู่เคียงข้าง และให้กำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่คอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่เป็นเพื่อน พี่ น้อง คอยให้กำลังใจและคำแนะนำแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้บุคคลที่มีความสำคัญกับผู้วิจัยมาโดยตลอดคือ ครอบครัว ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงสุดต่อ นายสมศักดิ์ แผนพรหม และนางบังอร แผนพรหม ที่ได้ให้ชีวิต คอยเลี้ยงดูเอาใจใส่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมา บุคคลสองท่านนี้ คอยให้โอกาส คอยผลักดัน ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยอย่างดีในทุก ๆ ด้าน โดยท่านถือคติว่า “การให้การศึกษาเป็นการให้ที่มีค่ามากที่สุดที่พ่อแม่และแม่จะให้แก่ลูกได้” ฉะนั้นท่านจึงให้การสนับสนุนผู้วิจัยอย่างเต็มที่ เป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยสำนึกในพระคุณของท่านทั้งสองอย่างหาที่สุดมิได้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย.....	1
คำถามวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	6
ขอบเขตการวิจัย.....	6
คำสำคัญที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	8
1. ประโยชน์เชิงวิชาการ.....	8
2. ประโยชน์เชิงปฏิบัติการ.....	9
3. ประโยชน์เชิงนโยบาย.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม.....	10
1.1. ความหมายของการเตรียมความพร้อมครู (teacher preparation).....	10
1.2. ความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา.....	11
1.3. การเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม.....	14

1.4. สภาพปัญหาการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	15
1.5. แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	18
2. มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK.....	23
2.1. ความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะครู TPACK กับ การเตรียมความพร้อมครู...	23
2.2. การวัดสมรรถนะ TPACK.....	28
2.3. การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK	28
2.4. การวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK.....	30
2.5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	31
3. มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models : CCMM).....	41
3.1. แนวคิดการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม	41
3.2. ลักษณะการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม	43
4. กรอบแนวคิดการวิจัย	43
4.1. กรอบการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	44
4.2. กรอบโมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม	45
4.3. กรอบการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (CCMM)	47
4.4. กรอบแนวคิดการวิจัย.....	48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	49
ระยะที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	49
1.1. ประชากร	49
1.2. ตัวอย่างวิจัย	50
1.3. การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	51
1.4. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	55
1.5. การทดลองใช้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	56

ระยะที่ 2 การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม	56
2.1. ประชากร	56
2.2. ตัวอย่างวิจัย	56
2.3. การเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัย.....	60
2.4. เครื่องมือวิจัย	62
2.5. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย	66
2.6. การเก็บรวบรวมข้อมูล	67
2.7. การวิเคราะห์ข้อมูล	67
ระยะที่ 3 การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	68
3.1. ขั้นตอนการพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	68
3.2. ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย.....	69
3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล	69
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	70
ตอนที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	70
1.1. การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK	70
1.2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	72
ตอนที่ 2 การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม	86
2.1. ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม : โมเดลทุกระดับ จำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models).....	87
2.2. สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม ทักษะการคิด และเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาต่างกัน	91
2.3. สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับหลักสูตรที่มีหลักสูตรแตกต่างกัน	99
2.4. สภาพการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับโรงเรียนที่มีหมวดวิชาแตกต่างกัน	106

2.5. ผลการเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด การส่งเสริมสนับสนุนสะเต็ม จากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของ อาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูสะเต็ม แตกต่างกัน	114
2.6. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึก ประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน	131
ตอนที่ 3 การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	159
3.1. แนวคิดการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	159
3.2. แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	168
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะการวิจัย.....	177
สรุปผลการวิจัย	179
อภิปรายผลการวิจัย	188
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	205
บรรณานุกรม.....	210
ภาคผนวก	223
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย.....	224
ภาคผนวก ข เครื่องมือวิจัย	226
ภาคผนวก ค คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Mplus และ R.....	236
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Mplus (นำเสนอเฉพาะส่วนที่สำคัญ)	242
ภาคผนวก จ สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบสมรรถนะครูสะเต็ม	264
ประวัติผู้เขียน.....	266

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 3.1 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยที่ทดลองใช้เครื่องมือ	51
ตาราง 3.2 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยระดับนิสิตนักศึกษาครู.....	59
ตาราง 3.3 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยระดับหลักสูตร	59
ตาราง 3.4 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยระดับโรงเรียน	60
ตาราง 3.5 ข้อมูลผู้ตรวจสอบความเหมาะสมของแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม	69
ตาราง 4.1 ข้อคำถามและค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	73
ตาราง 4.2 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	78
ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันเอกมิตขององค์ประกอบ T-STEM.....	79
ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันเอกมิตขององค์ประกอบ P-STEM.....	81
ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันเอกมิตขององค์ประกอบ C-STEM.....	82
ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันพหุมิตของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	84
ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม	90
ตาราง 4.8 สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม ความรู้และทักษะเกี่ยวกับสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู.....	92
ตาราง 4.9 สภาพเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู	94
ตาราง 4.10 สภาพทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครู.....	96
ตาราง 4.11 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดของนิสิต นักศึกษาครูที่มีสาขาแตกต่างกัน	98
ตาราง 4.12 สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร	100
ตาราง 4.13 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาสะเต็มของอาจารย์นิเทศก์	103
ตาราง 4.14 ผลการเปรียบเทียบระดับการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษา ของอาจารย์นิเทศก์ ระหว่างหลักสูตรที่แตกต่างกัน	105
ตาราง 4.15 สภาพการสนับสนุนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู.....	108
ตาราง 4.16 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง.....	112

ตาราง 4.17 ผลการเปรียบเทียบระดับการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษา ของครูพี่เลี้ยง ระหว่างหมวดวิชาที่แตกต่างกัน	113
ตาราง 4.18 คะแนนที่ใช้จำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะสมเต็มสูงและต่ำเพื่อใช้ใน การกำหนดคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะสมเต็ม	115
ตาราง 4.19 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	116
ตาราง 4.20 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรในระดับต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครู สะสมเต็มแตกต่างกัน.....	117
ตาราง 4.21 สภาพสมรรถนะครูสะสมเต็ม และความรู้และทักษะสะสมเต็ม จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	119
ตาราง 4.22 สภาพเจตคติต่อสะสมเต็ม จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	120
ตาราง 4.23 สภาพทักษะการคิด จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	122
ตาราง 4.24 สภาพการส่งเสริมสะสมเต็มของหลักสูตร จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	123
ตาราง 4.25 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	125
ตาราง 4.26 สภาพการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียน จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม	127
ตาราง 4.27 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม..	129
ตาราง 4.28 ผลการจำแนกกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูตามระดับเจตคติต่อสะสมเต็มและทักษะการคิด	132
ตาราง 4.29 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มที่มีเจตคติต่อการสะสมเต็มและ ทักษะการคิดแตกต่างกัน	132
ตาราง 4.30 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะสมเต็มสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มี เจตคติ ต่อการสะสมเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน	134
ตาราง 4.31 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการส่งเสริมและสนับสนุนสะสมเต็มของหลักสูตรและ โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู.....	135
ตาราง 4.32 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการส่งเสริมของหลักสูตรตามสาขาวิชา	136
ตาราง 4.33 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์ วิชาชีพครูตามสาขาวิชา	137

ตาราง 4.34 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมแตกต่างกันในแต่ละตัวแปร	143
ตาราง 4.35 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็มทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน.....	150
ตาราง 4.36 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรแตกต่างกันจำแนกตามการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง	152
ตาราง 4.37 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนแตกต่างกันจำแนกตามระดับการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง.....	153
ตาราง 4.38 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่แตกต่างกันจำแนกตามระดับ การให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง.....	153
ตาราง 4.39 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู.....	160
ตาราง 4.40 ผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม.....	162
ตาราง 4.41 แนวคิดการพัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	164

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 2.1 ส่วนประกอบและส่วนประกอบร่วมของการบูรณาการสะเต็ม	13
ภาพ 2.2 โครงสร้างการบูรณาการ TPACK.....	24
ภาพ 2.3 กรอบสมรรถนะครู TPACK-STEM	30
ภาพ 2.4 องค์ประกอบการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK.....	31
ภาพ 2.5 ปัจจัยเกี่ยวกับเจตคติและแรงจูงใจของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	33
ภาพ 2.6 ปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	34
ภาพ 2.7 ปัจจัยที่เกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ ของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม.....	35
ภาพ 2.8 ปัจจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	36
ภาพ 2.9 ปัจจัยเกี่ยวกับการได้รับการสนับสนุนในการสอนสะเต็ม	39
ภาพ 2.10 ลักษณะข้อมูลการวิเคราะห์โมเดลพระดัตแบบดั้งเดิม	42
ภาพ 2.11 ลักษณะข้อมูลการวิเคราะห์โมเดลพระดัตจำแนกข้ามกลุ่ม	42
ภาพ 2.12 สมการการวิเคราะห์พระดัตข้ามกลุ่ม	43
ภาพ 2.13 กรอบการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม	44
ภาพ 2.14 กรอบโมเดลเชิงสาเหตุพระดัตของสมรรถนะครูสะเต็ม	46
ภาพ 2.15 กรอบการวิเคราะห์โมเดลพระดัตจำแนกข้ามกลุ่ม	47
ภาพ 2.16 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	48
ภาพ 4.1 โมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	71
ภาพ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิตีขององค์ประกอบ T-STEM	80
ภาพ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิตีขององค์ประกอบ T-STEM	81
ภาพ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิตีขององค์ประกอบ C-STEM	83
ภาพ 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุมิติของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม.....	85
ภาพ 4.6 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพระดัตของสมรรถนะครูสะเต็ม.....	89
ภาพ 4.7 คะแนนจุดตัดในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูสะเต็ม เป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็ม สูงและต่ำ	116

ภาพ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับระดับเจตคติต่อสะท้อนและทักษะการคิด ของนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามสาขา.....	133
ภาพ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับระดับเจตคติต่อสะท้อนและทักษะการคิด ของนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ.....	134
ภาพ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมสะท้อนของ หลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์จำแนกตามสาขา.....	139
ภาพ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมสะท้อนของ หลักสูตรรายด้านจำแนกตามสาขา.....	140
ภาพ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อน ของโรงเรียนและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงจำแนกตามสาขา.....	141
ภาพ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อน ของโรงเรียนรายด้านจำแนกตามสาขา.....	142
ภาพ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมสะท้อนของ หลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์จำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครู สะท้อนสูงและต่ำ.....	145
ภาพ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมสะท้อนของ หลักสูตรรายด้านจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ.....	146
ภาพ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อน ของโรงเรียนและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครู สะท้อนสูงและต่ำ.....	147
ภาพ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อน ของโรงเรียนรายด้านจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ.....	148
ภาพ 4.18 สมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อม และไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการสนับสนุนของโรงเรียน.....	154
ภาพ 4.19 สมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อม และไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์.....	155

- ภาพ 4.20 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง..... 155
- ภาพ 4.21 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง..... 156
- ภาพ 4.22 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์..... 157
- ภาพ 4.23 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง..... 157



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

ในยุคศตวรรษที่ 21 ประเทศไทยได้จัดให้มีการส่งเสริมการบูรณาการการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่เรียกว่าสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ วางแผน แก้ปัญหา คิดอย่างมีวิจารณญาณ และทำงานเป็นระบบ (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Rinke, Gladstone-Brown, Kinlaw, & Capiello, 2016) โดยการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง (Breiner et al., 2012; Shernoff, Sinha, Bressler, & Ginsburg, 2017) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มนี้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21 (Bowsher, Sparks, & Hoyer, 2018; Rock, Spooner, Nagro, Vasquez, Dunn, Leko, & Jones, 2016; Valtonen, Sointu, Kukkonen, Kontkanen, Lambert, & Mäkitalo-Siegl, 2017) การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มจะทำให้ผู้เรียนมีทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเรียนและการใช้ชีวิตประจำวัน และทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น (Evagorou, Dillon, Viiri & Albe, 2015; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) ดังนั้นครูจึงควรนำแนวคิดการสอนแบบสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน และสามารถจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ครูที่จะสามารถสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพควรมีทักษะการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ แก้ปัญหา รวมทั้งสามารถบูรณาการความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ การที่ครูสะเต็มจะมีทักษะและความสามารถเหล่านี้ต้องได้รับการเตรียมความพร้อมที่ดีจากสถาบันผลิตครู แต่ที่ผ่านมามีพบว่า นิสิตนักศึกษาครูบางส่วนอาจจะยังมีความพร้อมและความเข้าใจในการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ไม่เพียงพอ ทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (Adams, Miller, Saul, & Pegg, 2014; Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Evagorou et al., 2015; Radloff, & Guzey, 2016; Ring, Dare, Crotty, & Roehrig, 2017; นุชนภา ราชนิยม, 2558; รัฎฐีกา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559) เนื่องจากสถาบันผลิตครูส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มมากนัก ดังนั้นสถาบันผลิตครูและผู้ที่เกี่ยวข้องจึงควรพิจารณาให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความพร้อมมากยิ่งขึ้น (ชนิตา รักษ์พลเมือง และคณะ, 2560; นุชนภา ราชนิยม, 2558; รัฎฐีกา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559;

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558; สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2557) โดยสถาบันผลิตครูและผู้ที่เกี่ยวข้องควรจัดการเตรียมความพร้อม ส่งเสริมความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครูที่จะประกอบอาชีพครูในอนาคตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อให้ นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความเข้าใจ มีสมรรถนะ และสามารถออกแบบการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้การจัดการเรียนการสอนสะเต็มประสบความสำเร็จมากยิ่งขึ้น

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมและการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ชี้ให้เห็นว่าที่ผ่านมาครูสะเต็มส่วนมากมีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มไม่มากนัก ซึ่งอาจจะมีที่มาจากหลายสาเหตุ คือ ครูสะเต็มส่วนมากมีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการสอนสะเต็มยังไม่มากเท่าที่ควร (Eckman et al., 2016) ครูสะเต็มมีความเข้าใจเกี่ยวกับศาสตร์การสอน เนื้อหา และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างจำกัด โดยครูสะเต็มส่วนมากทราบเพียงว่าสะเต็มคืออะไร พยายามใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างจำกัด ซึ่งในความเป็นจริงอาจจะมีวิธีการสอนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการบูรณาการเนื้อหาสะเต็มในแต่ละส่วนมากกว่านี้ สะท้อนให้เห็นว่าการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มต้องได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น การจะอย่างไรให้นิสิตนักศึกษาครูมีแนวคิดที่ถูกต้อง ครอบคลุม และมีความพร้อมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาที่มากยิ่งขึ้นจึงเป็นคำถามที่สำคัญ ที่จะนำไปสู่การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพในอนาคต (Radloff, & Guzey, 2016) ซึ่งการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีความพร้อมและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนสะเต็มที่ดี (Shernoff et al., 2017) อีกทั้งถ้า นิสิตนักศึกษาครูได้รับการเตรียมความพร้อมจนมีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดีก็จะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย (Evagorou et al., 2015) ดังนั้นกระบวนการผลิตครูจึงควรมีการให้ความสำคัญและหาแนวทางพัฒนานิสิตนักศึกษาครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Eckman et al., 2016; Liu, Liu, & Wang, 2015; Shernoff et al., 2017)

การเตรียมความพร้อมที่ดีให้ครูสะเต็ม หลักสูตรผลิตครูควรมีการพิจารณาเปลี่ยนแปลงหาแนวทางพัฒนาและแก้ไขปัญหาดังต่าง ๆ เพื่อทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่ไม่ใช่เพียงการเตรียมความพร้อมแค่ความรู้สะเต็มศึกษา เนื้อหารายวิชา หรือวิธีการสอนสะเต็มเท่านั้น (Adams et al., 2014) ซึ่งวิธีการหนึ่งที่จะสามารถเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความรู้ที่ดีในด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี สามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การเตรียมความพร้อมและพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK โดย TPACK มีแนวคิดที่เน้นให้ครูออกแบบการเรียนการสอน

โดยใช้ความรู้ความเข้าใจของครูในด้านเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และเนื้อหาในการจัดประสบการณ์ การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยครูต้องออกแบบการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงเนื้อหาที่สอน วิธีการสอน เทคโนโลยีที่ใช้ และรู้ว่าเครื่องมือใดจะช่วยส่งเสริมการสอนในบริบทนั้น ๆ ทำให้ครูสามารถออกแบบ และจัดการเรียนการสอนได้อย่างยืดหยุ่นตามความรู้เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี ในบริบทเฉพาะ ต่าง ๆ ได้ ทำให้การจัดการเรียนการสอนของครูมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler, & Mishra, 2008; Koehler, Mishra, Akcaoglu, & Rosenberg, 2013; Mishra, Koehler, & Kereluik, 2009) ซึ่งถ้าครูสะสมถูกเตรียมความพร้อมให้มีความพร้อมตามกรอบ TPACK จะทำให้ครูมีความรู้ในด้านเนื้อหา วิธีการหรือศาสตร์การสอน รวมทั้งมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ดีและเหมาะสม กับการออกแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการบูรณาการสะสมเต็ม ทำให้ครูสะสมเต็มสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Chai, 2019; Rahman, Krishnan, & Kapila, 2017; Štuikys, & Burbaitė, 2018) ดังนั้นในการเตรียมความพร้อมครูสะสมเต็ม หลักสูตรควรเน้น การเตรียมความพร้อมให้ครูมีความพร้อมตามกรอบ TPACK อย่างครบถ้วน จนครูสามารถบูรณาการ ความรู้แต่ละส่วนในการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็ม ทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต่อผู้เรียน

การจะเตรียมความพร้อมครูสะสมเต็มให้มีความพร้อม TPACK สถาบันผลิตครูหรือผู้มีส่วน เกี่ยวข้องควรมีข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะสมเต็มตามกรอบ TPACK เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนา กระบวนการเตรียมความพร้อมครูสะสมเต็มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การจะได้ข้อมูลที่ดี มีคุณภาพ และสามารถเก็บข้อมูลที่ได้ตรงกับความเป็นจริง ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีคุณภาพ แต่จากการศึกษา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เครื่องมือที่ใช้วัดสมรรถนะครูสะสมเต็มตามกรอบ TPACK ยังต้อง ได้รับการพัฒนาให้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากธรรมชาติของแนวคิดสะสมเต็มศึกษา และ TPACK ต่างมีความซับซ้อนและยากต่อการแยกแต่ละมิติในการวัดให้ขาดจากกันได้ง่าย (Brantley-Dias, & Ertmer, 2013; Petko, Prasse, & Cantieni, 2018; Valtonen et al., 2017) แบบสอบถาม TPACK และสะสมเต็ม ส่วนใหญ่จึงมีข้อคำถามจำนวนมาก และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ แล้วข้อคำถามแต่ละข้อจะมีค่าน้ำหนักข้ามองค์ประกอบ (cross-loading) สูง (Archambault & Barnett, 2010; Drummond, & Sweeney, 2017) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและพัฒนาให้เครื่องมือ วัดสมรรถนะครูสะสมเต็มตามกรอบ TPACK ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดสมรรถนะครู สะเต็มที่มีประสิทธิภาพนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ในกำหนด แนวทางการเตรียมความพร้อมและพัฒนาสมรรถนะครูสะสมเต็มตามกรอบ TPACK

อย่างไรก็ตามในการกำหนดแนวทางการเตรียมความพร้อมและพัฒนาสมรรถนะครูสะสมเต็มตาม กรอบ TPACK ควรมีสารสนเทศและข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะสมเต็ม ตามกรอบ TPACK แต่จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะสมเต็มและ การพัฒนาสมรรถนะครูสะสมเต็ม พบว่า งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะสมเต็มและ

การเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะตามกรอบ TPACK ยังมีไม่มากนัก อีกทั้งยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ถึงแม้ว่ายังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม แต่จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวกลับพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มมีหลายปัจจัยและมีหลายระดับ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มที่สามารถพัฒนาได้ด้วยการจัดประสบการณ์ การสนับสนุน และจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพของหลักสูตร คือ เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Evans, & Stokes, 2017; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Nite, Capraro, Capraro, & Bicer, 2017) อีกทั้งการที่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มได้รับการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนที่ดี มีอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงที่มีความรู้ความสามารถในการให้คำปรึกษาที่ดีและสนับสนุนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์ที่ดี ได้รับการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็ม มีทรัพยากรที่พร้อมในการเรียนรู้และจัดการเรียนการสอน รวมทั้งมีแบบอย่างที่ดีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ได้รับคำแนะนำและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มที่ดีและมีประสิทธิภาพ จนนิสิตนักศึกษาครูเกิดพัฒนาการเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มได้ดียิ่งขึ้น (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017)

นอกจากนี้พบว่า การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงก็อาจจะมีอิทธิพลต่อเจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดในการจัดการเรียนการสอนของนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มอีกด้วย ซึ่งถ้านิสิตนักศึกษามีทักษะเหล่านี้ที่ดีก็จะมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีขึ้นด้วย (Bozkurt Altan, & Ercan, 2016; Craig, Evans, & Stokes, 2017; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017) ปัจจัยดังกล่าวที่พบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องล้วนแต่เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเตรียมความพร้อมและพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งยังไม่พบการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ในรูปแบบโมเดลเชิงสาเหตุที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็ม เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุไปใช้เป็นสารสนเทศในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

เมื่อพิจารณาโมเดลเชิงสาเหตุของเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด การส่งเสริมของหลักสูตร การสนับสนุนของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง ที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม จะเห็นว่าโมเดลดังกล่าวมีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับ (multi-level models) ซึ่งในบริบทจริงของการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนิสิตนักศึกษาครูไทย นิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนจะมีครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์อย่างละหนึ่งคน โดยอาจารย์นิเทศก์หนึ่งคนอาจจะมีนิเทศก์

นิสิตนักศึกษาคครูหลายคน ทำให้โครงสร้างของข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับในบริบทนี้มีความซับซ้อน การใช้การวิเคราะห์โมเดลทุระดับแบบดั้งเดิมจึงอาจไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่เท่าที่ควร จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า วิธีการวิเคราะห์โมเดลทุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models : CCMM) เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สามารถใช้วิเคราะห์โมเดลทุระดับที่มีโครงสร้างของข้อมูลซับซ้อนเช่นนี้ได้ (Fielding, & Goldstein, 2006; Grady, & Beretvas, 2010; Hill, & Goldstein, 1998; Raudenbush & Bryk, 2002; Rasbash, & Goldstein, 1994; Smith, & Beretvas, 2017) ดังนั้นการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุระดับของสมรรถนะครูสะเต็มนำวิธีการวิเคราะห์ CCMM มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากความสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มและประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาที่กล่าวมาจึงเป็นเหตุผลสำคัญของการวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่มีคุณภาพและมีความยาวที่เหมาะสม 2) พัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุทุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม 3) วิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มและการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และ 4) พัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาและเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาคครูมีสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่มีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่ความสำเร็จและการได้ผลลัพธ์ที่ดีจากการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มที่มีคุณภาพ

คำถามวิจัย

- 1) เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มควรเป็นอย่างไร มีโครงสร้างและคุณภาพอย่างไร
- 2) โมเดลเชิงสาเหตุทุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มเป็นอย่างไร สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ อย่างไร
- 3) สมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ เป็นอย่างไร
- 4) แนวทางในการเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาคครูมีสมรรถนะครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุระดับของสมรรถนะครูสะเต็มควรเป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม
- 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม
- 3) เพื่อวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ
- 4) เพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์โมเดลทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่ม” เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม และพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะ TPACK จากผลของการวิเคราะห์สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม โดยงานวิจัยนี้จะเน้นการสร้างเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK หรือเรียกว่า TPACK-STEM ที่จะมีองค์ประกอบของ TPACK คือ ความรู้ศาสตร์การสอน (pedagogies knowledge : P) ความรู้เนื้อหา (content knowledge : C) และ การรู้เทคโนโลยี (technology knowledge : T) เป็นองค์ประกอบหลัก และมีสะเต็มเป็นบริบท แล้วสร้างตัวบ่งชี้ที่มีลักษณะการบูรณาการองค์ประกอบหลักของ TPACK สององค์ประกอบในบริบท STEM คือ TC-STEM TP-STEM และ PC-STEM ซึ่งในส่วนของบริบท STEM ในแต่ละตัวบ่งชี้ใช้การบูรณาการสะเต็มแบบสองมิติในแต่ละตัวบ่งชี้ย่อย คือ ST, SE, SM, TE, TM และ EM เพื่อให้แต่ละข้อคำถามไม่ซับซ้อนเกินไป เป็นการลดจำนวนข้อคำถามแต่ยังได้สารสนเทศของสมรรถนะครูสะเต็มครบทุกองค์ประกอบ ทำให้แบบสอบถามมีจำนวนข้อที่ไม่มากจนเกินไปซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังเน้นการพัฒนาและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็ม เพื่อให้ได้สารสนเทศที่จะนำไปใช้พัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มที่ศึกษาในการวิจัยนี้จะมีลักษณะเป็นโมเดลทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ซึ่งมีโครงสร้างของข้อมูลเป็นสามระดับคือ 1) นิสิตนักศึกษาครู 2) หลักสูตร และ 3) โรงเรียน ตัวแปรเหตุที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มในโมเดลเชิงสาเหตุ ประกอบด้วย

1) ตัวแปรเหตุระดับนิสิตนักศึกษาครูสองตัวแปร คือ เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิด 2) ตัวแปรเหตุระดับหลักสูตรสองตัวแปร คือ การส่งเสริมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และ 3) ตัวแปรเหตุระดับโรงเรียนสองตัวแปร คือ การสนับสนุนของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นเป็นตัวแปรที่สามารถพัฒนาได้และมีความเกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูโดยตรง ซึ่งสารสนเทศที่ได้จากโมเดลเชิงสาเหตุนี้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้กับหลักสูตรผลิตครูที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

ข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็ม เป็นข้อมูลที่มีโครงสร้างสามระดับ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน โดยระดับที่หนึ่งจะเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากตัวอย่างวิจัยที่เป็นนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่ศึกษาอยู่ในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ของมหาวิทยาลัยในประเทศไทย เนื่องจากนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาดังกล่าวนี้ เป็นนิสิตนักศึกษาในสาขาที่มีความเกี่ยวข้องกับสะเต็มโดยตรง เป็นนิสิตนักศึกษาในหลักสูตรผลิตครูที่กำลังออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโรงเรียน ที่ต้องนำความรู้ความสามารถที่ได้รับจากการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครูมาแล้วมาใช้ในบริบทโรงเรียนจริง ซึ่งนิสิตนักศึกษาในกลุ่มนี้ยังคงสถานะเป็นครูฝึกหัดที่จะมีอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่คอยให้ความรู้ ชี้แนะแนวทางการจัดการเรียนการสอนและการปฏิบัติ เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดความพร้อมมากที่สุดที่จะประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ดังนั้นนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาดังกล่าวนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวอย่างวิจัยในการศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุพระระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ส่วนข้อมูลในระดับที่สองและสามจะเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 ที่เป็นตัวอย่างวิจัย

คำสำคัญที่ใช้ในการวิจัย

สมรรถนะครูสะเต็ม (STEM teacher competencies) หมายถึง ความรู้และทักษะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มตามกรอบสมรรถนะครู TPACK ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงความพร้อมของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหา (content) ศาสตร์การสอน (pedagogy) และเทคโนโลยี (technology) การบูรณาการความรู้และทักษะเหล่านี้ไปใช้ในการบูรณาการเนื้อหา ความรู้ ทักษะ และกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) เพื่อจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่นำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริงของนักเรียนได้

การเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม (STEM teacher preparation) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะต่าง ๆ ที่จำเป็นและเพียงพอต่อการปฏิบัติการจัดการเรียนการสอนสะเต็มจริงในโรงเรียนตามกรอบ TPACK ประกอบด้วย การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง การส่งเสริมและพัฒนาความรู้ความสามารถในด้านการบูรณาการเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และเนื้อหา (TPACK) ด้านการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ด้านเจตคติต่อสะเต็มและด้านทักษะการคิด

แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม (guidelines of STEM teacher preparation) หมายถึง กระบวนการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่สร้างจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ หุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ผลการวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และผลการแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ประโยชน์เชิงวิชาการ

1.1. ได้เครื่องมือที่เหมาะสมในวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ซึ่งสามารถวัดการรับรู้ของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความพร้อมในด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ครอบคลุมการบูรณาการสะเต็มและ TPACK ในแต่ละมิติ

1.2. ได้สารสนเทศเกี่ยวกับระดับสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู ที่สะท้อนให้เห็นจุดแข็งและจุดอ่อนของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของนิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มตามกรอบ TPACK ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะสะท้อนข้อควรแก้ไขของหลักสูตรผลิตครู

1.3. ได้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มในระดับที่แตกต่างกัน อันเป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้ในการพิจารณากำหนดแนวทางส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มในบริบทอื่น ๆ ได้ หรือเป็นสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้ในการวิจัยเพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้ดียิ่งขึ้นได้

1.4. ได้แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็ม ที่ให้ความสำคัญกับการสนับสนุน ส่งเสริมของหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต่อนิสิตนักศึกษาครู

2. ประโยชน์เชิงปฏิบัติการ

2.1. สถาบันผลิตครูหรือผู้ที่สนใจสามารถนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวัดการรับรู้ของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความรู้และทักษะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มตามกรอบสมรรถนะครู TPACK เพื่อให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับความสามารถในด้านเนื้อหา ศาสตร์การสอนและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูในสังกัดของตนเอง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มของสถาบันของตนให้ดียิ่งขึ้น

2.2. สถาบันผลิตครูหรือผู้สนใจสามารถนำสารสนเทศที่ได้จากโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มในงานวิจัยนี้ ไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาแนวทางการการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครูในสถาบันของตนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3. สถาบันผลิตครูหรือผู้สนใจสามารถนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้ ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มของสถาบันตนเอง ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในสถาบันตนเองให้มีสมรรถนะครูสะเต็มเพิ่มขึ้นได้

3. ประโยชน์เชิงนโยบาย

3.1. ผลการวิจัยเกี่ยวกับระดับสมรรถนะครูสะเต็มในด้านต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูจากสถาบันต่าง ๆ ที่บ่งชี้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อน จะเป็นสารสนเทศสำคัญที่สามารถสร้างความตระหนักต่อการให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมความพร้อมครูสะเต็มให้แก่องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตครู ที่ควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงและออกแบบโครงสร้างการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

3.2. แนวทางการเตรียมความพร้อมครูที่พัฒนาขึ้น จะเป็นแนวทางต้นแบบให้องค์กรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและออกแบบโครงสร้างการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์โมเดลพระดั่งจำแนกข้ามกลุ่ม” เป็นการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มและแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความพร้อม สามารถปฏิบัติการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประยุกต์ใช้กรอบสมรรถนะครู TPACK ในบริบทของสะเต็มเป็นฐานในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และใช้ผลการวิเคราะห์โมเดลพระดั่งจำแนกข้ามกลุ่มมาใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความพร้อม ทั้งนี้การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มต้องใช้วิธีวิทยาในการสร้างเครื่องมือที่เหมาะสม เนื่องจากโครงสร้างของ TPACK และสะเต็ม ต่างก็มีความซับซ้อน ดังนั้นเนื้อหาที่นำเสนอในส่วนของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ สี่ส่วนคือ **ส่วนแรก** มโนทัศน์เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม **ส่วนที่สอง** มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK **ส่วนที่สาม** มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โมเดลพระดั่งจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) และ **ส่วนสุดท้าย** คือ กรอบแนวคิดการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

ในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนจากเดิมที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางมาสู่การมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดการเรียนการสอนตามความรู้ความสามารถ ความสนใจ และความต้องการของผู้เรียน ให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนที่อิงกับโลกแห่งความเป็นจริง เปิดกว้างทางการศึกษา ซึ่งแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับลักษณะการเรียนการสอนดังกล่าว ดังนั้นนักการศึกษาจึงมีการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้แพร่หลาย ซึ่งต้องสร้างพื้นฐานที่ดีให้กับครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม โดยควรเตรียมความพร้อมครูให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาแต่ละส่วนและการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง เนื้อหาในส่วนนี้จึงจะแสดง มโนทัศน์เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม จะอธิบายถึงความหมายของการเตรียมความพร้อมครู ความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา สภาพปัญหาการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ดังนี้

1.1. ความหมายของการเตรียมความพร้อมครู (teacher preparation)

การเตรียมความพร้อมครู คือ การจัดการเรียนการสอนเพื่อสนับสนุนให้ครูมีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะต่าง ๆ ที่จำเป็นและเพียงพอต่อการปฏิบัติการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน

(Brobst, Markworth, Tasker, & Ohana, 2017; Häkkinen, Järvelä, Mäkitalo-Siegl, Ahonen, Näykki, & Valtonen, 2017; Hudson, & Hudson, 2007; Park, Dimitrov, Patterson, & Park, 2017; Ronfeldt, & Reininger, 2012; Sharp, Raymond, & Piper, 2018) ซึ่งสถาบันการศึกษาและหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตครูควรตั้งเป้าหมายและจัดการเรียนการสอนให้ครูที่จบการศึกษาออกไป มีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะพื้นฐานในการประกอบวิชาชีพครูที่ได้มาตรฐาน มีความเชื่อ (belief) ความมั่นใจ (confident) ความรู้สึก (feeling) หรือการรับรู้ความสามารถ (efficacy) ว่าตนเองมีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะ ซึ่งจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความพร้อม (readiness) ในการประกอบวิชาชีพครู (Brown, Lee, & Collins, 2015; Freak, & Miller, 2017; Hudson, & Hudson, 2007; Kondakci, Beycioglu, Sincar, & Ugurlu, 2017; Nadelson, Callahan, Pyke, Hay, Dance, & Pfiester, 2013; Park et al., 2017; Silm, Tiitsaar, Pedaste, Zacharia, & Papaevripidou, 2017; Siwatu, 2011) เห็นได้ว่าการที่ครูมีความเชื่อ ความมั่นใจ ความรู้สึก และการรับรู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับสมรรถนะที่ตนเองมีจะเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นความพร้อมของครู

1.2. ความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสะเต็มศึกษา

STEM เป็นตัวย่อมาจาก Science Technology Engineer และ Mathematic เริ่มมีเมื่อศตวรรษที่ 20 (1990) ที่ National Science Foundation (NSF) ซึ่งเป็นสถาบันที่กำหนดนโยบายกิจกรรม โปรแกรม หรือหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012; Bybee, 2010; Kelley, & Knowles, 2016; Sanders, 2008) สะเต็มศึกษาเริ่มมีขึ้นมาเนื่องจากตลาดแรงงานในยุคศตวรรษที่ 21 ต้องการคนที่มีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีและมีทักษะส่วนบุคคล มีความสามารถทางการคิด มีความสามารถในการแก้ปัญหา และมีทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อทำงานให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งเป็นสิ่งที่ท้าทายที่ควรเตรียมความพร้อมให้คนในยุคศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนในยุคนี้จึงควรมีการรู้สะเต็ม (STEM literacy) (Breiner et al., 2012; Bybee, 2010; Marginson, Tytler, Freeman, & Roberts, 2013)

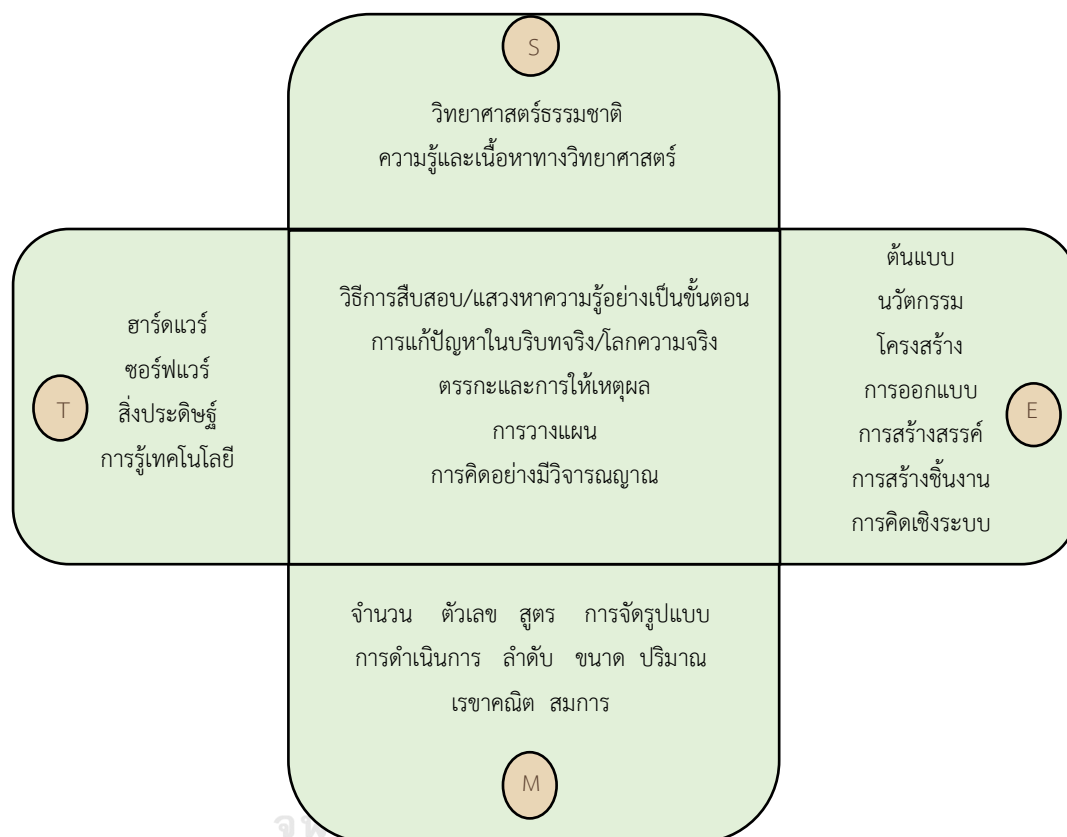
สะเต็มศึกษาเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ให้สามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ผ่านกระบวนการวางแผน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดและการทำงานอย่างเป็นระบบ และการแก้ปัญหา (Breiner et al., 2012; Rinke, Gladstone-Brown, Kinlaw, & Capiello, 2016) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะการปรับตัว การบริหารจัดการตนเอง การพัฒนาตนเอง และการคิดอย่างเป็นระบบ ทักษะการคิด การสื่อสาร การร่วมมือร่วมพลัง การทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหา การวางแผน การบริหารจัดการ การปรับตัวและความยืดหยุ่น ทักษะทางสังคม การเป็นผู้ประกอบการ การใช้นวัตกรรมและ

เทคโนโลยี (Bowsler, Sparks, & Hoyer, 2018; DiBenedetto, & Myers 2016; Goodwin, Smith, Souto-Manning, Cheruvu, Tan, Reed, & Taveras, 2014; Häkkinen et al., 2017; Rock et al., 2016; Rinke et al., 2016; Seidel, & Whitcomb, 2015; Valtonen, 2017; Voogt, Erstad, Dede, & Mishra, 2013)

การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มจะทำให้มีคุณลักษณะดังนี้ คือ 1) มีทักษะการแก้ปัญหา สามารถแก้ปัญหาโดยการเข้าใจและเรียนรู้ขอบเขตปัญหา 2) เป็นนวัตกรรม เป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมและสิ่งต่าง ๆ ผ่านกระบวนการออกแบบโดยเป็นอิสระจากอะไรแบบเก่า ๆ 3) เป็นนักพัฒนา สามารถพัฒนาสิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ตามความต้องการของโลกที่นำไปปฏิบัติได้จริง 4) มีความเชื่อมั่นในตนเอง เป็นผู้ที่กล้าคิด กล้าทำ มีความเป็นตัวของตัวเอง มีความมั่นใจและพัฒนาตนเองสม่ำเสมอ และต้องทำงานภายใต้เวลาที่จำกัดได้ 5) เป็นนักคิดที่มีตรรกะ สามารถคิดอย่างมีตรรกะเข้าใจโลกความเป็นจริง และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ 6) เป็นผู้รู้เทคโนโลยี มีความเข้าใจเทคโนโลยี มีทักษะและความสามารถในการใช้เทคโนโลยี 7) เป็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและสนับสนุนการเชื่อมโยงสะเต็มสู่การทำงาน 8) สามารถปรับบริบทสะเต็มให้เข้ากับวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ของการศึกษาตนเองได้ (Morrison, 2006)

แนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ควบคู่กับการทำงานในชีวิตจริงของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร (Breiner et al., 2012) เป็นการเชื่อมโยงการจัดการเรียนการสอนกับชีวิตจริง (Shernoff et al., 2017) เป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการทำความเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อน และสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้แก้ปัญหาเหล่านั้น ได้ (Rinke et al., 2016) เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ การใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านการใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรม (Kelley, & Knowles, 2016; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Sanders, 2008; Shernoff et al., 2017) ความรู้และทักษะวิศวกรรม จำพวก การออกแบบ การสร้างแบบจำลองหรือโมเดล การคิดอย่างเป็นระบบ มุมมองต่าง ๆ การวิเคราะห์โมเดล การตัดสินใจ การคิดยืดหยุ่น การบริหารจัดการ การวางแผน การแก้ปัญหา (Bybee, 2010; Strimel, & Grubbs, 2016) จะเป็นสิ่งที่ส่งเสริมและขับเคลื่อนการคิดแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานเป็นทีมให้กับผู้เรียน อีกทั้งยังเป็นกระบวนการที่ช่วยสร้างแรงจูงใจและทัศนคติทางบวกที่มีต่อสะเต็มศึกษา นอกจากนี้กระบวนการทางวิศวกรรมยังเป็นสิ่งที่ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนได้นวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ของผู้เรียนได้อีกด้วย ดังนั้นกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมจึงเป็นกระบวนการที่ทำให้การบูรณาการสะเต็มมีประสิทธิภาพ (Bybee, 2010; Shernoff et al., 2017)

จะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ และกระบวนการ ของ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในการสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงของผู้เรียนได้ (Radloff, & Guzey, 2016) ซึ่งมีจุดร่วมและจุดต่างของการบูรณาการสะเต็มแสดงดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 ส่วนประกอบและส่วนประกอบร่วมของการบูรณาการสะเต็ม

สะเต็มศึกษาไม่ได้เน้นเฉพาะเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ แต่ยังเน้นเนื้อหาทักษะทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ เช่น จิตวิทยา เศรษฐศาสตร์ สังคมวิทยา และรัฐศาสตร์ อีกด้วย (Gonzalez, & Kuenzi, 2012; Kelley, & Knowles, 2016) การบูรณาการสะเต็มเป็นการเปลี่ยนจากการเรียนแบบบรรยายมาสู่การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (inquiry base) และแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (problem base) (Breiner et al., 2012; Ring, Dare, Crotty, & Roehrig, 2017; Sanders, 2008) ซึ่งเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดสร้างสรรค์ เน้นการลงมือ

ปฏิบัติและการค้นพบ จัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นหลัก และเน้นการทำงานเป็นทีม (Radloff, & Guzey, 2016; Ring, Dare, Crotty, & Roehrig, 2017)

มีข้อสังเกตว่าแนวคิดสะเต็มค่อนข้างมีความหลากหลาย มีความซับซ้อน ไม่ชัดเจน (Bybee, 2010; Radloff, & Guzey, 2016; Ring, Dare, Crotty, & Roehrig, 2017; Shernoff et al., 2017; Wasserman, & Rossi, 2015) เนื่องจากบริบท นโยบาย ครู หรือผู้เรียน ที่ไม่สามารถคาดเดาได้อย่างแน่นอน (Shernoff et al., 2017) ถึงนิยามแนวคิดสะเต็มจะมีหลากหลาย แต่แนวคิดเกี่ยวกับสะเต็มส่วนใหญ่จะมีจุดร่วมกันที่ความยึดมั่นผูกพันกับโลกแห่งความเป็นจริง (Ring et al., 2017) การบูรณาการและการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะสะเต็มในโลกความเป็นจริงเป็นสิ่งที่ทำหาย (Rinke et al., 2016) การเข้าใจแนวคิดสะเต็มที่ต้องรวมทั้งประสบการณ์ในห้องเรียนจะทำให้ครูมีวิธีการสอนที่สามารถสอนสะเต็มได้ประสบความสำเร็จ (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016) แต่ที่ผ่านมายังพบว่าครูยังมีความพร้อมและความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาไม่เท่าที่ควร อีกทั้งยังมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบการเรียนการสอนสะเต็มที่ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากเท่าที่ควร (Murphy, 2011; Nadelson et al., 2013; นุชนภา ราชนิยม, 2558; รัฎฐีกา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการทำความเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อน และสร้างนวัตกรรมที่สามารถใช้แก้ปัญหาที่ซับซ้อน ๆ ได้ สะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลและการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงผ่านการใช้เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรม การที่ผู้เรียนมีความรู้และทักษะตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถอย่างรอบด้าน ทั้งกระบวนการคิด การทำงาน การแก้ปัญหา สามารถใช้ชีวิตในโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ที่ผ่านมาครูอาจจะมีรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มไม่เท่าที่ควร ดังนั้นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาต้องร่วมมือกันในการเตรียมครูให้มีความพร้อมที่มากขึ้นเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา เพื่อที่ครูจะสามารถสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะเกิดประโยชน์แก่ผู้เรียน

1.3. การเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

การเตรียมความพร้อมให้ครูมีความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มศึกษาที่ดีจะทำให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้แก่ผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพจนสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่สำคัญ และจำเป็นในการเรียนรู้และการใช้ชีวิตในยุคศตวรรษที่ 21 (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Gill, & Dalgarno, 2017; Parker, Stylinski,

Bonney, Schillaci, & McAuliffe, 2015; Radloff, & Guzey, 2016) แต่ที่ผ่านมามีพบว่าการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มยังไม่เป็นไปตามที่ควรจะเป็น ต้องได้รับการปรับปรุงและพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อเตรียมความพร้อมให้ครูสะเต็มสามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Adams, Miller, Saul, & Pegg, 2014; Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ejiwale, 2013; Maher, Bailey, Etheridge, & Warby, 2013; Nadelson, Callahan, Pyke, Hay, Dance, & Pfiester, 2013; Radloff, & Guzey, 2016; Ring et al., 2017)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มพบว่าส่วนใหญ่เป็นการศึกษาสภาพการเตรียมความพร้อม การทดลองเพื่อเตรียมความพร้อม หรือการศึกษาความรู้ ความเข้าใจของครูและนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ซึ่งข้อค้นพบค่อนข้างมีผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ ครูส่วนใหญ่ยังไม่มีความพร้อมในการสอนสะเต็มเท่าที่ควร อันเนื่องมาจากปัจจัยและสาเหตุที่หลากหลายตั้งแต่ปัญหากระบวนการผลิตครูจนกระทั่งปัญหาส่วนบุคคลของครูแต่ละคน (Adams, Miller, Saul, & Pegg, 2014; Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ejiwale, 2013; Maher, Bailey, Etheridge, & Warby, 2013; Nadelson, Callahan, Pyke, Hay, Dance, & Pfiester, 2013; Radloff, & Guzey, 2016; Ring et al., 2017) ซึ่งควรได้รับการแก้ไข หรือหาแนวทางในการพัฒนาให้ครูมีความพร้อมในการสอนสะเต็มให้ดียิ่งขึ้น

1.4. สภาพปัญหาการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

จากที่กล่าวไว้ในส่วนก่อนหน้าว่าปัญหาความพร้อมของครูสะเต็มส่วนใหญ่มีปัญหาจากหลายเหตุปัจจัยตั้งแต่กระบวนการผลิตครูจนปัญหาส่วนบุคคลของครู ในส่วนนี้จึงแสดงสารสนเทศเกี่ยวกับปัญหาครูสะเต็ม ที่พบจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม พบว่ามีปัญหาหลักสองส่วน คือ ปัญหาของหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และปัญหาของหลักสูตรที่มีต่อนิสิตนักศึกษาครู ดังนี้

ปัญหาของหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มพบว่าปัญหาของหลักสูตรผลิตครูสะเต็มสิ่งแรกที่พบว่ามีมีความเชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตครูคือกระบวนการคัดเลือกครูเข้ามาเพื่อผลิตครูวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยส่วนใหญ่จะเน้นพิจารณาจากความรู้และทักษะทางด้านวิชาการ (academic knowledge /skills) แต่มหาวิทยาลัยเพียงไม่กี่แห่งที่จะพิจารณาจากความรู้และคุณลักษณะที่ไม่ใช่ทางวิชาการ (nonacademic knowledge /skills) เช่น ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ประสบการณ์ต่าง ๆ ภาวะทางอารมณ์หรือจิตใจ ซึ่งมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ที่ผลิตครูควรให้ความสำคัญกับความรู้และทักษะที่เป็น nonacademic ด้วย

เนื่องจากการที่จะไปเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้นั้น ครูควรมีทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิชาอื่น ๆ รวมทั้งความสามารถส่วนบุคคลอีกด้วย (Olson, Tippett, Milford, Ohana, & Clough, 2015)

นอกจากปัญหาการคัดเลือกนิสิตนักศึกษาเข้าสู่อการผลิตครูที่ไม่ครอบคลุมความสามารถทุกด้านแล้ว ยิ่งไปกว่านั้นพบว่า หลักสูตรผลิตครูโดยส่วนมากยังไม่มีการคาดหวังหรือการตั้งเป้าหมายให้ครูที่จบการศึกษาจากหลักสูตรนั้น ๆ มีความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการสอนเพิ่มเติมได้ (Adams et al., 2014; Ejiwale, 2013; Radloff, & Guzey, 2016; Ring et al., 2017) อีกทั้งอาจารย์ผู้สอนในหลักสูตรก็ยังมีความรู้ความสามารถทางด้านเพิ่มเติมไม่มากพอ (Maher et al., 2013) ส่งผลให้กระบวนการเตรียมความพร้อมครูวิทยาศาสตร์ให้สามารถสอนเพิ่มเติมศึกษาได้มีปัญหาตามมาอีกมากมาย

การที่หลักสูตรไม่มีการคาดหวังหรือตั้งเป้าหมายให้นิสิตนักศึกษามีความรู้ความเข้าใจ และความสามารถในการสอนเพิ่มเติมได้นั้น ทำให้หลักสูตรขาดการเตรียมความพร้อมครูให้มีคุณภาพ ขาดการสนับสนุนและลงทุนในด้านเพิ่มเติมศึกษา ขาดการสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับเพิ่มเติมศึกษา ขาดการถ่ายทอด การสอนเนื้อหา วิธีการประเมิน และศาสตร์การสอนเกี่ยวกับเพิ่มเติมศึกษา และขาดการให้นิสิตนักศึกษาฝึกปฏิบัติการจริงเกี่ยวกับเพิ่มเติมศึกษา (Ejiwale, 2013; Olson et al., 2015; Ring et al., 2017; Shernoff et al., 2017) อีกทั้งหลักสูตรผลิตครูยังมีการเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครูที่ไม่เพียงพอในด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเนื้อหาเฉพาะเจาะจง เช่น ศาสตร์การสอน การสอนผู้เรียนที่มีความหลากหลาย (Olson et al., 2015) อีกทั้งยังขาดการเตรียมความพร้อมด้านทักษะความสามารถในการบูรณาการศาสตร์การสอนกับเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ให้แก่นิสิตนักศึกษาครู (Ring et al., 2017; Shernoff et al., 2017) และนิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ไม่ได้รับการเตรียมความพร้อมให้มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าไปใช้ในห้องเรียนเพื่อช่วยในการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน (Evagorou, Dillon, Viiri, & Albe, 2015) เป็นเหตุให้นิสิตนักศึกษาครูประสบปัญหาส่วนบุคคลในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

ปัญหาของหลักสูตรที่มีต่อนิสิตนักศึกษาครู

ผลกระทบของการที่หลักสูตรขาดการคัดเลือกครูที่ดี ขาดการคาดหวังหรือการตั้งเป้าหมาย และขาดอาจารย์ผู้สอนที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเพิ่มเติม ทำให้หลักสูตรมีการสนับสนุนและการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติมที่ไม่ดี นิสิตนักศึกษาครูจึงขาดการรับรู้ความสามารถของตนและขาดความมั่นใจในการสอนเพิ่มเติมและการสอนวิทยาศาสตร์ (Adams et al., 2014; Ejiwale, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Maher et al., 2013; Nadelson et al., 2013; Radloff, & Guzey, 2016) ยิ่งไปกว่านั้นคือนิสิตนักศึกษาครูขาดความพร้อมเกี่ยวกับความรู้ที่ลึกซึ้งในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และขาดความรู้เกี่ยวกับศาสตร์การสอนที่ดี

(Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ejiwale, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Maher et al., 2013; Nadelson et al., 2013; Ring et al., 2017) ขาดความรู้ทางด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี (Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Strimel, & Grubbs, 2016) ขาดความรู้ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมที่เป็นสิ่งจำเป็นของสะเต็มศึกษา (Ejiwale, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Ring et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016) ทำให้ขาดความรู้ความสามารถในการสร้างหรือสอนให้ผู้เรียนผลิตนวัตกรรมได้ (Olson et al., 2015) เนื่องจากหลักสูตรขาดการบูรณาการวิศวกรรมและเทคโนโลยีไว้ในหลักสูตรการผลิตครูอย่างชัดเจน (Ring et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016) เนื้อหาและการปฏิบัติทางวิศวกรรมจึงยังเป็นสิ่งที่นิสิตนักศึกษาครูยังมีไม่เพียงพอ (Strimel, & Grubbs, 2016) ส่งผลให้นิสิตนักศึกษาครูมีทัศนคติที่ไม่ดีเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา คิดว่าสะเต็มเป็นสิ่งที่ยากต่อการสอน (Nadelson et al., 2013; Radloff, & Guzey, 2016) ไม่สามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016) และไม่ใช้สะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอน (Radloff, & Guzey, 2016) นิสิตนักศึกษาครูจึงมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับเนื้อหาและการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Radloff, & Guzey, 2016)

เมื่อจบการศึกษาไปนิสิตนักศึกษาครูจึงต้องพบกับความยากลำบากในการสอนแบบสะเต็ม (Ring et al., 2017) เนื่องจากนิสิตนักศึกษาครูส่วนมากขาดความรู้ความเข้าใจแนวคิดสะเต็มศึกษา (Adams et al., 2014) ไม่เข้าใจแนวคิดของสะเต็มที่ควรจะเป็นเพราะแนวคิดสะเต็มมีความหลากหลายตามบริบท นโยบาย ครู หรือผู้เรียน ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างแน่นอน (Shernoff et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016) นิสิตนักศึกษาครูไม่สามารถสอนได้อย่างเต็มความสามารถเพราะขาดประสบการณ์ในการปฏิบัติจริงเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (Olson et al., 2015) ไม่สามารถนำเอาสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้จริง (Ejiwale, 2013; Ring et al., 2017) ขาดความรู้ ความเชื่อและความเข้าใจในการบูรณาการสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน ทำให้การสอนสะเต็มไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (Ring et al., 2017) ซึ่งความไม่มั่นใจในเนื้อหาและวิธีการสอนของครูยังส่งผลให้ผู้เรียนมีความวิตกกังวลในการเรียนได้ เกิดทัศนคติที่ไม่ดีเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา (Nadelson et al., 2013) ขาดความสนใจและความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนการสอนแบบสะเต็ม (Evagorou et al., 2015; Shernoff et al., 2017) ผู้เรียนจึงเรียนรู้อะไรได้ไม่ดีเท่าที่ควร (Ejiwale, 2013; Nadelson et al., 2013)

นอกจากที่กล่าวมา Ejiwale (2013) ยังระบุว่าปัญหาสำคัญของครูสะเต็มคือ การพัฒนาความเป็นมืออาชีพ (professional development) และการขาดการวิจัยแบบร่วมมือรวมพลังเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา ทำให้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มไม่มีคุณภาพ อีกทั้งครูสะเต็มในยุค

ศตวรรษที่ 21 ยังต้องเผชิญกับความยากลำบากเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ใหม่ ๆ กิจกรรมการทดลองใหม่ ๆ และที่สำคัญคือการทำโครงการ (project) ของผู้เรียน ซึ่งครูส่วนมากยังไม่พร้อมกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคศตวรรษที่ 21 ครูยังขาดประสบการณ์ในการทำวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Liu, Liu, & Wang, 2015) ขาดทักษะการสืบสอบ ซึ่งมีความซับซ้อนต้องอาศัยทักษะความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และการนำสู่การปฏิบัติ (Nadelson et al., 2013) ครูส่วนมากจึงประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

จะเห็นได้ว่าปัญหาความพร้อมนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มเกิดจากหลายสาเหตุ นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ไม่มีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการสอนสะเต็ม (Eckman et al., 2016) โปรแกรมการผลิตครูส่วนมากยังมีความเชื่อมั่นและความสนใจในการสอนสะเต็มไม่มากเท่าที่ควร (Adams et al., 2014) สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่อาจจะไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างมาก (Evagorou et al., 2015) การจะทำอย่างไรให้ครูหรือนิสิตนักศึกษาครูมีแนวคิดที่ถูกต้องและมีความพร้อมเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาจึงเป็นคำถามที่สำคัญ ที่จะนำไปสู่การพัฒนาการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพในอนาคต (Radloff, & Guzey, 2016) การออกแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีความพร้อมและมีประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนที่ดี (Shernoff et al., 2017) ดังนั้นกระบวนการผลิตครูจึงควรมีการเปลี่ยนแปลงให้ไปสู่แนวทางการผลิตครูสะเต็มที่ดียิ่งขึ้น (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Liu, Liu, & Wang, 2015; Shernoff et al., 2017)

1.5. แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

จากความสำคัญของการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และปัญหาความพร้อมครูสะเต็มที่เกิดขึ้น ซึ่งควรได้รับการพัฒนา ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยส่วนหนึ่งที่ได้ข้อค้นพบและข้อเสนอแนะในเชิงการปฏิบัติ และอีกส่วนหนึ่งได้ข้อค้นพบในเชิงปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างและปัจจัยที่ส่งเสริมความพร้อมและสมรรถนะครู ซึ่งเนื้อหาทั้งสองส่วนจะเป็นสารสนเทศพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม โดยแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่สังเคราะห์ได้มีดังนี้

การคัดเลือกนิสิตนักศึกษาครูและการเพิ่มศักยภาพคณาจารย์

มหาวิทยาลัยและสถาบันผลิตครูควรให้ความสำคัญและการสนับสนุนการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ring et al., 2017) โดยเริ่มจากควรพิจารณาการกระบวนการรับนิสิตนักศึกษาเข้ามาผลิตครูควรเน้นทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ทักษะการสื่อสาร การบริหารจัดการ

การตนเองนอกเหนือจากการพิจารณาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ในวิชาอื่น ๆ ด้วย (Olson et al., 2015) นอกจากนี้ควรพิจารณาเพิ่มศักยภาพของคณาจารย์ในการสอนสะเต็มด้วย เพราะความรู้และทักษะสะเต็มศึกษาของคณาจารย์จะเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนานิสิตนักศึกษาครูให้มีความพร้อมในการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Allen, Webb, & Matthews, 2016; Craig, Evans, & Stokes, 2017; Ejiwale, 2013; Maher et al., 2013)

การตั้งเป้าหมายและการออกแบบการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

เมื่อมีนิสิตนักศึกษาที่ดีและคณาจารย์ที่ดีแล้ว หลักสูตรต้องคำนึงถึงการเตรียมความพร้อมทางด้านเนื้อหา ทักษะ และประสบการณ์การสอนสะเต็ม หลักสูตรต้องมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ (Hiebert, 2013; Radloff, & Guzey, 2016) และต้องออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมครูสะเต็มใหม่ (Shernoff et al., 2017) โดยเน้นการบูรณาการเนื้อหาทั้งศาสตร์การสอน ไม่สอนแยกเป็นส่วน ๆ (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Maher et al., 2013; Martin, 2015; Wasserman, & Rossi, 2015) เพราะสะเต็มศึกษาจะต้องเชื่อมโยงทั้งความรู้ ทักษะ และกระบวนการ เข้ากับความท้าทายของโลกในปัจจุบัน (Martin, 2015; Radloff, & Guzey, 2016; Rinke et al., 2016)

การบูรณาการความรู้เป็นหัวใจของสะเต็มศึกษา (Rinke et al., 2016) ซึ่งแนวคิดของสะเต็มศึกษา คือ ความสามารถในการระบุ ประยุกต์ และบูรณาการแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อนและผลิตนวัตกรรมมาใช้แก้ปัญหา (Rinke et al., 2016) เนื้อหา ความรู้ และทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมต้องบูรณาการร่วมกันในสะเต็มศึกษา (Strimel, & Grubbs, 2016) ครูจึงต้องไม่รู้เพียงแค่ว่าสะเต็มคืออะไร แต่ครูต้องรู้ว่าวิธีการสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร (Adams et al., 2014) โดยหลักสูตรผลิตครูอาจจะจัดให้มีวิชาที่ว่าด้วยสะเต็มศึกษาเพื่อยกระดับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น (Nadelson et al., 2013)

การสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพหลักสูตรจะต้องเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่ลึกซึ้ง (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ejiwale, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Maher et al., 2013; Nadelson et al., 2013; Ring et al., 2017) มีความรู้ที่สามารถสอนได้ทุกวิชา (Olson et al., 2015) รู้จักศาสตร์การสอน และวิธีการบูรณาการเนื้อหา ความรู้ แต่ละศาสตร์เข้าด้วยกัน (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Martin, 2015; Ring et al., 2017; Rinke et al., 2016; Strimel, & Grubbs, 2016)

การส่งเสริมเทคโนโลยีและวิศวกรรม

หลักสูตรควรมีการเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครูรู้จักเชื่อมโยงเทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษาเข้าในการจัดการเรียนการสอน เพิ่มบทบาทของเทคโนโลยีในการจัด

การเรียนการสอน (Martin, 2015; Rinke et al., 2016) โดยผสมเทคโนโลยีเข้าไปในหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีและนวัตกรรม การศึกษาเข้ากับเนื้อหาวิชาหลัก ศาสตร์การจัดการเรียนการสอน และสิ่งต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน สร้างความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีตามการเปลี่ยนแปลงของโลกให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Martin, 2015) และควรมีการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับวิศวกรรมด้วย เพราะเทคโนโลยีและ วิศวกรรมเป็นสิ่งที่ผลักดันให้วิธีการทางการศึกษาก้าวไปข้างหน้า (Strimel, & Grubbs, 2016)

หลักสูตรผลิตครูควรจัดการเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ และทักษะ เชิงวิศวกรรม (Ejiwale, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Shernoff et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016) ทักษะวิศวกรรม ได้แก่ ทักษะการออกแบบ การคิดอย่างเป็นระบบ การสร้างแบบจำลองหรือโมเดล มุมมองทางวิศวกรรม การวิเคราะห์โมเดล การตัดสินใจ การคิด ยืดหยุ่น การบริหารจัดการ การวางแผน การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการแก้ปัญหา ล้วน แล้วแต่เป็นทักษะที่สำคัญในสะเต็มศึกษาซึ่งครูสะเต็มควรมี อีกทั้งกระบวนการออกแบบ วิศวกรรม เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการบูรณาการสะเต็ม (Shernoff et al., 2017) ดังนั้นหลักสูตรควรมี การพัฒนาความเป็นมืออาชีพทางวิศวกรรมให้กับนิสิตนักศึกษาครู โดยเพิ่มวิชาวิศวกรรมไว้ใน หลักสูตรผลิตครู เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูมีความสามารถทางวิศวกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถ ออกแบบและพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ (Shernoff et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016) ทำ ให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้ากับวิทยาศาสตร์ได้ นิสิตนักศึกษา ครูควรรู้ว่าวิธีการบูรณาการเทคโนโลยีกับวิศวกรรมกับแต่ละวิชา มีวิธีอย่างไรบ้าง และรู้ว่าจะสามารถ ถ่ายทอดการรู้เทคโนโลยีและวิศวกรรมให้ผู้เรียนได้อย่างไร (Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Rinke et al., 2016; Strimel, & Grubbs, 2016) หลักสูตรผลิตครูจึงต้องไม่เพียงส่งเสริมแค่ความรู้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ต้องส่งเสริมเทคโนโลยีและวิศวกรรมให้เป็นความรู้และทักษะ หลักในหลักสูตรผลิตครูสะเต็มด้วย (Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; Rinke et al., 2016; Shernoff et al., 2017; Strimel, & Grubbs, 2016)

นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมในด้านความรู้ ทักษะต่าง ๆ วิธีการจัด การเรียนการสอน และวิธีการบูรณาการ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ อย่างลึกซึ้งและมากพอในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม นิสิตนักศึกษาครูจะ ใช้ความรู้ที่มีในการออกแบบวิธีการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างจากเดิมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สะเต็มดียิ่งขึ้น (Eckman et al., 2016) อีกทั้งยังเป็นการสร้างความเชื่อ ความมั่นใจ การรับรู้ ความสามารถของตนเอง แรงบันดาลใจ ทศนคติเชิงบวก และแรงจูงใจในการสอนสะเต็ม ให้กับครู เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Adams et al., 2014; Craig,

Evans, & Stokes, 2017; Maher et al., 2013; Nadelson et al., 2013; Rinke et al., 2016; Shernoff et al., 2017)

การสร้างความมั่นใจและการรับรู้ความสามารถของตนเอง

การเตรียมความพร้อมครูให้มีความมั่นใจและการรับรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มหลักสูตรควรเน้นการพัฒนาความเป็นมืออาชีพ (professional development) ให้กับครูอีกด้วย (Evagorou et al., 2015; Ejiwale, 2013; Hiebert, 2013; Liu, Liu, & Wang, 2015; Nadelson et al., 2013; Olson et al., 2015; Ring et al., 2017) Ring et al. (2017) ได้กล่าวว่าการที่หลักสูตรพัฒนาความเป็นมืออาชีพให้กับครูสามารถทำให้ครูมีความเชื่อในการบูรณาการสะเต็มมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มควรได้รับการเตรียมความพร้อมให้มีความรู้ มีทักษะ การทดลอง มีประสบการณ์ทำวิจัย และการฝึกประสบการณ์จริงในการจัดการเรียนการสอน (Liu, Liu, & Wang, 2015; Strimel, & Grubbs, 2016)

การจัดประสบการณ์จริง

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการเตรียมความพร้อม คือ ประสบการณ์จริงในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม หลักสูตรควรให้ความสำคัญกับการสร้างองค์ความรู้ และประสบการณ์เท่า ๆ กัน (Allen, Webb, & Matthews, 2016; Evagorou et al., 2015; Olson et al., 2015) นิสิตนักศึกษาครูควรมีโอกาสได้รับการฝึกประสบการณ์การบูรณาการสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน (Evagorou et al., 2015; Hiebert, 2013; Madden, Beyers, & O'Brien, 2016; McIntyre, Walkowiak, Thomson, Carrier, Lee, Greive, ... & Difrancesca, 2013; Olson et al., 2015; Radloff, & Guzey, 2016; Wasserman, & Rossi, 2015) การเตรียมความพร้อมครูสะเต็มต้องไม่เตรียมแค่นิสิตนักศึกษาครูสอนสะเต็มได้หรือรู้แค่เพียงวิธีบูรณาการ แต่ต้องเตรียมความพร้อมให้ครูได้มีประสบการณ์ ได้เห็น และลงมือปฏิบัติจริงในชั้นเรียน (Hiebert, 2013; Radloff, & Guzey, 2016) หลักสูตรควรจัดการเรียนการสอนและประสบการณ์สะเต็มแบบเข้าถึงได้ง่าย (Radloff, & Guzey, 2016) การได้ฝึกประสบการณ์จริงจะทำให้ นิสิตนักศึกษาครูมีความมั่นใจ และความยึดมั่นผูกพันกับสะเต็มศึกษามากยิ่งขึ้น (Adams et al., 2014) ถ้านิสิตนักศึกษาครูเข้าใจแนวคิดสะเต็มและมีประสบการณ์การสอนสะเต็ม นิสิตนักศึกษาครูจะสามารถจัดการเรียนการสอน และการบูรณาการสะเต็มได้ประสบความสำเร็จ (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Wasserman, & Rossi, 2015)

การพัฒนาความสามารถด้านการวิจัย

อีกวิธีที่หลักสูตรควรเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม คือ การพัฒนาความสามารถด้านการวิจัยแก่นิสิตนักศึกษาครู เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และการปฏิบัติจริง ๆ ในโรงเรียนต้องใช้การวิจัยเป็นฐานในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ (Evagorou et al., 2015; Liu, Liu, & Wang, 2015; Olson et

al., 2015) การเรียนรู้และประสบการณ์การวิจัยจะทำให้ครุมีทักษะการแก้ปัญหา สามารถแก้ปัญหา และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบต่าง ๆ ได้ (Liu, Liu, & Wang, 2015) การนำนวัตกรรมจากการวิจัยมาพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น (Evagorou et al., 2015)

การเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของการศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21 ก็เป็นสิ่งสำคัญ การที่ครุมีทักษะของศตวรรษที่ 21 เช่น ทักษะการปรับตัว การสื่อสาร ทักษะทางสังคม การแก้ปัญหา การบริหารจัดการตนเอง การพัฒนาตนเอง และการคิดอย่างเป็นระบบ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้และวิธีการสอนของครู ที่สามารถนำไปใช้สนับสนุนความคิดที่ครอบคลุมในการบูรณาการสะเต็มให้ดียิ่งขึ้น (Ring et al., 2017; Rinke et al., 2016)

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มไม่มีรูปแบบที่แน่นอน (no one-size-fits-all) สามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมได้ตามบริบท วัฒนธรรม และสังคมของแต่ละประเทศ ซึ่งขึ้นกับนโยบายของผู้บริหาร ครู หรือผู้ออกนโยบายของหน่วยงานนั้น ๆ (Evagorou et al., 2015; Ring et al., 2017) หลักสูตรหรือผู้เกี่ยวข้องทางการศึกษาจึงควรมีการทำวิจัยเพื่อศึกษาว่าควรเตรียมความพร้อมครูสะเต็มอย่างไร ควรจัดการเรียนการสอนแบบใดถึงจะทำให้การสอนสะเต็มมีประสิทธิภาพ (Radloff, & Guzey, 2016) เพื่อเป็นการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับบริบทที่เป็นอยู่

นอกจากนี้เกณฑ์การขออนุญาตประกอบวิชาชีพครูควรมีการปรับปรุงทุก ๆ 5 ปี เพื่อปรับปรุงคุณภาพครูให้สอดคล้องกับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Olson et al., 2015) เหนือสิ่งอื่นใดสิ่งที่ครุควรมีในการประกอบวิชาชีพครู คือ ครูต้องสามารถสอนหนังสือตามความต้องการของผู้เรียน มีความรู้ทางจิตวิทยาการศึกษา เทคโนโลยีการศึกษา ปรัชญาการศึกษา การบริหารจัดการชั้นเรียน การวัดประเมินทางการศึกษา และการศึกษาพิเศษ (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Olson et al., 2015)

ดังนั้นหลักสูตรผลิตครู จึงควรมีการพิจารณาเปลี่ยนแปลง แก้ปัญหาต่าง ๆ เพื่อเตรียมความพร้อมให้ครุมีความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Liu, Liu, & Wang, 2015; Shernoff et al., 2017) ที่ไม่ใช่เพียงการเตรียมความพร้อมแค่ความรู้สะเต็ม เนื้อหารายวิชา หรือวิธีการสอนสะเต็มเท่านั้น (Adams et al., 2014) แต่ต้องเตรียมความพร้อมนิสิตนักศึกษาครูให้ได้รับประสบการณ์ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้เนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเข้าด้วยกัน หรือกล่าวได้ว่าควรเตรียมความพร้อมให้นิสิตนักศึกษาครุมีสมรรถนะ TPACK ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มด้วย

2. มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK

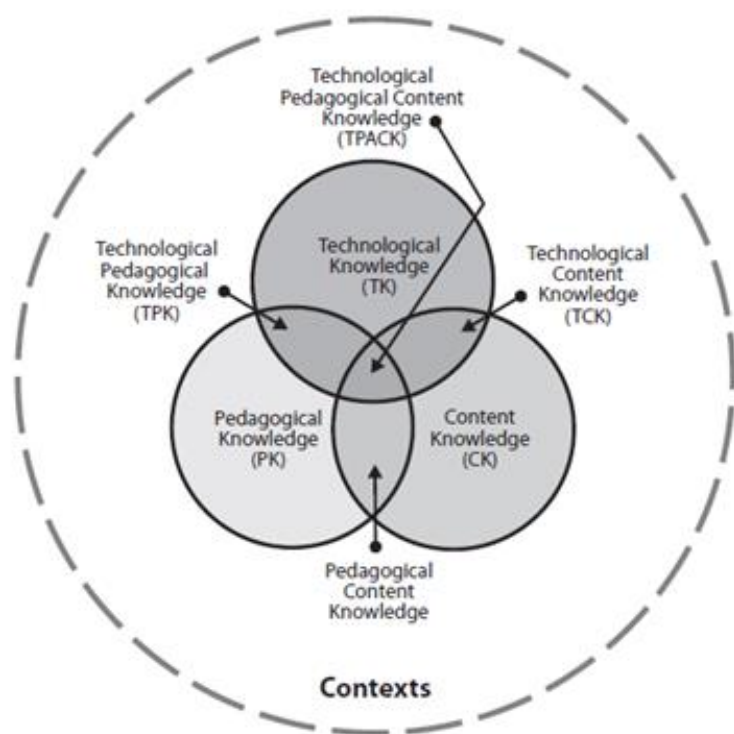
การเตรียมความพร้อมให้ครูสะเต็มมีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มสามารถเลือกใช้และบูรณาการเนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนา ซึ่งการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มตามกรอบ TPACK เป็นแนวคิดหนึ่งที่มีความสำคัญที่จะทำให้ครูสะเต็มสามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ดังที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จึงนำเสนอแนวคิดสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK โดยแสดงให้เห็นความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะครู TPACK กับการเตรียมความพร้อมครู การวัดสมรรถนะ TPACK การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK และการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK และนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK

2.1. ความสำคัญและความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะครู TPACK กับการเตรียมความพร้อมครู

TPACK (technology pedagogy and content knowledge) เป็นกรอบแนวคิดสมรรถนะครูที่พัฒนามาจาก PCK ของ Shulman (1986) ที่เสนอว่าครูควรมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับศาสตร์การสอนและเนื้อหาที่ดี สามารถผสมผสานความรู้ทางด้านศาสตร์การสอนและเนื้อหาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในปี 2006 Mishra และ Koehler ได้มีการเพิ่มเติมมิติเกี่ยวกับเทคโนโลยี (T) เข้าไปใน PCK (Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler, Mishra, Akcaoglu, & Rosenberg, 2013; Valtonen et al., 2017; Zipke, 2018) โดย TPACK เป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการเตรียมความพร้อมให้ครูในยุคดิจิทัลให้มีสมรรถนะสำคัญที่ควรมีในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนให้มีความมีประสิทธิภาพ (Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler, Mishra, Bouck, DeSchryver, Kereluik, Shin, & Wolf, 2011; Koehler et al., 2013) ทำให้ครูสามารถใช้เทคโนโลยีในการสอนได้ดียิ่งขึ้น (Koehler et al., 2011) โดย TPACK จะให้มุมมองเกี่ยวกับความเข้าใจที่ลึกซึ้งในการใช้ความรู้แต่ละด้านของครู เพื่อจัดการเรียนการสอนที่มีการบูรณาการเทคโนโลยีให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Harris, Phillips, Koehler, & Rosenberg, 2017; Valtonen et al., 2017; Sun, Strobel, & Newby, 2017)

TPACK มีองค์ประกอบหลักที่เป็นความรู้ 3 ด้าน คือ 1) ความรู้เนื้อหา (content knowledge: CK) เกี่ยวกับอะไรที่ครูสอน (what they teach) 2) ความรู้ศาสตร์การสอน (pedagogical knowledge: PK) เกี่ยวกับสอนอย่างไร (how they teach) และ 3) ความรู้เทคโนโลยี (technological knowledge: TK) เกี่ยวกับ ความเข้าใจว่าจะสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียน

การสอนอย่างไร (using what tools) (understanding how teachers can adapt, reuse, and repurpose new technology for use in classrooms) จากองค์ประกอบหลักสามด้านแนวคิด TPACK จะมีการบูรณาการหรือผสมผสานองค์ประกอบหลักให้เป็นองค์ประกอบที่บูรณาการอีก 4 องค์ประกอบ (Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler et al., 2011; Koehler et al., 2013) ดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 โครงสร้างการบูรณาการ TPACK (Koehler et al., 2013)

จากองค์ประกอบหลักสามองค์ประกอบและองค์ประกอบบูรณาการ 4 องค์ประกอบ ทำให้ TPACK มีโครงสร้างทั้งหมด 7 ส่วน (Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler et al., 2013; Valtonen, Kukkonen, Kontkanen, Mäkitalo-Siegl, & Sointu, 2018; Valtonen et al., 2017; Sun, Strobel, & Newby, 2017; Zipke, 2018) ซึ่งแต่ละส่วนจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) Content Knowledge (CK) คือ ความรู้ในเนื้อหาทฤษฎี และแนวคิด (concept) ในเรื่องที่ได้เรียนมาและเรื่องที่สอน เป็นความเข้าใจธรรมชาติของความรู้ และวิธีการหาความรู้ในวิชาต่าง ๆ

2) Pedagogical Knowledge (PK) คือ ความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ ความสามารถในการควบคุมและการแนะนำสถานการณ์ต่าง ๆ ในการเรียนรู้ เป็นความรู้ทั่วไปทางปัญญา สังคม และทฤษฎีการพัฒนาการเรียนรู้ ความรู้เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอน ความรู้เกี่ยวกับการบริหารจัดการและการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี ซึ่งความรู้ที่

เกี่ยวข้องไม่ได้จำกัดเพียงความเข้าใจการบริหารจัดการชั้นเรียน การสร้างแรงจูงใจให้นักเรียน การวางแผนการสอน หรือการประเมินผู้เรียน แต่อาจจะรวมถึงความรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอน การสอนให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ หรือการทราบลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน

3) Technological Knowledge (TK) คือ ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยี ความเข้าใจความเป็นไปได้และข้อจำกัดของเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด ความสนใจในการติดตามการพัฒนา ปรับตัว และเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ความเข้าใจว่าจะใช้ hardware และ software คอมพิวเตอร์ และเครื่องมือต่าง ๆ อย่างไรในบริบทการศึกษา

4) Technological Content Knowledge (TCK) คือ ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในเนื้อหาวิชาต่าง ๆ การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของเทคโนโลยีและเนื้อหา ความเข้าใจในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและเทคโนโลยี การรู้ว่าเทคโนโลยีและเนื้อหาที่มีผล มีความเชื่อมโยง และมีข้อจำกัดต่อกันอย่างไร การเข้าใจว่าเนื้อหาที่สอนอยู่จะสามารถใช้เทคโนโลยีช่วยในการสอนได้อย่างไร การรู้ว่าเทคโนโลยีมีผลอย่างไรกับเนื้อหาต่าง ๆ และการรู้ว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีแสดงเนื้อหาที่ชัดเจนได้อย่างไร

5) Technological Pedagogical Knowledge (TPK) คือ การประยุกต์ความสามารถของเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการสอน ความเข้าใจความเป็นไปได้และข้อจำกัดของเทคโนโลยีที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบหรือกลยุทธ์การเรียนการสอน ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสอนและการเรียนรู้เทคโนโลยีที่หลากหลายสำหรับการปฏิบัติการสอน ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างเทคโนโลยีและศาสตร์การสอน การรู้ว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างไรบ้างเพื่อให้บรรลุเป้าหมายการสอน การเลือกเครื่องมือเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีการสอนแบบต่าง ๆ

6) Pedagogical Content Knowledge (PCK) คือ การสอนอย่างมีประสิทธิภาพ รู้ว่าเนื้อหาแต่ละเรื่องมีวิธีการสอนและเหมาะสมวิธีการสอนแบบใดที่จะสามารถสอนผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรู้ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและศาสตร์การสอน การเชื่อมโยงเนื้อหาและการสอนเข้าด้วยกัน

7) Technological Pedagogical And Content Knowledge (TPACK) คือ การสังเคราะห์ผสมผสานหรือบูรณาการความรู้เนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี มาใช้ในการออกแบบประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน โดยเน้นว่าจะใช้เทคโนโลยีในการสอนอย่างไรให้สามารถสอนเนื้อหาได้อย่างชัดเจนในบริบทเฉพาะต่าง ๆ

กรอบสมรรถนะครู TPACK มีความเหมาะสมที่ควรนำมาเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรมการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มและครูในศตวรรษที่ 21 (Gill, & Dalgarno, 2017; Harris et al., 2017; Koehler et al., 2011; Valtonen et al., 2017; Sun, Strobel, & Newby, 2017; Zipke, 2018)

เป็นกรอบการเตรียมความพร้อมครูให้สามารถใช้เทคโนโลยีในการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ (Drummond, & Sweeney, 2017; Koehler et al., 2013) TPACK เน้นการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้ความเข้าใจของครูในด้านเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และเนื้อหาในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นการสร้างสรรคและความยืดหยุ่นให้แก่ผู้เรียน โดยครูต้องออกแบบการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงเนื้อหาที่สอน วิธีการสอน เทคโนโลยีที่ใช้ และรู้ว่าเครื่องมือใดจะช่วยส่งเสริมการสอนในบริบทนั้น ๆ ถ้าครูนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้โดยปราศจากความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาและศาสตร์การสอนเกี่ยวกับเทคโนโลยี อาจจะทำให้การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากการมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ครูสามารถบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนได้ (Drummond, & Sweeney, 2017; Koehler et al., 2013; Sun, Strobel, & Newby, 2017)

TPACK มักจะถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครู แต่กรอบ TPACK นั้นสามารถใช้ได้แตกต่างกันตามบริบท วิธีการสอน เนื้อหา และเทคโนโลยีที่ใช้ TPACK จึงมักจะถูกนำไปศึกษาร่วมกับบริบทต่าง ๆ อย่างหลากหลาย (Valtonen et al., 2018; Valtonen et al., 2017) TPACK สามารถนำไปใช้ได้กับหลากหลายบริบท ซึ่งแต่ละบริบทจะไม่มีรูปแบบการสอนที่แน่นอน หรือไม่มี one-size fit all ดังนั้นการผสมผสานหรือปฏิสัมพันธ์ของความรู้ เทคโนโลยี เนื้อหา และศาสตร์การสอนจึงมีความหลากหลายตามบริบทนั้น ๆ (Koehler et al., 2013) TPACK ให้ความสำคัญกับแนวคิดการเตรียมครูเป็นนักออกแบบ (teacher as designers) โดยเน้นเตรียมความพร้อมให้ครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนที่มีการใช้เทคโนโลยีตามกรอบ TPACK ได้ในหลากหลายบริบท ทำให้ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนการสอนได้อย่างยืดหยุ่นตามความรู้เนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี ในบริบทเฉพาะต่าง ๆ ได้ ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนของครูมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Gill, & Dalgarno, 2017; Koehler, & Mishra, 2008; Koehler et al., 2013; Mishra, Koehler, & Kereluik, 2009)

นอกจากนี้ผู้เรียนในยุคศตวรรษที่ 21 ถูกคาดหวังให้มีทักษะที่จำเป็น เช่น ทักษะการร่วมมือรวมพลัง การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงนวัตกรรม การใช้ข้อมูลสารสนเทศให้เป็นประโยชน์ ทักษะทางสังคม และ การใช้เทคโนโลยีเพื่อการสื่อสาร ดังนั้นครูจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาที่ดี มีวิธีการสอน (pedagogical approaches) ที่หลากหลาย และควรมีแนวทางที่เหมาะสมในการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการพัฒนาทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (Drummond, & Sweeney, 2017; Valtonen et al., 2018; Valtonen et al., 2017) การเรียนสมัยใหม่จึงต้องเปลี่ยนจากการจัดการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมเป็นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและมีการเปิดรับวิธีการสอนใหม่ ๆ (Petko, Prasse, & Cantieni, 2018) โดยการศึกษาในปัจจุบันมุ่งผลักดันให้มีการจัดการเรียนการสอนแบบร่วมสมัย เน้นการใช้ข้อมูลสารสนเทศ การสื่อสาร และเทคโนโลยี

(information communication and technology: ICT) ในการจัดการเรียนการสอนให้มีความทันสมัยในยุคดิจิทัล ดังนั้นการบูรณาการ ICT เข้ากับการเรียนการสอนในยุคนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้จุดมุ่งหมายดังกล่าวประสบความสำเร็จ (Drummond, & Sweeney, 2017; Valtonen et al., 2017) เนื่องจาก ICT เป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่สนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนของครูและการเรียนรู้ของนักเรียนเปิดกว้างและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017) นอกจากนี้ ICT ยังเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะแกนกลางที่สำคัญในยุคศตวรรษที่ 21 คือ ทักษะการร่วมมือร่วมพลัง การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Valtonen et al., 2018; Valtonen et al., 2017) ดังนั้นครูสมัยใหม่จึงควรมีความรู้ความสามารถและความพร้อมที่จะบูรณาการ ICT ในการจัดการเรียนการสอน (Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017; Valtonen et al., 2018) ซึ่งสอดคล้องกับกรอบสมรรถนะ TPACK ที่ครูควรมีในยุคนี้

การเรียนการสอนในยุคศตวรรษที่ 21 ให้ความสำคัญและพยายามนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอน แต่ผลการวิจัยในอดีตยังพบว่า ครูยังไม่มีความพร้อมเท่าที่ควร (Koehler et al., 2011) ขาดการสนับสนุนที่ดี มีการเตรียมความพร้อมและการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนในตำรา (Drummond, & Sweeney, 2017; Zipke, 2018) การใช้เทคโนโลยีในการศึกษายังมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ไม่ใช่เพียงแต่ความถี่ที่ครูนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน แต่รวมไปถึงการที่ครูยังมีความรู้ และความสามารถในด้านศาสตร์หรือวิธีการสอนที่ใช้เทคโนโลยีที่ยังไม่ดีเพียงพออีกด้วย (Gill, & Dalgarno, 2017; Petko, Prasse, & Cantieni, 2018; Valtonen et al., 2018; Zipke, 2018) ทำให้ ครูขาดความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีในการสอน มีการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนน้อยกว่าที่ควรจะเป็น (Gill, & Dalgarno, 2017; Valtonen et al., 2018; Zipke, 2018)

การบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนไม่ได้เป็นเพียงแค่การนำเทคโนโลยีไปใช้ในห้องเรียน หรือการนำเทคโนโลยีไปสนับสนุนการเรียนแบบดั้งเดิมแต่เพียงเท่านั้น (Al-Awidi, & Aldhafeeri, 2017) ครูจึงควรมีความรู้ในเนื้อหาที่ดี มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด วิธีการ และศาสตร์การสอนที่ดี อีกทั้งควรมีความรู้และทักษะในการใช้เทคโนโลยีที่ดี เพื่อใช้ในการสร้างสรรค์การเรียนการสอนของตนให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ สามารถเรียนรู้ได้เต็มความสามารถของผู้เรียน และเปิดประสบการณ์ใหม่ ๆ ให้แก่ผู้เรียน (Drummond, & Sweeney, 2017; Koehler et al., 2011) เมื่อครูมีความรู้ และทักษะเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ จะทำให้ครูสามารถสร้างโอกาสการนำเสนอเนื้อหาและความรู้แบบใหม่ ๆ และอาจสร้างสรรค์แนวทางการสอนที่ไม่เคยมีมาก่อนได้ ดังนั้นครูรุ่นใหม่จึงควรได้รับการพัฒนาให้ใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม โดยควรมีความรู้ในเนื้อหาที่ถูกต้องและแม่นยำ รู้วิธีการจัดการเรียนการสอนและมีความรู้

เกี่ยวกับศาสตร์การสอนที่ดี (Drummond, & Sweeney, 2017; Koehler et al., 2011; Valtonen et al., 2018) จึงจะสามารถจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมในยุคศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมและการสอนที่เน้นการใช้เทคโนโลยีจะมีประสิทธิภาพถ้าครุมีความรู้ความสามารถตามกรอบสมรรถนะ TPACK ผู้ที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาคควรส่งเสริมและเตรียมความพร้อมให้ครุมีความรู้ ความเข้าใจและทักษะในส่วนต่าง ๆ ตามกรอบ TPACK อย่างรอบด้านเพื่อเพิ่มความมั่นใจและความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนของครุให้มีมากยิ่งขึ้น (Al-Awidi, & Aldhafeeri, 2017; Drummond, & Sweeney, 2017; Zipke, 2018)

2.2. การวัดสมรรถนะ TPACK

การที่จะส่งเสริมและเตรียมความพร้อมครุตามกรอบ TPACK ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เกี่ยวข้องทางการศึกษาจึงควรมีข้อมูลเกี่ยวกับสภาพความพร้อมของครุตามกรอบ TPACK ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาส่งเสริมและเตรียมความพร้อมตามกรอบ TPACK ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม แต่ในปัจจุบันยังพบปัญหาว่าเครื่องมือที่ใช้ศึกษาสมรรถนะครุตามกรอบ TPACK ส่วนมากมีความตรงและความเที่ยงของแบบวัดไม่ดีมากนัก (Baser, Kopcha, & Ozden, 2016; Koehler, Shin, & Mishra, 2012) เนื่องจากกรอบ TPACK เป็นกรอบที่ยากและซับซ้อนต่อการวัด (Brantley-Dias, & Ertmer, 2013; Petko, Prasse, & Cantieni, 2018; Valtonen et al., 2017) โดยเฉพาะด้านที่เกี่ยวกับคุณลักษณะทางจิต และด้านความรู้เกี่ยวกับศาสตร์การสอน (Valtonen et al., 2017) การสร้างเครื่องมือวัด TPACK แต่ละมิติจะมีความซ้อนทับกันเป็นแบบพหุมิติ (multi-dimensional) ไม่สามารถแยกแต่ละมิติได้โดยง่าย (Archambault & Barnett, 2010; Drummond, & Sweeney, 2017; Gill, & Dalgarno, 2017; Sun, Strobel, & Newby, 2017) แบบสอบถาม TPACK ส่วนใหญ่จึงมีข้อคำถามที่มีจำนวนมาก และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วแต่ละข้อคำถามจะมีค่าน้ำหนักข้ามองค์ประกอบ (cross-loading) สูง (Archambault & Barnett, 2010; Drummond, & Sweeney, 2017) ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครุตาม TPACK ให้มีความตรงและความเที่ยงมากยิ่งขึ้น และควรมีการลดจำนวนข้อคำถามให้น้อยลง อีกทั้งควรมีการศึกษาข้อมูลเชิงคุณภาพร่วมด้วย (Drummond, & Sweeney, 2017) เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพในการศึกษาสมรรถนะครุตามกรอบ TPACK อันจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการวางแผน สนับสนุน การเตรียมความพร้อมครุตามกรอบ TPACK ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.3. การพัฒนาสมรรถนะครุเพิ่มเติมตามกรอบ TPACK

จากสภาพปัญหาที่พบว่าครุที่สอนเพิ่มเติมส่วนมากขาดความเข้าใจเกี่ยวกับศาสตร์การสอน เนื้อหา และใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าครุรู้เพียงว่าเพิ่มเติมศึกษาคืออะไร พยายามใช้

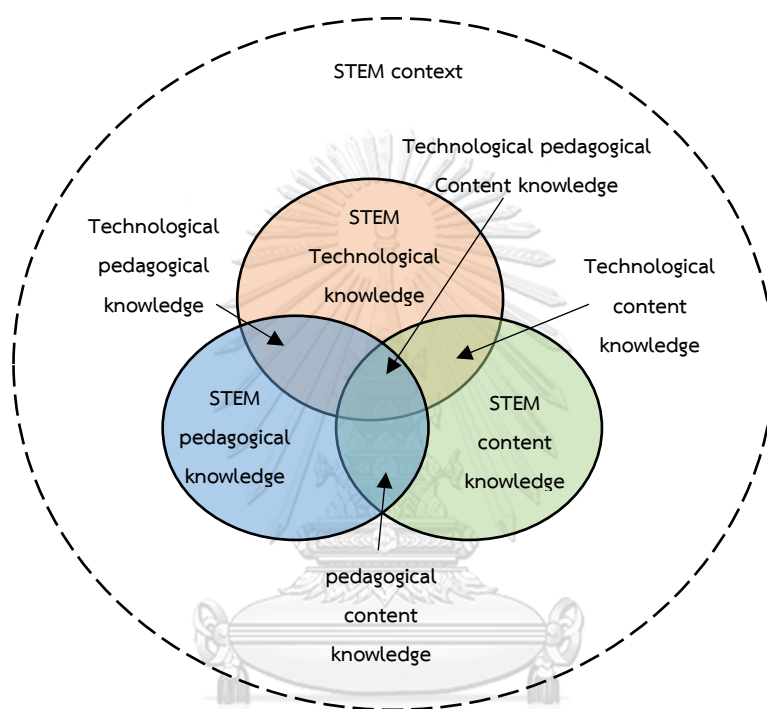
แนวคิดสะเต็มศึกษาโดยไม่ทราบว่าจะใช้วิธีการสอนแบบใด ใช้เทคโนโลยีอย่างไร จึงจะเหมาะสมกับการบูรณาการเนื้อหาสะเต็มในแต่ละส่วน ซึ่งถ้าครูถูกเตรียมความพร้อมให้มีความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็มตามกรอบ TPACK จะทำให้ครูมีความรู้ในด้านเนื้อหา วิธีการหรือศาสตร์การสอน รวมทั้งมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ดี และเหมาะสมกับการออกแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการบูรณาการสะเต็ม ซึ่งจะทำให้ครูสะเต็มสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Chai, 2019; Rahman, Krishnan, & Kapila, 2017; Srisawasdi, 2012; Štuikys, & Burbaitė, 2018)

TPACK เป็นกรอบสมรรถนะครูในศตวรรษที่ 21 เน้นแนวคิดในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญกับองค์ความรู้ในแต่ละส่วนที่ครูควรมีในการสอน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับบริบทต่าง ๆ ได้หลากหลายบริบท โดยมีนักวิจัยบางส่วนได้นำกรอบสมรรถนะ TPACK มาใช้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะครูหรือเตรียมความพร้อมครูในบริบทสะเต็มศึกษา เช่น การนำ TPACK มาร่วมในการออกแบบพัฒนาหลักสูตรครูสะเต็ม (McPherson, & Anid, 2014); การพัฒนาหุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสะเต็มตามแนวคิด TPACK (Rahman, Krishnan, & Kapila, 2017; Štuikys, & Burbaitė, 2018) ใช้ TPACK เป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาความเชื่อของครูในการใช้หุ่นยนต์สอนสะเต็ม (Rahman, Chacko, & Kapila, 2017) ใช้ TPACK เป็นตัวบ่งชี้การประเมินประสิทธิภาพการใช้หุ่นยนต์สอนสะเต็ม (Rahman, Krishnan, & Kapila, 2017) และการนำแนวคิด TPACK มาใช้ร่วมกับ case base learning ในการพัฒนาครูสะเต็ม (Srisawasdi, 2012)

การใช้ TPACK ในบริบทสะเต็มนี้มีแนวคิดที่ว่า ถ้าครูมีความรู้ความสามารถตามกรอบ TPACK คือมีความรู้ในศาสตร์การสอน เนื้อหา และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในบริบทสะเต็มจะทำให้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ง่ายชัดเจน และมีประสิทธิภาพในการบูรณาการองค์ประกอบแต่ละส่วนของสะเต็มศึกษา (Chai, 2019; Srisawasdi, 2012; Štuikys, & Burbaitė, 2018)

แนวคิดสะเต็มศึกษาและ TPACK เป็นสิ่งที่ควรมีคู่กัน ครูที่มีความรู้สะเต็มศึกษา แต่ไม่มีสมรรถนะ TPACK จะไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และกรอบสมรรถนะ TPACK เป็นกรอบมาตรฐานความรู้ที่ครูควรมีซึ่งต้องอิงบริบท การทราบว่าครูมีความรู้ TPACK อย่างเดียวที่ไม่อิงบริบท จะบอกได้แค่ว่าครูมีความรู้ TPACK ในระดับใด แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าครูสามารถปฏิบัติตามกรอบ TPACK ได้หรือไม่ ครูจึงควรมีทั้งความรู้ TPACK และสะเต็มศึกษา เพื่อสามารถออกแบบและจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านต่าง ๆ ที่ตนเองมี มาออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงได้ เมื่อนำแนวคิดสะเต็มศึกษากับ TPACK มาใช้ร่วมกันจะทำให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จัดการเรียนการสอนได้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง สอดคล้องกับลักษณะการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 (Chai, 2019; Mishra,

Koehler, 2006; Parker et al, 2015) แต่ที่ผ่านมายังพบว่า ครูยังมีความพร้อมเกี่ยวกับความรู้ความสามารถในการบูรณาการสะเต็ม และสมรรถนะครูตามกรอบ TPACK ที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาครูให้มีความพร้อมที่เพียงพอในทั้ง 2 ด้านตามแนวคิด TPACK-STEM (ภาพ 2.3) เพื่อให้ครูมีความพร้อม สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือกล่าวได้ว่าควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ

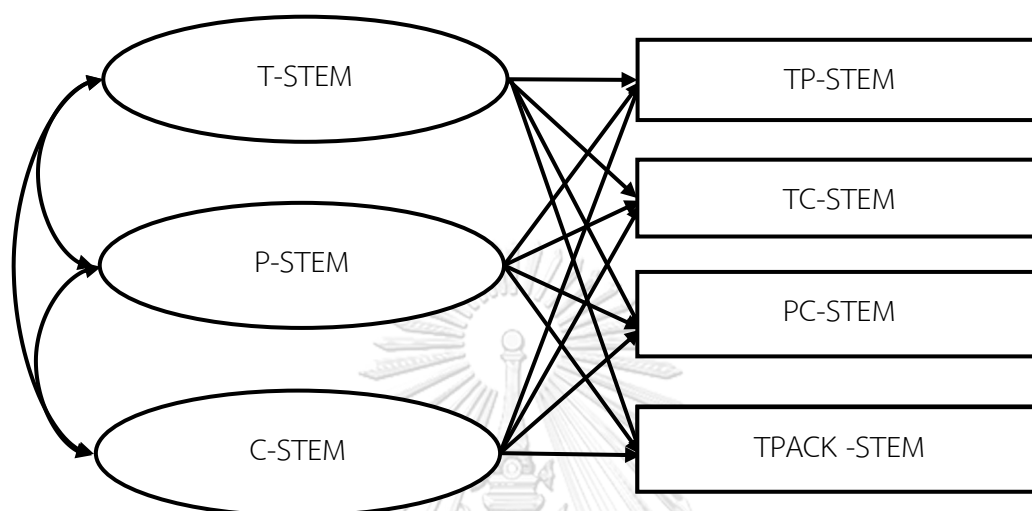


ภาพ 2.3 กรอบสมรรถนะครู TPACK-STEM (Štuitkys, & Burbaité, 2018)

2.4. การวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เครื่องมือที่ใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ยังต้องได้รับการพัฒนาให้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากธรรมชาติของแนวคิดสะเต็มศึกษาและ TPACK ต่างมีความซับซ้อนและยากต่อการแยกแต่ละมิติในการวัดให้ขาดจากกันได้ง่าย (Brantley-Dias, & Ertmer, 2013; Petko, Prasse, & Cantieni, 2018; Valtonen et al., 2017) แบบสอบถาม TPACK และสะเต็ม ส่วนใหญ่จึงมีข้อคำถามจำนวนมาก และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วข้อคำถามแต่ละข้อจะมีค่าน้ำหนักข้ามองค์ประกอบ (cross-loading) สูง (Archambault & Barnett, 2010; Drummond, & Sweeney, 2017) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาและพัฒนาให้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ควรใช้องค์ประกอบของพื้นฐาน คือ T P C เป็นองค์ประกอบ

หลักและใช้แนวคิดสะเต็มเป็นบริบท ดังนั้นการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK จะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบคือ T-STEM, P-STEM, C-STEM โดยแต่ละองค์ประกอบควรใช้ตัวบ่งชี้ที่มีลักษณะเป็นการบูรณาการ TPACK ตั้งแต่สององค์ประกอบขึ้นไปในบริบทสะเต็ม ได้แก่ TC-STEM TP-STEM PC-STEM และ TPACK-STEM เพื่อใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็ม ดังภาพ 2.4



ภาพ 2.4 องค์ประกอบการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK

2.5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพและประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มอาจมีหลายปัจจัย เนื้อหาในส่วนนี้จึงนำเสนอปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างและปัจจัยที่ส่งเสริมความพร้อมและสมรรถนะครู ที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มและการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานที่ศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุของความพร้อมและสมรรถนะครูสะเต็มมีจำนวนไม่มาก งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นงานวิจัยเชิงทดลอง หรือเชิงสำรวจ ที่มีการศึกษาและกล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพร้อมและสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งผู้วิจัยได้สังเคราะห์ปัจจัยดังกล่าวเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) ปัจจัยเกี่ยวกับเจตคติและแรงจูงใจ 2) ปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจของครู 3) ปัจจัยที่เกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ ของครู 4) ปัจจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ และ 5) ปัจจัยเกี่ยวกับการได้รับการสนับสนุนในการสอนสะเต็ม มีรายละเอียดดังนี้

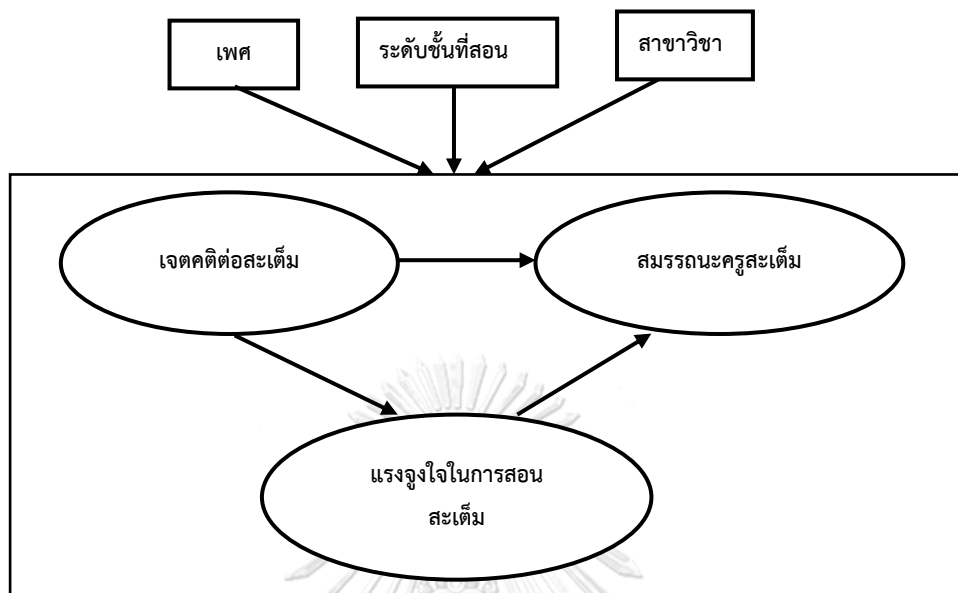
ปัจจัยเกี่ยวกับเจตคติและแรงจูงใจของครู

สมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มจะเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงความพร้อมครูสะเต็ม การที่ครูจะมีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม ครูจะต้องมีสมรรถนะครู

สะเต็ม คือ ครูต้องมีความรู้ในเนื้อหาสะเต็มที่ดี มีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับศาสตร์การสอนที่ดี การที่ครูมีความรู้และทักษะต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ครูเกิดความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Cho, & Shim, 2013; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hansen, 2014; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Shernoff et al., 2017) ความรู้และทักษะดังกล่าวที่ครูควรมีสอดคล้องกับกรอบสมรรถนะครู TPACK ที่มีสะเต็มเป็นบริบท การที่ครูจะมีสมรรถนะและความพร้อมดังกล่าวครูจะต้องมีการรับรู้ความสามารถของตนเองที่ดี ซึ่งการรับรู้ความสามารถในตนเองที่ดีเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ครูมีสมรรถนะที่ดีและสามารถพัฒนาตนเองให้มีสมรรถนะที่ดีขึ้นได้ (Cho, & Shim, 2013; Craig, Evans, & Stokes, 2017; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Margot, & Kettler, 2019; O'Brien, 2010; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Shahali, Hafizan, Halim, Rasul, Osman, Ikhsan, & Rahim, 2015; Smith, Rayfield, & McKim, 2015; Srikoom, Hanuscin, & Faikhamta, 2017; Thomson, DiFrancesca, Carrier, & Lee, 2017; Yeigh, Woolcott, Donnelly, Whannell, Snow, & Scott, 2016)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การที่ครูจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มนั้น ครูจะต้องมีเจตคติที่ดีต่อแนวคิดสะเต็มและการสอนสะเต็ม การที่ครูมีเจตคติที่ดีต่อการสอนสะเต็มจะทำให้ครูมีแรงจูงใจในการสอนแบบสะเต็ม ทำให้ครูมีการพัฒนาสมรรถนะในการสอนสะเต็มของตนเองให้ดีขึ้นอยู่เสมอ (Lin, & Williams, 2016; Margot, & Kettler, 2019; Nite, Capraro, Capraro, & Bicer, 2017; Shahali et al., 2015; Shernoff et al., 2017; Smith, Rayfield, & McKim, 2015; Thomson et al., 2017) ถึงกระนั้น ผลการวิจัยก่อนหน้ายังพบว่า ระดับเจตคติและการรับรู้ความสามารถของตนเองของครูมีความแตกต่างกันตามเพศ สาขาวิชา และระดับชั้นที่สอน โดยครูเพศชายมีแนวโน้มที่จะมีเจตคติและการรับรู้ความสามารถของตนเองเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์สูงกว่าเพศหญิง (Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Knezek, Christensen, & Tyler-Wood, 2011; Koh, Chai, & Tsai, 2014; Margot, & Kettler, 2019; Nite, Capraro, Capraro, & Bicer, 2017; Smith, Rayfield, & McKim, 2015; Watt, Richardson, & Devos, 2013) และการรับรู้ความสามารถของตนเองของครูมีความแตกต่างกันตามสาขาวิชา ครูมักจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองที่ดีเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวกับวิชาเอกของตนเอง (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019) นอกจากนี้ครูที่สอนในระดับชั้นที่แตกต่างกันก็มักจะมีสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน (Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Koh, Chai, & Tsai, 2014; Shernoff et al., 2017) ดังนั้นครูที่มีเจตคติและแรงจูงใจ

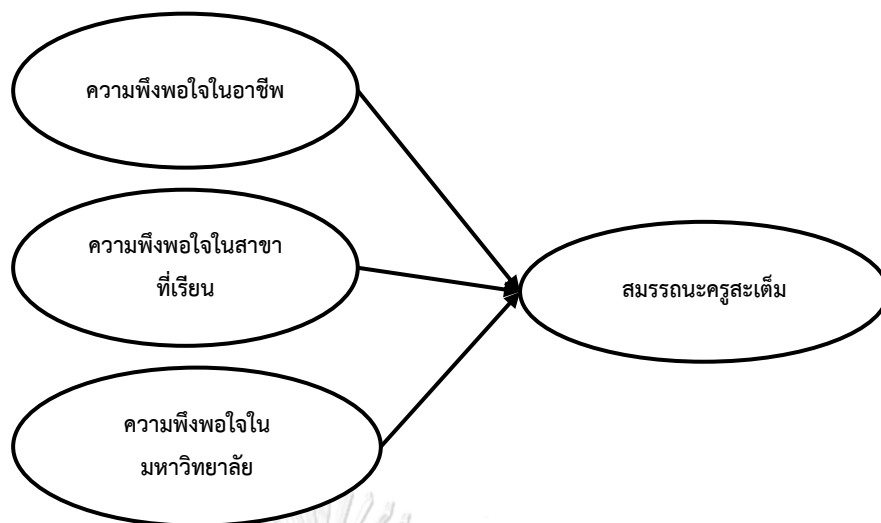
เท่ากันก็อาจจะมีสมรรถนะครูสะท้อนแตกต่างกันตาม เพศ สาขาวิชา และระดับชั้นที่สอนได้ จากที่กล่าวมาสามารถเขียนความสัมพันธ์ของปัจจัยเกี่ยวกับเจตคติและแรงจูงใจได้ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 ปัจจัยเกี่ยวกับเจตคติและแรงจูงใจของครูที่ส่งผลสมรรถนะครูสะท้อน

ปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจของครู

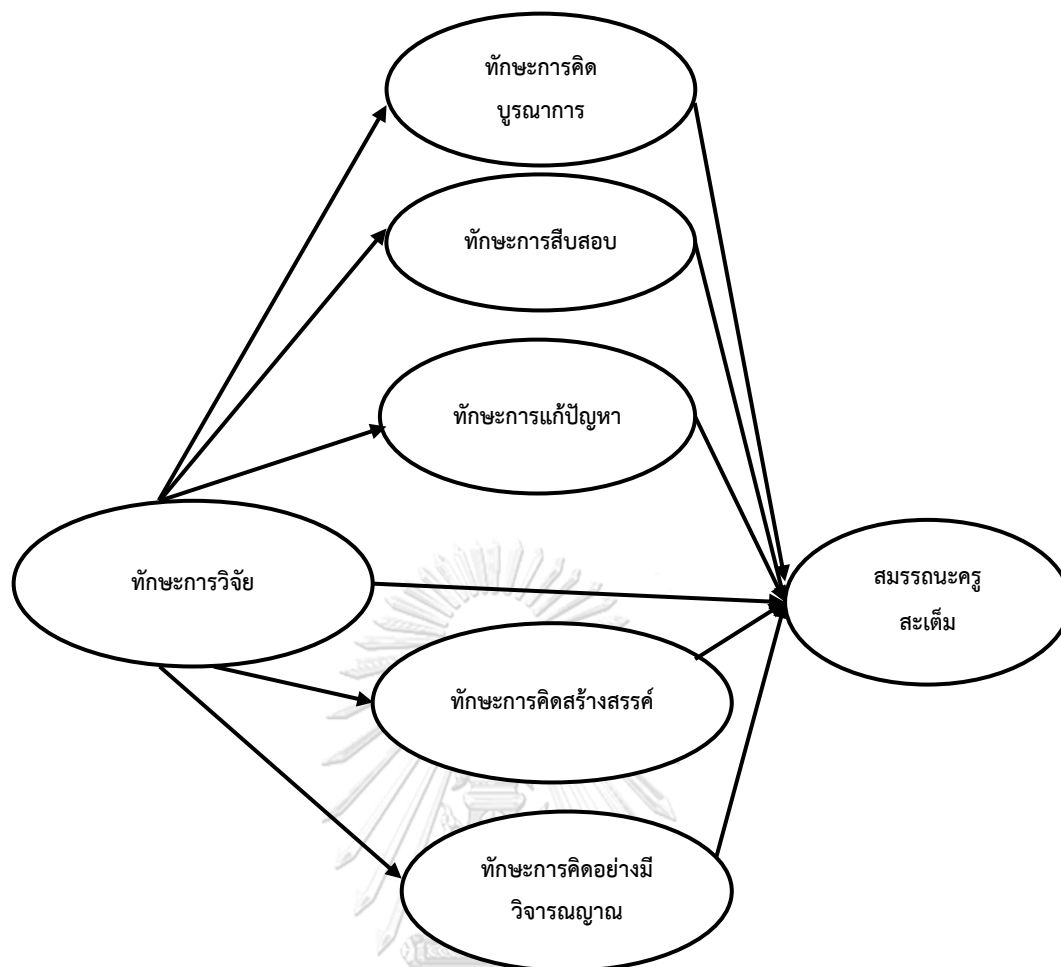
ปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะท้อน คือ ความพึงพอใจในอาชีพ (Cho, & Shim, 2013; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Makhmasi, Zaki, Barada, & Al-Hammadi, 2012) ความพึงพอใจในสาขาที่เรียน และความพึงพอใจในมหาวิทยาลัย (Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Makhmasi et al., 2012) โดยนิสิตนักศึกษาที่มีความพึงพอใจในอาชีพ มีความชอบหรือรักในอาชีพของตนเอง มีความพึงพอใจในสาขาที่เรียน และมีความพึงพอใจในมหาวิทยาลัยที่เรียน จะมีความรู้สึกที่ดีในการเรียน รู้สึกพึงพอใจในสิ่งที่ตนเองทำ จะพยายามพัฒนาตนเองเพื่อให้สามารถสอนหรือปฏิบัติงานในวิชาชีพให้ดีที่สุด ทำให้เกิดการพัฒนาตนเอง พัฒนาการทำงาน และพัฒนาสมรรถนะของตนเองให้ดีขึ้นเสมอ ดังนั้นนิสิตนักศึกษาครูที่มีความพึงพอใจในเรื่องดังกล่าวจึงมีแนวโน้มที่จะมีสมรรถนะครูสะท้อนที่ดี สามารถเขียนความสัมพันธ์ของปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจของครูได้ดังภาพ 2.6



ภาพ 2.6 ปัจจัยเกี่ยวกับความพึงพอใจของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ปัจจัยที่เกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ ของครู

สะเต็มเป็นแนวคิดที่ใช้การบูรณาการความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ สร้างนวัตกรรมในการแก้ปัญหาในโลกความเป็นจริง ซึ่งครูที่จะสามารถจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มได้จะต้องมีทักษะทางการคิด มีทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่ดี โดยจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การที่ครูจะมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดี สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูต้องมีความสามารถและทักษะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ที่ดี คือ ครูต้องมีทักษะการแก้ปัญหา (problem solving skills) (Bozkurt Altan, & Ercan, 2016; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017) มีทักษะการวิจัย (research skills) (Adedokun, Bessenbacher, Parker, Kirkham, & Burgess, 2013; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018;) มีทักษะการสืบสอบ (inquiry skills) (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Nite, Capraro, Capraro, & Bicer, 2017) มีความคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) (Bozkurt Altan, & Ercan, 2016; Shernoff et al., 2017) มีการคิดบูรณาการ (integrative thinking) (Kim, & Bolger, 2017; Ortiz, Bos, & Smith, 2015) และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) (Shernoff et al., 2017) เพื่อนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม ครูที่มีความสามารถและทักษะเหล่านี้ที่ดีจะส่งผลทำให้มีสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี และพบว่า ความสามารถและทักษะการวิจัยของครูเป็นสิ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดต่าง ๆ ของครู (Adedokun, et al., 2013) สามารถเขียนความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ ของครูได้ดังภาพ 2.7



ภาพ 2.7 ปัจจัยที่เกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ ของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ปัจจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ของครู

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มและการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ยังพบว่า ครูที่มีปริมาณการใช้เทคโนโลยีแตกต่างกันมีการรับรู้ความสามารถเกี่ยวกับสมรรถนะการใช้เทคโนโลยีแตกต่างกัน โดยครูที่มีปริมาณการใช้เทคโนโลยีสูงมีแนวโน้มที่จะมีสมรรถนะเกี่ยวกับเทคโนโลยีสูงกว่าครูที่ใช้น้อย (Saltan, & Arslan, 2017) และพบว่า การที่ครูมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มมากจะมีสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่สูงกว่าครูมีประสบการณ์น้อย (Adedokun, et al., 2013; Craig, Evans, & Stokes, 2017; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hardré, Ling, Shehab, Herron, Nanny, Nollert, ... & Wollega, 2014; Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; King, Lancaster, Defrance, Melin, & Cleveland, 2013; Koh, Chai, & Tsai, 2014; Margot, & Kettler, 2019; Ortiz, & Sriraman, 2015; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Saltan, & Arslan, 2017; Smith, Rayfield, & McKim, 2015; Thomson et al., 2017) อีกทั้งยังพบว่า ขนาดหรือ

ปริมาณนิสิตนักศึกษาครูในห้องเรียนมีผลต่อการได้รับประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนแบบ สะเต็ม (Makhmasi et al., 2012) เนื่องจากถ้าจำนวนนิสิตนักศึกษาครูในห้องเรียนแต่ละวิชามี จำนวนไม่มาก อาจารย์จะสามารถจัดการเรียนการสอนให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์การ จัดการเรียนการสอนโดยทั่วถึง ในทางกลับกันหากจำนวนนิสิตนักศึกษาครูในห้องเรียนมีจำนวนมาก อาจารย์ก็จะไม่สามารถจัดประสบการณ์ให้นิสิตนักศึกษาได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นปริมาณนิสิตศึกษา ครูในห้องเรียนจึงน่าจะมีผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มด้วย เนื่องจากจำนวนนิสิตนักศึกษาในห้องเรียนที่ เหมาะสมจะทำให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างมี ประสิทธิภาพ สามารถเขียนความสัมพันธ์ของปัจจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ของครูได้ดังภาพ 2.8



ภาพ 2.8 ปัจจัยเกี่ยวกับประสบการณ์ของครูที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ปัจจัยเกี่ยวกับการได้รับการสนับสนุนในการสอนสะเต็ม

การที่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มจะมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีได้นิสิตนักศึกษาครูต้องได้รับการเตรียมความพร้อมและการสนับสนุนที่ดีจากหลักสูตรและมหาวิทยาลัยในเรื่องต่าง ๆ (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Horvath, Goodell, & Kosteads, 2018; Hutchison, 2012; Makhmasi, Zaki, Barada, & Al-Hammadi, 2012; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Nite et al., 2017; Smith, Rayfield, & McKim, 2015) โดยหลักสูตรผลิตครูสะเต็มควรมีการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นิสิต นักศึกษาครูมีความรู้ในเนื้อหาที่ดี มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับศาสตร์การสอน มีทักษะทาง การคิด ควรเน้นการสอนแบบบูรณาการ เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถบูรณาการความรู้ในด้าน ต่าง ๆ ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Margot, & Kettler, 2019; Nite et

al., 2017; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017; Wilson, 2011)

หลักสูตรควรมีอาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสะเต็ม เพื่อคอยให้คำแนะนำ และเป็นแบบอย่างที่ดีในการสอนสะเต็มให้แก่ครูสะเต็ม (Hardré et al., 2014; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Lin, & Williams, 2016; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017) หลักสูตรควรส่งเสริมทักษะทางด้านการคิด การทำงานแบบร่วมมือรวมพลังให้แก่นิสิตนักศึกษาครู (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hardré et al., 2014; Margot, & Kettler, 2019; Ortiz, & Sriraman, 2015; Thomson et al., 2017) หลักสูตรควรมีการจัดการเพื่อส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่เพียงพอ ซึ่งในการจัดประสบการณ์นิสิตนักศึกษาครูควรได้รับคำแนะนำหรือการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีจากอาจารย์ เพื่อให้ให้นิสิตนักศึกษามีความรู้ที่ถูกต้อง และมีประสบการณ์ที่ดีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Hutchison, 2012; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Margot, & Kettler, 2019; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Shernoff et al., 2017; Smith, Rayfield, & McKim, 2015; Thomson et al., 2017)

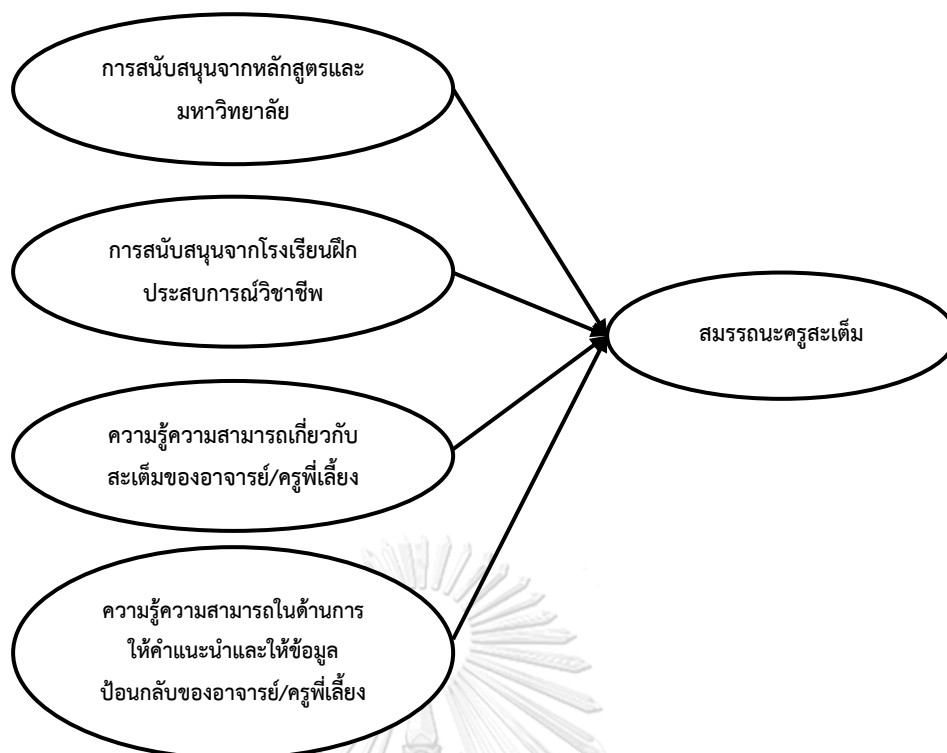
อีกทั้งหลักสูตรควรสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี มีการสนับสนุนด้านทรัพยากร และเทคโนโลยีที่ดีและเพียงพอในการจัดการเรียนการสอน เช่น หนังสือ แหล่งการเรียนรู้ อุปกรณ์ เครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ (Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Hutchison, 2012; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Wilson, 2011) การที่หลักสูตรผลิตครูมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูในด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีการพัฒนาสมรรถนะในการสอนสะเต็ม จนทำให้นิสิตนักศึกษามีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดี สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย การที่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มได้ไปฝึกประสบการณ์ในโรงเรียนที่มีการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Cho, & Shim, 2013; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hansen, 2014; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Lin, & Williams, 2016; Makhmasi et al., 2012; Margot, & Kettler, 2019) มีครูที่มีความรู้ความสามารถ และเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม มีทรัพยากรและเทคโนโลยีที่พร้อม เพียงพอ และเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม (Hansen, 2014; Hardré et al., 2014; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Hutchison, 2012; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Makhmasi et al., 2012) มีบรรยากาศการทำงานที่ดี มีความสัมพันธ์และมีการร่วมมือรวมพลังระหว่างครูในโรงเรียนที่ดี (Cho, & Shim, 2013; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hansen, 2014; Lin, & Williams,

2016; Margot, & Kettler, 2019) จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนทำให้เกิดประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม จนทำให้นิสิตนักศึกษามีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม คือ การที่นิสิตนักศึกษาครูมีครูพี่เลี้ยงที่มีความรู้ความสามารถ และมีเจตคติที่ดีเกี่ยวกับสะเต็ม มีความสามารถในการให้คำแนะนำและการให้ข้อมูลป้อนกลับที่ดี เป็นแบบอย่างที่ดีในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็ม และให้การสนับสนุนด้านอุปกรณ์หรือสื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดการเรียนรู้และสามารถพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของตนเองได้ดียิ่งขึ้น (Hardré et al., 2014; Horvath, Goodell, & Kosteaş, 2018; Hutchison, 2012; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Lin, & Williams, 2016; Makhmasi et al., 2012; Margot, & Kettler, 2019; Nite et al., 2017; Ortiz, & Sriraman, 2015; Shernoff et al., 2017)

จะเห็นได้ว่า การสนับสนุนจากหลักสูตรและการสนับสนุนจากโรงเรียนที่นิสิตนักศึกษาครูออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพมีความสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งหลักสูตรและโรงเรียนควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมครูสะเต็มในลักษณะและองค์ประกอบที่คล้ายคลึงกัน คือ การมีอาจารย์และครูที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็ม ส่งเสริมความรู้ความสามารถในการสอนสะเต็ม ส่งเสริมทรัพยากรและเทคโนโลยี การส่งเสริมบรรยากาศการเรียนการสอนหรือการทำงานที่ดี และการส่งเสริมประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนให้กับนิสิตนักศึกษาครู นอกจากนี้เป็นที่น่าสนใจว่ามีปัจจัยที่คล้ายจะเป็นองค์ประกอบของการสนับสนุนของหลักสูตรและโรงเรียนแต่อาจมีความสำคัญมากกว่าการเป็นองค์ประกอบ คือ ปัจจัยด้านอาจารย์หรือครูพี่เลี้ยงที่ควรมีความรู้ความสามารถในการให้คำแนะนำและให้ข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และเป็นแบบอย่างที่ดีให้แก่ผู้เรียน ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม ที่ควรพิจารณาแยกออกจากการสนับสนุนของหลักสูตรหรือโรงเรียน เนื่องจากธรรมชาติของตัวแปรมีลักษณะเป็นตัวแปรทางจิตวิทยาที่อยู่ภายในตัวอาจารย์หรือครูแต่ละคนที่ไม่ได้มีลักษณะทางกายภาพเหมือนองค์ประกอบอื่น ๆ ของการสนับสนุนจากหลักสูตรหรือโรงเรียน จึงควรแยกเป็นตัวแปรปัจจัยที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็มของอาจารย์และครูพี่เลี้ยงนอกเหนือจากการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียน สามารถเขียนความสัมพันธ์ของปัจจัยเกี่ยวกับการได้รับการสนับสนุนในการสอนสะเต็มได้ดังภาพ 2.9



ภาพ 2.9 ปัจจัยเกี่ยวกับการได้รับการสนับสนุนในการสอนสะเต็ม

จากการสังเคราะห์ปัจจัยส่งผลกระทบต่อสมรรถนะครูสะเต็ม จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มสามารถแยกออกได้เป็น 3 ระดับ คือ 1) ระดับนิสิตนักศึกษาครู 2) ระดับหลักสูตร/มหาวิทยาลัย และ 3) ระดับโรงเรียน โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะครูสะเต็มในแต่ละระดับมีดังนี้

1) ระดับนิสิตนักศึกษาครู ประกอบด้วย 13 ปัจจัย คือ (1) เจตคติต่อสะเต็ม (2) แรงจูงใจในการสอนสะเต็ม โดยแรงจูงใจในการสอนสะเต็มเป็นตัวแปรส่งผ่านอิทธิพลของเจตคติต่อสะเต็มที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็ม และมีตัวแปรเพศ ระดับชั้นที่สอน และสาขาวิชา เป็นตัวแปรปรับ (3) ความพึงพอใจในอาชีพ (4) ความพึงพอใจในสาขาที่เรียน (5) ความพึงพอใจในมหาวิทยาลัย (6) ทักษะการสืบสอบ (7) ทักษะการแก้ปัญหา (8) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (9) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (10) ทักษะการคิดบูรณาการ (11) ทักษะการวิจัย โดยทักษะการคิดต่าง ๆ เป็นตัวแปรส่งผ่านอิทธิพลของทักษะการวิจัยที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็ม (12) ปริมาณการใช้เทคโนโลยี และ (13) ประสบการณ์การจัดการเรียนการสอน ซึ่งตัวแปรทักษะการสืบสอบ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการคิดบูรณาการ ทักษะการคิดสร้างสรรค์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างเป็นส่วนหนึ่งของทักษะการคิด ดังนั้นในการวิจัยอาจจะใช้ทักษะการคิดเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งรวมทักษะ 5 ทักษะดังกล่าวไว้ในปัจจัยเดียวกัน

2) ระดับหลักสูตร/มหาวิทยาลัย ประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ (1) การสนับสนุนจากหลักสูตรและมหาวิทยาลัย (2) ปริมาณนิสิตนักศึกษาครูในห้องเรียน (3) ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มของอาจารย์ และ (4) การให้คำแนะนำและให้ข้อมูลป้อนกลับของอาจารย์ โดยปัจจัยในระดับนี้จะส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านตัวแปรปัจจัยในระดับนิสิตนักศึกษาครู

3) ระดับโรงเรียน ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ (1) การสนับสนุนจากโรงเรียน (2) ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มของครูพี่เลี้ยง และ (3) การให้คำแนะนำและให้ข้อมูลป้อนกลับของครูพี่เลี้ยง โดยปัจจัยในระดับนี้จะส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านตัวแปรปัจจัยในระดับนิสิตนักศึกษาครู เช่นเดียวกับตัวแปรในระดับหลักสูตร/มหาวิทยาลัย ยกเว้น ตัวแปรความพึงพอใจในมหาวิทยาลัยที่น่าจะได้รับอิทธิพลจากตัวแปรปัจจัยในระดับหลักสูตรและมหาวิทยาลัยเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าปัจจัยในแต่ละระดับมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์หรืออิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็ม ควรให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ของปัจจัยในแต่ละระดับ ควรพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยในแต่ละระดับที่มีต่อตัวแปรในระดับต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม ให้ได้ผลการวิจัยที่มีประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในทุกๆระดับ

ในการวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหวังที่จะนำผลการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มไปสร้างเป็นแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ดังนั้นในการศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มของการวิจัยนี้จึงคัดเลือกตัวแปรในแต่ละระดับที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับหลักสูตรผลิตครูที่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการหลักสูตรผลิตครูสะเต็มได้มาใช้ในการศึกษา คือ ระดับนิสิตนักศึกษาครู ได้แก่ ตัวแปรเจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิด ระดับหลักสูตร ได้แก่ การส่งเสริมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และระดับโรงเรียน ได้แก่ การสนับสนุนของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

นอกจากนี้เนื่องจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงควรมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มถึงจะสามารถให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดีให้แก่นิสิตนักศึกษาครูได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีการวัดความรู้ความสามารถของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงเป็นส่วนหนึ่งของตัวแปรบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงด้วย

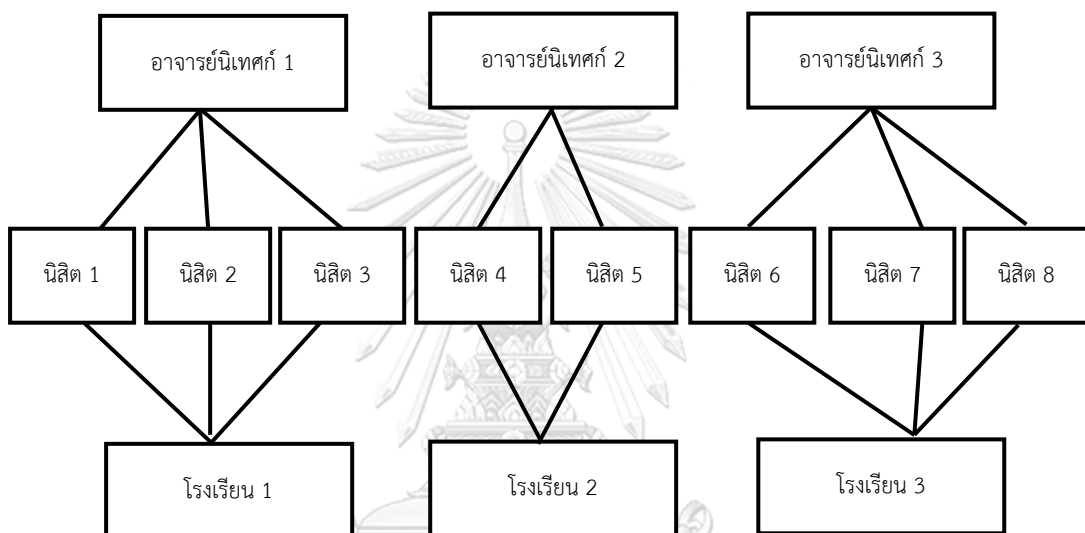
3. มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models : CCMM)

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการพิจารณาพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มที่ได้จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในหลายระดับ ซึ่งในระดับอาจารย์นิเทศก์พบว่าอาจารย์หนึ่งท่านอาจจะทำการนิเทศน์นิสิตนักศึกษาครูในหลายโรงเรียนทำให้โครงสร้างของข้อมูลมีความซับซ้อน ทำให้การวิเคราะห์พหุระดับแบบดั้งเดิมอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์โมเดลพหุระดับที่มีโครงสร้างของข้อมูลซับซ้อนเช่นนี้ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พหุระดับที่มีโครงสร้างของข้อมูลซับซ้อน พบว่า วิธีการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีโครงสร้างซับซ้อน ดังนั้นเนื้อหาในส่วนนี้จะแสดงแนวคิดการวิเคราะห์พหุระดับข้ามกลุ่ม และลักษณะการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม ดังนี้

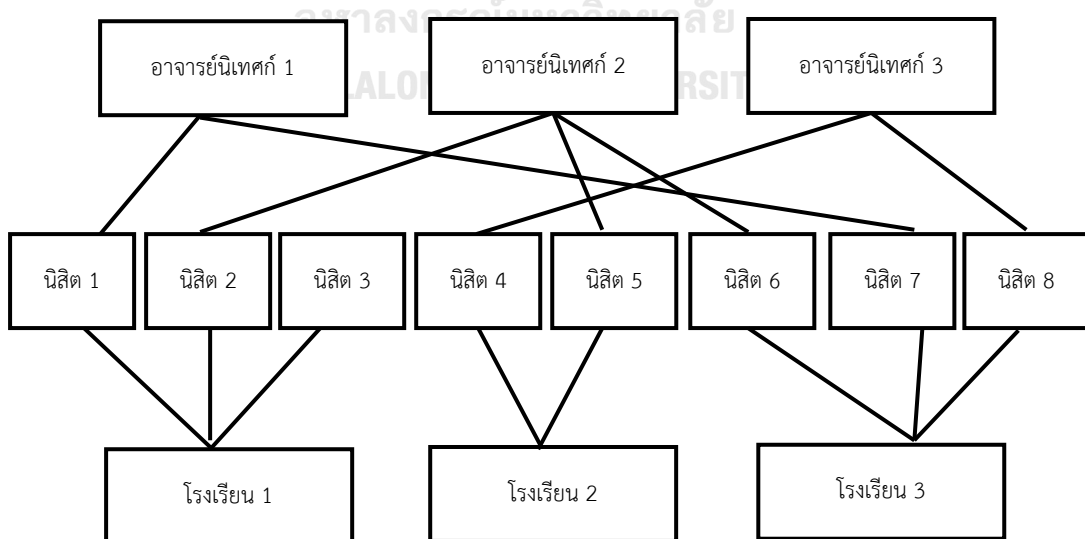
3.1. แนวคิดการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) เป็นเทคนิควิเคราะห์ข้อมูลแบบพหุระดับที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับที่มีโครงสร้างของข้อมูลที่ซับซ้อน (Fielding, & Goldstein, 2006; Grady, & Beretvas, 2010; Hill, & Goldstein, 1998; Rasbash, & Goldstein, 1994; Smith, & Beretvas, 2017) ทำให้การวิเคราะห์มีความเหมาะสมกับข้อมูลในบริบทจริงมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับดั้งเดิม (traditional multilevel models) หรือที่รู้จักว่า คือ การวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นแบบลดหลั่น (hierarchical linear models : HLM) (Raudenbush & Bryk, 2002, Smith, & Beretvas, 2017) เป็นการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับที่ข้อมูลของตัวอย่างวิจัยในระดับที่หนึ่งต้องแฝงหรือซ้อน (nested) อยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งของข้อมูลระดับที่สองเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น เช่น อาจารย์นิเทศก์หนึ่งคนต้องนิเทศน์นิสิตนักศึกษาเพียงโรงเรียนเดียวเท่านั้น (ตัวอย่างดังภาพ 2.10) นักเรียนที่อยู่ในพื้นที่เดียวกันต้องเป็นสมาชิกของโรงเรียนเพียงโรงเรียนเดียวเท่านั้น คนไข้ต้องเป็นผู้ป่วยที่รักษากับหมอเพียงคนเดียวเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงข้อมูลอาจไม่เป็นเช่นนั้น คือ อาจารย์นิเทศก์หนึ่งคนอาจนิเทศน์นิสิตนักศึกษาในหลายโรงเรียน (ตัวอย่างดังภาพ 2.11) นักเรียนในพื้นที่เดียวกันอาจอยู่ได้หลายโรงเรียน ผู้ป่วยหนึ่งคนอาจรักษากับหมอหลายท่าน แต่เดิมถ้าข้อมูลมีลักษณะซ้อนกันข้ามกลุ่ม นักวิจัยจะใช้วิธีการจัดการกับข้อมูล โดยอาจใช้วิธีเลือกกลุ่มให้ข้อมูลอยู่เพียงกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง หรือนำเอาข้อมูลที่ซ้อนอยู่ในหลายกลุ่มออก เพื่อที่จะใช้การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับดั้งเดิมในการวิเคราะห์ การดำเนินการเช่นนี้ทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์มี

ความคลาดเคลื่อน เกิดการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีความลำเอียง (parameter estimated bias) ซึ่งจะให้ผลการประมาณค่าที่มากหรือต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับ จำแนกข้ามกลุ่มจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ที่ข้อมูลในระดับที่หนึ่ง อาจจะซ้อนอยู่ในหลายกลุ่มในระดับอื่น ๆ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและเหมาะสมกับ ข้อมูลในบริบทจริงมากยิ่งขึ้น (Chung, Kim, Park, & Jean, 2018; Dunn, Richmond, Milliren, & Subramanian, 2015; Fielding, & Goldstein, 2006; Grady, & Beretvas, 2010; Hill, & Goldstein, 1998; Park, Kim, Kho, & Park, 2017; Raudenbush & Bryk, 2002; Rasbash, & Goldstein, 1994; Smith, & Beretvas, 2017)



ภาพ 2.10 ลักษณะข้อมูลการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับแบบดั้งเดิม



ภาพ 2.11 ลักษณะข้อมูลการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

3.2. ลักษณะการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่มีการทดสอบอิทธิพลแบบคงที่ (fixed effect) และ อิทธิพลแบบสุ่ม (random effect) ของโมเดลที่มีโครงสร้างแบบลดหลั่น (hierarchical structures) หรือข้อมูลหลายระดับที่มีการจำแนกข้ามกลุ่ม (Dunn, Richmond, Milliren, & Subramanian, 2015) โดยทำการวิเคราะห์โดยการแบ่งส่วนความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม (random term) เป็นของแต่ละบุคคลและของกลุ่มปัจจัยในระดับที่สูงกว่า ดังสมการที่แสดงในภาพ 2.12

Level 1:

$$Y_{i(j_1, j_2)} = \beta_{0(j_1, j_2)} + \beta_{1(j_1, j_2)}X_{i(j_1, j_2)} + e_{i(j_1, j_2)},$$

and at Level 2:

$$\begin{cases} \beta_{0(j_1, j_2)} = \gamma_{000} + \gamma_{010}Z_{j_1} + u_{00j_1} + u_{00j_2}, \\ \beta_{1(j_1, j_2)} = \gamma_{100} + \gamma_{110}Z_{j_1} \end{cases}$$

ภาพ 2.12 สมการการวิเคราะห์พหุระดับข้ามกลุ่ม (Grady, & Beretvas, 2010)

จากสมการในภาพ 2.12 จะเห็นได้ว่า ความแปรปรวนส่วนที่เหลือ (residual variance) ของการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับแบบจำแนกข้ามกลุ่มจะประกอบด้วยความแปรปรวนส่วนที่เหลือของนักเรียนแต่ละคน $e_{i(j_1, j_2)}$ ในระดับที่หนึ่ง ความแปรปรวนส่วนที่เหลือของโรงเรียน u_{00j_1} และ ความแปรปรวนส่วนที่เหลือของอำเภอ u_{00j_2} (Grady, & Beretvas, 2010; Hill, & Goldstein, 1998; Smith, & Beretvas, 2017) ดังนั้นผลการวิเคราะห์อิทธิพลของโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มจึงสามารถอธิบายอิทธิพลของตัวแปรทำนายที่มีต่อตัวแปรตาม ที่เกิดขึ้นซึ่งมีความแตกต่างตามนักเรียนรายบุคคล โรงเรียน และอำเภอได้ ดังนั้นการวิเคราะห์พหุระดับข้ามกลุ่มนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้วิเคราะห์โมเดลพหุระดับที่มีโครงสร้างของข้อมูลที่ซับซ้อน ให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับธรรมชาติและบริบทจริงของข้อมูล

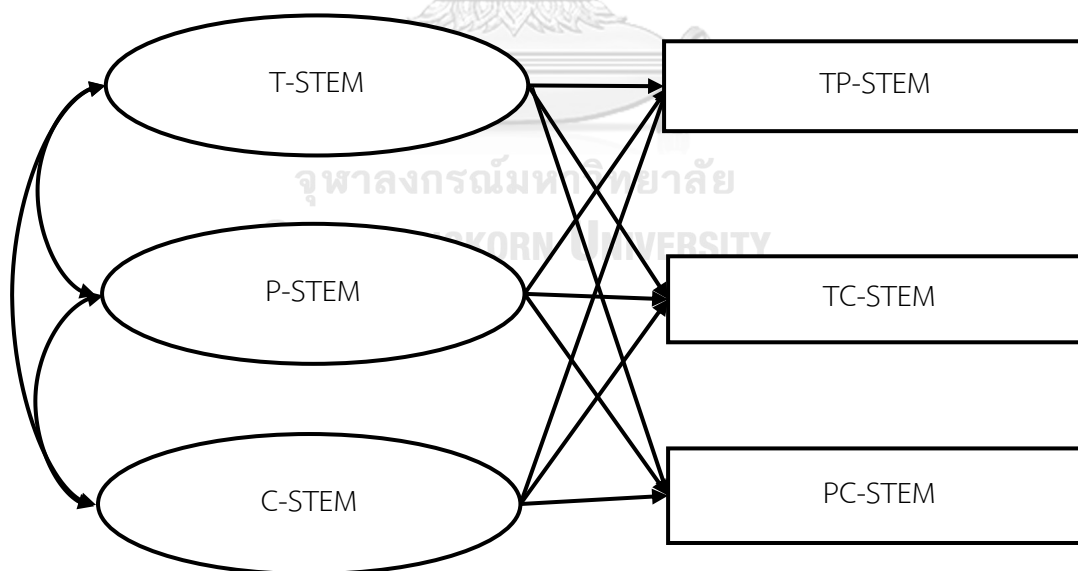
4. กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม และพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะ TPACK จากผลของการวิเคราะห์สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม การเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม โดยมีกรอบแนวคิดสำคัญในการวิจัย 4 กรอบ คือ

กรอบการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม กรอบโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม โครงสร้างข้อมูลการวิเคราะห์โมเดลทุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม และกรอบแนวคิดการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

4.1. กรอบการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การพัฒนาให้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ให้มีคุณภาพ ควรใช้ องค์ประกอบของพื้นฐาน คือ T P C เป็นองค์ประกอบหลักและใช้แนวคิดสะเต็มเป็นบริบท ที่ไม่ควร สร้างข้อคำถามให้มีจำนวนมากเกินไป และข้อคำถามแต่ละข้อต้องสามารถวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่ เกี่ยวกับการบูรณาการ TPACK ในบริบทสะเต็มได้ครอบคลุมทุกมิติ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือวัด สมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ในการวิจัยนี้ จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบคือ T-STEM, P-STEM, C-STEM โดยแต่ละองค์ประกอบใช้ตัวบ่งชี้ที่มีลักษณะเป็น การบูรณาการ TPACK สององค์ประกอบในบริบทสะเต็ม ได้แก่ TC-STEM TP-STEM และ PC-STEM ซึ่งในส่วนของบริบท STEM ในแต่ละตัวบ่งชี้ใช้การบูรณาการสะเต็มแบบสองมิติในแต่ละตัวบ่งชี้ย่อย คือ ST, SE, SM, TE, TM และ EM เพื่อทำให้แต่ละข้อคำถามไม่ซับซ้อนเกินไป เป็นการลดจำนวนข้อ คำถามแต่ยังได้สารสนเทศของสมรรถนะครูสะเต็มครบทุกองค์ประกอบ ทำให้แบบสอบถามมีจำนวน ข้อที่ไม่มากจนเกินไปซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นเพื่อใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็ม ดังภาพ 2.13



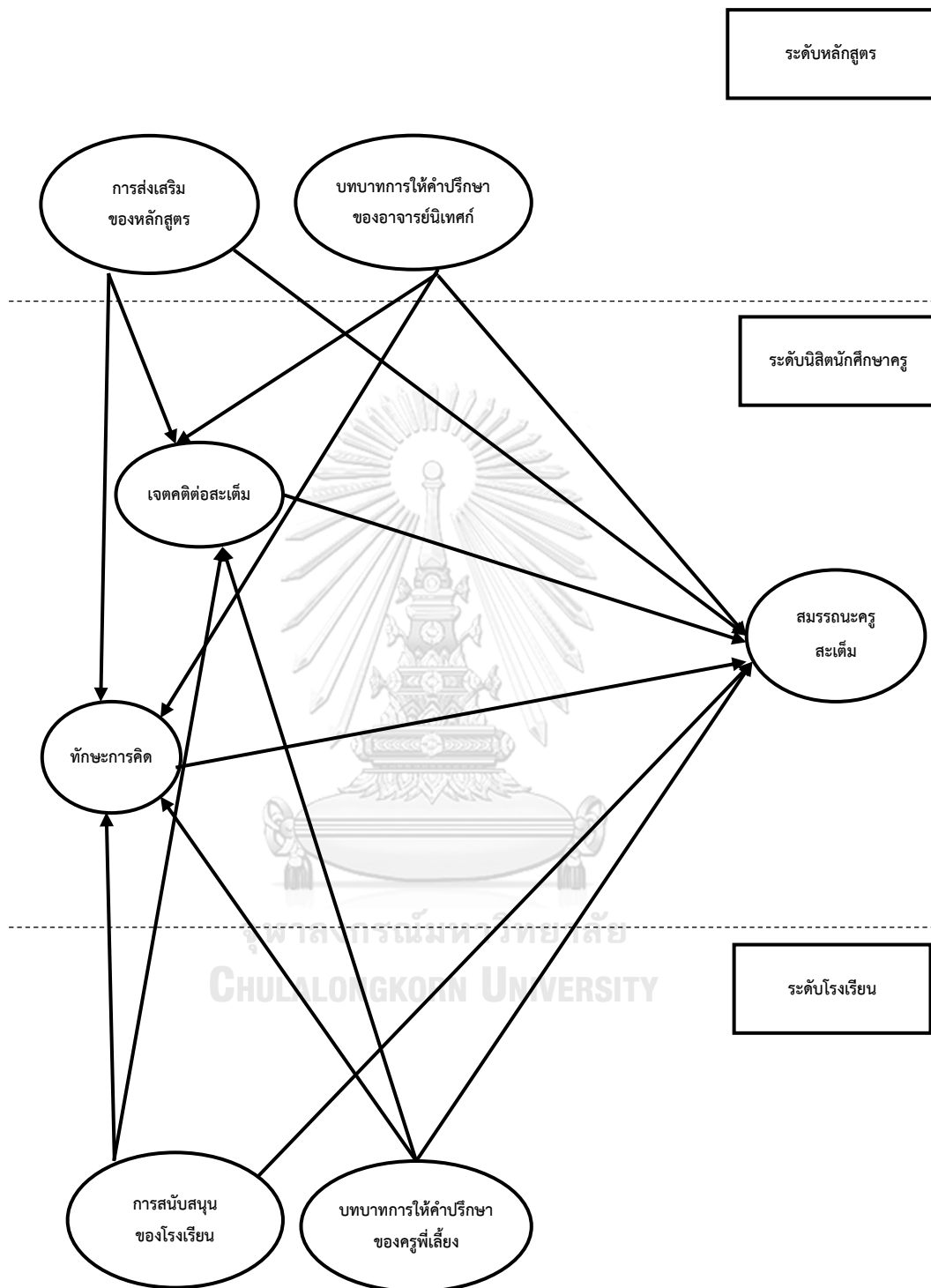
ภาพ 2.13 กรอบการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

4.2. กรอบโมเดลเชิงสาเหตุพระระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

ผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มที่มีความเกี่ยวข้องกับหลักสูตรโดยตรงที่สามารถพัฒนาได้ด้วยการจัดประสบการณ์ การสนับสนุนและจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพของหลักสูตร คือ เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิด โดยถ้านิสิตนักศึกษาครูมีสิ่งเหล่านี้ที่ดีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มจะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีอีกด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้ของนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มจะเกิดขึ้นได้ถ้าได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนที่ดีจากหลักสูตรและโรงเรียน ในด้านการจัดการเรียนการสอนที่ดี มีครูอาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถ เป็นแบบอย่างที่ดี มีทรัพยากรที่ดีและเพียงพอ มีการจัดประสบการณ์ที่ดี มีการจัดบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้และการทำงานที่ดี (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Evans, & Stokes, 2017; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Margot, & Kettler, 2019)

อีกทั้งการที่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มมีอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงที่มีความรู้ความสามารถในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับสะเต็มที่ดี จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์ที่ดี มีแบบอย่างในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี ได้รับคำแนะนำและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มที่ดีและมีประสิทธิภาพ จนนิสิตนักศึกษาครูเกิดพัฒนาการเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มได้ดียิ่งขึ้น (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Hardré et al., 2014; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Lin, & Williams, 2016; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017)

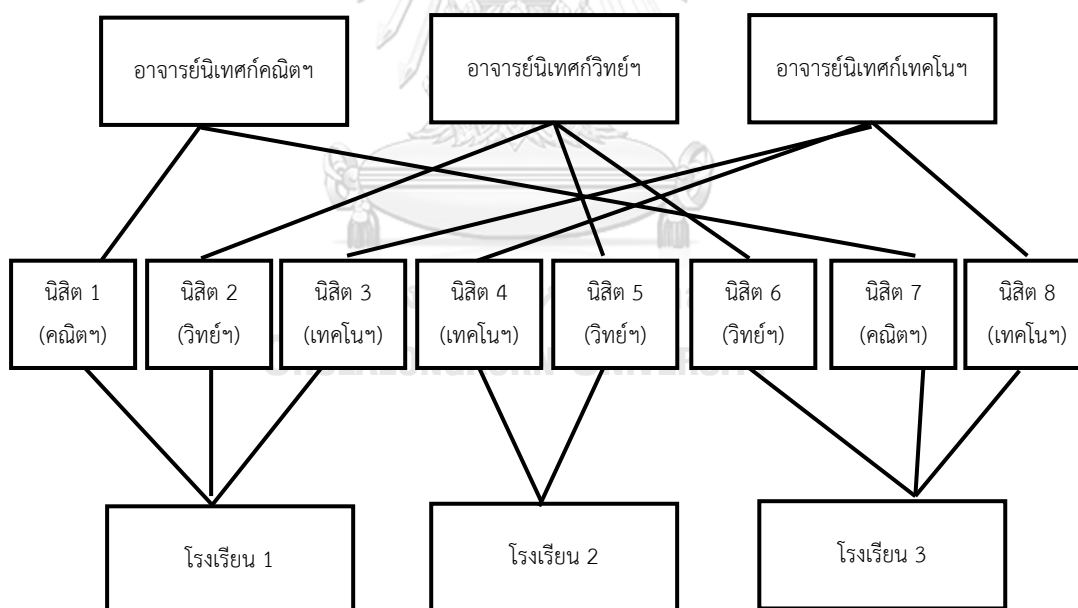
นอกจากนี้การให้การส่งเสริมของหลักสูตร การสนับสนุนของโรงเรียน และการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงก็อาจจะมียุทธูปถัมภ์ต่อเจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มอีกด้วย ซึ่งถ้านิสิตนักศึกษาครูมีสิ่งเหล่านี้ที่ดีก็จะมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีขึ้นด้วย (Bozkurt Altan, & Ercan, 2016; Craig, Evans, & Stokes, 2017; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Hardré et al., 2014; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Margot, & Kettler, 2019; Nite et al., 2017; Ortiz, & Sriraman, 2015; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017) ฉะนั้นตัวแปรเจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดจึงเป็นตัวแปรส่งผ่านอิทธิพลของ การส่งเสริมของหลักสูตร การสนับสนุนของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็มอีกด้วย ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญและศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นนี้ (ดังแสดงในภาพ 2.14) เพื่อนำไปพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่มีประสิทธิภาพต่อไป



ภาพ 2.14 กรอบโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

4.3. กรอบการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (CCMM)

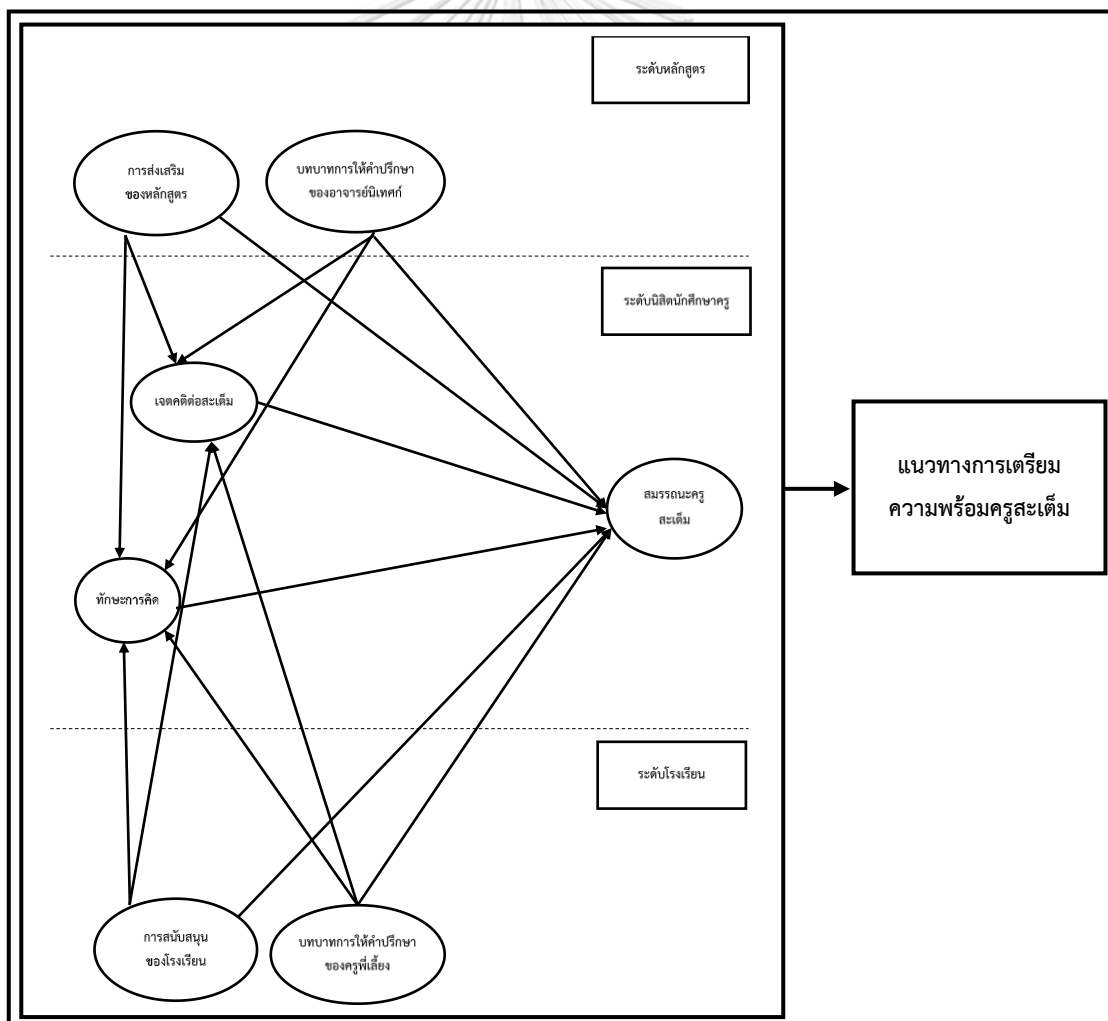
การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ตัวอย่างวิจัย ประกอบด้วย 3 กลุ่ม ใน 2 ระดับ ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ ระดับที่ 1 เป็นนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ระดับที่ 2 คือ หลักสูตร และโรงเรียน เป็นระดับที่มีความเกี่ยวข้องกับอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นตัวอย่างวิจัยในระดับที่ 1 ซึ่งข้อมูลที่เก็บจากตัวอย่างวิจัยจะมีลักษณะซ้อนกัน (nested) โดยส่วนมากนิสิตนักศึกษาครูจะมีอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงอย่างละ 1 คน (1 : 1 : 1) แต่อาจารย์นิเทศก์หรือครูพี่เลี้ยงแต่ละคนอาจจะมีนิสิตนักศึกษาครูที่ต้องคอยดูแลมากกว่า 1 คน เช่น อาจารย์นิเทศก์สาขาคณิตศาสตร์ 1 คน อาจจะต้องนิเทศก์นิสิตสาขาการศึกษาคณิตศาสตร์หลายคน ที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพต่างโรงเรียนกัน ทำให้รูปแบบของการ nested ของข้อมูลจึงมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนหรือมีลักษณะแบบ cross-classified ฉะนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงจะใช้การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) มาใช้ในการศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งจะมีโครงสร้างของข้อมูลดังภาพ 2.15



ภาพ 2.15 กรอบการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

4.4. กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ในงานวิจัยนี้ใช้สารสนเทศและผลที่ได้จากการวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม การส่งเสริมของหลักสูตร และการสนับสนุนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับหลักสูตรการผลิตครูสะเต็มโดยตรง นำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดี ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มได้จริง โดยเน้นความเหมาะสม ความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ และความครอบคลุมปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มในทุกๆระดับ เพื่อให้ได้แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่ครอบคลุมและสามารถนำไปใช้พัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพ 2.16



ภาพ 2.16 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์โมเดลพระดับจำแนกข้ามกลุ่ม” มีวัตถุประสงค์ 4 ข้อ คือ 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุพระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม 3) เพื่อวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 4) เพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม มีวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ 1) การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม และ 3) การพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

การวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาและรับรองจริยธรรมการวิจัยในคน โครงการวิจัยที่ 116/62 ทุกระยะ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 2 สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ และศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองวันที่ 3 ธันวาคม 2562 หมดยุ 2 ธันวาคม 2563 มีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยแต่ละระยะดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้วัดการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับ การเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครูตามกรอบ TPACK ในระยะนี้ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไป ทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาครู แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เพื่อตอบ วัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1

1.1. ประชากร

ประชากรในการวิจัยระยะที่ 1 คือ นิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตที่กำลังศึกษาใน คณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562

1.2. ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัยที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม คือ นิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิต ชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขา การศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 310 คน ซึ่งเป็นผู้ยินยอมให้ข้อมูลในแบบสอบถามและตอบแบบสอบถามครบทุกข้อ โดยนิสิต นักศึกษาครูจำนวนดังกล่าวเป็นจำนวนที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ที่คำนวณ ขนาดตัวอย่างตามแนวคิดของ Preacher, & Coffman (2006) โดยใช้เครื่องคำนวณขนาดตัวอย่าง ออนไลน์บนเว็บไซต์ <http://quantpsy.org/rmsea/rmsea.htm> โดยกำหนดค่า alpha เท่ากับ .05 , degree of freedom เท่ากับ 36, desired power เท่ากับ .80, null RMSEA เท่ากับ .05 และ alternative RMSEA เท่ากับ .08 ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม จำนวน 273 คน

การได้มาซึ่งตัวอย่างวิจัยใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) ขั้นแรกสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยมีหน่วยการสุ่มคือ มหาวิทยาลัย ได้ ทั้งหมด 20 มหาวิทยาลัยจาก 5 ภูมิภาคทั่วประเทศ ขั้นต่อไปสุ่มนิสิตนักศึกษาครู สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จากมหาวิทยาลัยที่ได้จากการสุ่มในขั้นแรกโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย จำนวนมหาวิทยาลัยละ 10-40 คน ตามปริมาณนิสิตนักศึกษาครูในแต่ละมหาวิทยาลัย รวมทั้งสิ้น 400 คน ซึ่งผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามจำนวน 400 ชุดไปยังมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทางไปรษณีย์ โดยได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์กลับคืนมา 310 ชุด คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 77.50

ข้อมูลภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม คือ นิสิตนักศึกษาครูที่ให้ข้อมูลในการทดลองใช้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น คือนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปี 5 จำนวน 310 คน ซึ่งเป็นนิสิตนักศึกษาครูฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู 3 สาขา คือ 1) สาขาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 38.71 2) สาขาวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 52.90 และ 3) สาขาเทคโนโลยี ร้อยละ 8.39 โดยเป็นนิสิตนักศึกษาครูเพศหญิงมากกว่าเพศชาย นิสิตนักศึกษาส่วนมากสังกัดมหาวิทยาลัยในภาคกลางและตะวันตก ร้อยละ 39.03 รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ และนิสิตนักศึกษาส่วนมากฝึกประสบการณ์ วิชาชีพรูในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 44.52 รองลงมาคือระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ ประถมศึกษา ตามลำดับ รายละเอียดดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยที่ทดลองใช้เครื่องมือ

ข้อมูลพื้นฐาน	สาขาวิชา						รวม	
	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		เทคโนโลยี			
	n	%	n	%	n	%	n	%
	120	38.71	164	52.90	26	8.39	310	100.00
1. เพศ								
ชาย	28	23.33	28	17.07	18	69.23	74	23.87
หญิง	92	76.67	136	82.93	8	30.77	236	76.13
2. ภูมิภาคมหาวิทยาลัย								
ภาคกลางและตะวันตก	56	46.67	55	33.54	10	39.03	121	39.03
ภาคเหนือ	18	15.00	33	20.12	4	17.74	55	17.74
ภาคตะวันออก	9	7.50	7	4.27	2	5.81	18	5.81
ภาคใต้	19	15.83	23	14.02	0	13.55	42	13.55
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	18	15.00	46	28.05	10	23.87	74	23.87
3. ระดับชั้นที่ฝึกสอน								
ประถมศึกษา	25	20.83	24	14.63	6	23.08	55	17.74
มัธยมศึกษาตอนต้น	71	59.17	60	36.59	7	26.92	138	44.52
มัธยมศึกษาตอนปลาย	18	15.00	60	36.59	4	15.38	82	26.45
ประถมและมัธยมศึกษาตอนต้น	1	0.83	1	0.61	3	11.54	5	1.61
ประถมและมัธยมศึกษาตอนปลาย	0	0.00	1	0.61	1	3.85	2	0.65
มัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย	5	4.17	18	10.98	5	19.23	28	9.03

1.3. การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การวิจัยในระยะที่ 1 เป็นการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งเป็นการสร้างเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างเป็นแบบพหุมิติ (multidimensional) โดยใช้ข้อประกอบของ TPACK คือ ความรู้ศาสตร์การสอน (pedagogies knowledge : P) ความรู้เนื้อหา (content knowledge : C) และ การรู้เทคโนโลยี (technology knowledge : T) ในบริบทสะเต็ม เป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีโครงสร้างหลัก 3 ตัว คือ T-STEM P-STEM และ C-STEM โดยมีองค์ประกอบย่อยเป็นการบูรณาการองค์ประกอบหลักของ TPACK สองมิติในบริบทสะเต็ม (TP, TC, PC) มาบูรณาการร่วมกับบริบทการบูรณาการ STEM แบบสองมิติ (ST, SE, SM, TE, TM, EM) ทำให้ได้องค์ประกอบย่อยทั้งหมด 18 องค์ประกอบ ที่มีลักษณะเป็นโมเดลแบบ multidimensional within item ได้แก่ TP-ST, TP-SE, TP-SM, TP-TE, TP-TM, TP-EM, PC-ST, PC-SE, PC-SM, PC-TE, PC-TM, PC-EM TC-ST, TC-SE, TC-SM, TC-TE, TC-TM และ TC-EM จากนั้นสร้างข้อคำถามองค์ประกอบย่อยละ 2 ข้อคำถาม ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบมาตรฐานค่า 5 ระดับ รวมทั้งสิ้น 36 ข้อ มีขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือดังต่อไปนี้

1. สร้างข้อคำถามวัดสมรรถนะครูเพิ่มเติมที่วัดการรับรู้ของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความรู้ และทักษะในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมตามกรอบสมรรถนะครู TPACK โดยยึดนิยามปฏิบัติการ ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความพร้อมครู การบูรณาการเพิ่มเติม และ TPACK ดังนี้

นิยามปฏิบัติการของตัวแปรวิจัย

สมรรถนะครูเพิ่มเติม (STEM teacher competencies) หมายถึง ความรู้และทักษะในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมตามกรอบสมรรถนะครู TPACK ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงความพร้อมของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับความรู้ความสามารถในด้านเนื้อหา (content) ศาสตร์การสอน (pedagogy) และเทคโนโลยี (technology) การบูรณาการความรู้และทักษะเหล่านี้ไปใช้ในการบูรณาการเนื้อหา ความรู้ ทักษะ และกระบวนการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM) เพื่อจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้และทักษะเหล่านั้นไปใช้สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่นำไปใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตจริงของนักเรียนได้

TPACK

ความรู้ความสามารถในเนื้อหา หมายถึง ความรู้ในเนื้อหาทฤษฎี และแนวคิด (concept) ในเรื่องที่ได้เรียนมาและเรื่องที่สอน เป็นความเข้าใจธรรมชาติของความรู้ และวิธีการหาความรู้ในวิชาต่าง ๆ

ความรู้ความสามารถในศาสตร์การสอน หมายถึง ความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ ความสามารถในการควบคุมและการแนะแนวสถานการณ์ต่าง ๆ ในการเรียนรู้ ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอน ความรู้ทั่วไปทางปัญญา สังคม และทฤษฎีการพัฒนาการเรียนรู้ ความรู้เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอน ความรู้ในการบริหารจัดการและการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี ความเข้าใจการบริหารจัดการชั้นเรียน การสร้างแรงจูงใจให้นักเรียน การวางแผนการสอน การประเมินผู้เรียน การทราบลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน และการสอนให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้

ความรู้ความสามารถในเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยี ความเข้าใจความเป็นไปได้และข้อจำกัดของเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพให้เกิดประโยชน์สูงสุด ความสนใจในการติดตามการพัฒนา ปรับตัว และเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ความเข้าใจว่าจะใช้ hardware และ software คอมพิวเตอร์ และเครื่องมือต่าง ๆ อย่างไร ในบริบทการศึกษา

Technological Content Knowledge (TCK) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในเนื้อหาวิชาต่าง ๆ การเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของเทคโนโลยีและเนื้อหา ความเข้าใจในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาและเทคโนโลยี การรู้ว่าเทคโนโลยีและเนื้อหามีผล มีความเชื่อมโยง หรือมีข้อจำกัดต่อกันอย่างไร

การเข้าใจว่าเนื้อหาที่สอนอยู่จะสามารถใช้เทคโนโลยีช่วยในการสอนได้อย่างไร การรู้ว่าเทคโนโลยีมีผลอย่างไรกับเนื้อหาต่าง ๆ และการรู้ว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีแสดงเนื้อหาที่ชัดเจนได้อย่างไร

Technological Pedagogical Knowledge (TPK) หมายถึง การประยุกต์ความสามารถของเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการสอน ความเข้าใจความเป็นไปได้และข้อจำกัดของเทคโนโลยีที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบหรือกลยุทธ์การเรียนการสอน ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของการสอนและการเรียนรู้เทคโนโลยีที่หลากหลายสำหรับการปฏิบัติการสอน ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างเทคโนโลยีและศาสตร์การสอน การรู้ว่าจะสามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างไรบ้าง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายการสอน การเลือกเครื่องมือเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับวิธีการสอนแบบต่าง ๆ

Pedagogical Content Knowledge (PCK) หมายถึง การสอนอย่างมีประสิทธิภาพ รู้ว่าเนื้อหาแต่ละเรื่องมีวิธีการสอนและเหมาะสมวิธีการสอนแบบใดที่จะสามารถสอนผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรู้ความสัมพันธ์ของเนื้อหาและศาสตร์การสอน การเชื่อมโยงเนื้อหาและการสอน

TPACK หมายถึง การสังเคราะห์ ผสมผสานหรือบูรณาการความรู้เนื้อหา ศาสตร์การสอน และเทคโนโลยี มาใช้ในการออกแบบประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน โดยเน้นว่าจะใช้เทคโนโลยีในการสอนอย่างไรให้สามารถสอนเนื้อหาได้อย่างชัดเจนในบริบทเฉพาะต่าง ๆ

STEM

ความรู้ความสามารถในด้านวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาหลักที่สอน กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดอย่างมีตรรกะ ความสามารถทาง การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจโลกความเป็นจริง และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

ความรู้ความสามารถในด้านเทคโนโลยี หมายถึง ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยี ความเข้าใจเทคโนโลยี การรู้เทคโนโลยี ทักษะและความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ทั้งฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และสิ่งประดิษฐ์ที่ทันสมัย คุ่มค่า และช่วยอำนวยความสะดวก

ความรู้ความสามารถในด้านวิศวกรรม หมายถึง ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับทักษะ การออกแบบ การคิดอย่างเป็นระบบ โครงสร้าง การสร้างแบบจำลองหรือโมเดล มุมมองทาง วิศวกรรม การวิเคราะห์โมเดล การตัดสินใจ ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดยืดหยุ่น การบริหารจัดการ การวางแผน การทำงานเป็นทีม และการพัฒนานวัตกรรมใหม่

ความรู้ความสามารถในด้านคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ กระบวนการแก้ปัญหา กระบวนการทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผล การเชื่อมโยงเหตุผล ความรู้ทาง คณิตศาสตร์ การคำนวณ การเปรียบเทียบ เรขาคณิต การดำเนินการ ลำดับ ขนาด ปริมาณ การใช้ สมการทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งการเข้าใจปัญหาและขอบเขตปัญหา

2. นำข้อคำถามที่พัฒนาขึ้นไปเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เพื่อให้อาจารย์ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของข้อคำถามที่สร้างขึ้นในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ และให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น
3. นำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมมาปรับปรุง แก้ไข ข้อคำถามให้มีคุณภาพและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แล้วนำข้อคำถามดังกล่าวมาจัดทำแบบสอบถามความพร้อมครู สะเต็ม โดยมีการเพิ่มเติมส่วนของภูมิหลังลงไปแบบสอบถาม เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ
4. นำข้อคำถามที่ปรับปรุงแก้ไขจากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา
5. นำคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา มาปรับปรุง แก้ไข ข้อคำถามให้มีคุณภาพและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น
6. นำเครื่องมือที่ได้ไปทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นตัวอย่างวิจัย แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น
7. นำผลที่ได้จากการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม มาใช้ปรับปรุง เครื่องมืออีกครั้งให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยระยะต่อไป

ตัวอย่างข้อคำถามวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

องค์ประกอบ	องค์ประกอบย่อย	ข้อคำถาม
TP-STEM	TP-ST	ใช้ ICT ร่วมกับการสอนหลากหลายวิธี ในการส่งเสริมให้นักเรียน ประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนร่วมกับสิ่งประดิษฐ์ หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
	TP-TE	ใช้ ICT กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจ ซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ที่ช่วยในวางแผนการทำงานผ่านวิธีการ สอนที่หลากหลาย
	TP-EM	เลือก ICT ลักษณะต่าง ๆ มาใช้ร่วมกับการสอนแต่ละรูปแบบ เพื่อส่งเสริม ให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมได้
TC-STEM	TC-SE	ใช้ ICT สร้างสื่อการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชา เพื่อนำไปใช้ในการสอนให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ตนเองมีไปใช้ในการแก้ปัญหาตาม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
	TC-SM	นำ ICT มาใช้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียน สามารถเชื่อมโยงเหตุผลในเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนได้สอดคล้องกับโลกแห่ง ความเป็นจริง
	TC-TM	ประยุกต์ใช้ ICT ในเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถคำนวณ เปรียบเทียบ หรือดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ผ่านการใช้ซอฟต์แวร์ หรือ แอปพลิเคชันที่เหมาะสมได้

องค์ประกอบ	องค์ประกอบย่อย	ข้อความ
PC-STEM	PC-ST	เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่เน้นกระบวนการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ
	PC-TE	ปรับวิธีการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน และสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม
	PC-EM	เลือกใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายในเนื้อหาวิชา เพื่อประเมินความถูกต้องของการเชื่อมโยงเหตุผลในการทำงานและการสร้างนวัตกรรมแบบเป็นกลุ่มของนักเรียน

1.4. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น มีการตรวจสอบคุณภาพทั้งความตรงและความเที่ยง โดยการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) และความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ดังนี้

1) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) มีการดำเนินการ 2 ขั้นตอนคือ 1) นำแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการตรวจสอบและวิพากษ์เครื่องมือวิจัย ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญและทรงคุณวุฒิด้านการวิจัย จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบและตัดสินคุณภาพของเครื่องมือวิจัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือและภาษาที่ใช้ 2) นำแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดประเมิน ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้าน TPACK ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องและความชัดเจนของภาษา โดยใช้ดัชนี IOC (item objective congruence) รายละเอียดผู้เชี่ยวชาญปรากฏในภาคผนวก ก.

2) การตรวจสอบความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ด้วยโปรแกรม R package MBESS และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 22 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์โอเมกา (Omega coefficient) ด้วยโปรแกรม R package MBESS

3) การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ซึ่งมีทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิติ (unidimensional confirmatory factor analysis: unidimensional CFA) และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ

(multidimensional confirmatory factor analysis: multidimensional CFA) โดยใช้โปรแกรม Mplus เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลเชิงประจักษ์กับทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ

1.5. การทดลองใช้เครื่องวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

ผู้วิจัยขอความร่วมมือจากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย จำนวน 20 มหาวิทยาลัย ในการทดลองใช้เครื่องมือกับนิสิตนักศึกษาครูในแต่ละมหาวิทยาลัย ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยขอความร่วมมือนิสิตนักศึกษาครูตอบแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้จัดส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ไปยังคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั่วประเทศไทยจำนวน 20 มหาวิทยาลัย จำนวนทั้งสิ้น 400 ชุด ซึ่งเป็นจำนวนมากกว่าจำนวนที่ขั้นต่ำ (273 ชุด) ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบเชิงยืนยันประมาณร้อยละ 47 เพื่อเป็นการชดเชยกรณีมีการตอบแบบสอบถามไม่สมบูรณ์หรือมีข้อมูลสูญหาย

ระยะที่ 2 การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม ในระยะนี้เป็นการศึกษาระดับสมรรถนะครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูที่มีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ที่มีการศึกษาตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มในสองระดับ ซึ่งมีระดับที่หนึ่งคือนิสิตนักศึกษาครู ชั้นปีที่ 5 และระดับที่สองคือ หลักสูตร และโรงเรียน เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2 และ 3

2.1. ประชากร

ประชากรในการวิจัยระยะที่ 2 คือ นิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562

2.2. ตัวอย่างวิจัย

ตัวอย่างวิจัยคือ นิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 537 คน ทั้งนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ในระดับหลักสูตรซึ่งเก็บข้อมูลจากอาจารย์นิเทศก์ของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน และในระดับโรงเรียนซึ่งเก็บข้อมูลจากครูพี่เลี้ยง

ของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน โดยมีการกำหนดขนาดตัวอย่าง การได้มาซึ่งตัวอย่าง พร้อมทั้งจำนวน และภูมิหลังของตัวอย่างวิจัย ดังนี้

การกำหนดขนาดตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ตัวอย่างวิจัยประกอบด้วยตัวอย่าง 3 กลุ่ม ใน 2 ระดับ ที่มีความสัมพันธ์กัน คือ ระดับที่ 1 เป็นนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562 ระดับที่ 2 คือ หลักสูตร และโรงเรียน เป็นระดับที่มีความเกี่ยวข้องกับอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นตัวอย่างวิจัยในระดับที่ 1 ซึ่งข้อมูลที่เกิดจากตัวอย่างวิจัยจะมีลักษณะซ้อนกัน (nested) โดยส่วนมากนิสิตนักศึกษาครูจะมีอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงอย่างละ 1 คน (1 : 1 : 1) แต่อาจารย์นิเทศก์หรือครูพี่เลี้ยงแต่ละคนอาจจะมีนิสิตนักศึกษาครูที่ต้องคอยดูแลมากกว่า 1 คน ทำให้รูปแบบของการ nested ของข้อมูลจึงมีรูปแบบที่ไม่แน่นอนหรือมีลักษณะแบบ cross-classified ดังนั้นในการกำหนดขนาดตัวอย่างวิจัยจะต้องใช้จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ cross-classified multilevel models

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่า จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่เหมาะสมกับโครงสร้างข้อมูลดังกล่าวนี้ คือ จำนวนกลุ่มในระดับสูงที่มีข้อมูลในระดับล่างซ้อนอยู่ (nested) ควรมีอย่างน้อย 50 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มควรมีข้อมูลในระดับล่างจำนวนอย่างน้อยกลุ่มละ 10-20 หน่วย (Chung, Kim, Park, & Jean, 2018; Meyers, & Beretvas, 2006) ซึ่งในบริบทของการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มในงานวิจัยนี้ อาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงแต่ละคนจะมีนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลไม่ครบ 10-20 คน งานวิจัยนี้จึงกำหนดจำนวนขนาดตัวอย่างที่เป็นนิสิตนักศึกษาครูให้ได้จำนวนมากที่สุดดังที่ผลการวิจัยก่อนหน้านี้เสนอไว้ คือ กำหนดให้ตัวอย่างระดับบนเป็น 50 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มมีข้อมูลระดับล่างจำนวน 20 หน่วย ทำให้จำนวนตัวอย่างในระดับล่างขั้นต่ำที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ cross-classified multilevel models เป็น 1,000 หน่วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างเป็นนิสิตนักศึกษาครู ระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1,000 คน โดยมีการเก็บข้อมูลจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนควบคู่ไปด้วย

การได้มาซึ่งตัวอย่างวิจัย

การได้มาซึ่งตัวอย่างวิจัยมีการดำเนินการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ผู้วิจัยจึงดำเนินการขอข้อมูลรายชื่อโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู พร้อมทั้งรายชื่อสาขา และจำนวนนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 แต่ละสาขาที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพในแต่ละโรงเรียน

จากคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยในประเทศไทยทุกภูมิภาค จำนวน 54 มหาวิทยาลัย เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลใช้ในการคัดกรองโรงเรียนที่จะดำเนินการส่งแบบสอบถามไปขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาครู อาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน

2) ผู้วิจัยจัดทำระบบข้อมูลแล้วคัดเลือกโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีนิสิตนักศึกษาครู ชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโรงเรียนนั้น ๆ อย่างน้อย 4 คน ทำให้ผู้วิจัยได้รายชื่อโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่มีลักษณะดังกล่าว จำนวน 349 โรงเรียน ซึ่งมีจำนวนนิสิตนักศึกษาครูในสาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี รวม 2,231 คน

3) ผู้วิจัยดำเนินการส่งแบบสอบถามจำนวน 2,231 ชุด ไปยังโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ 349 โรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วส่งกลับให้ผู้วิจัย โดยแบบสอบถามแต่ละชุดประกอบไปด้วยแบบสอบถามย่อย 3 ชุด คือ แบบสอบถามสำหรับนิสิตนักศึกษาครู แบบสอบถามครูพี่เลี้ยง และแบบสอบถามอาจารย์นิเทศก์ โดยจะเก็บข้อมูลควบคู่กันในแต่ละชุด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ซ้อนกันเป็นระดับ

จำนวนและภูมิหลังของตัวอย่างวิจัย

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการได้มาซึ่งตัวอย่างวิจัย ทำให้ได้แบบสอบถามคืนมาจาก 124 โรงเรียน เป็นจำนวน 537 ชุด คิดเป็นการตอบกลับร้อยละ 24.07 ซึ่งจำนวนดังกล่าวยังเป็นจำนวนที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มได้ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากการตอบกลับแบบสอบถามจำนวนดังกล่าวมาจับคู่ (matching) และจัดระบบข้อมูลให้เป็น 3 กลุ่ม ใน 2 ระดับ ดังนี้

1) **ระดับล่าง (lower level)** เป็นนิสิตนักศึกษาครูจำนวน 537 คน ซึ่งเป็นนิสิตนักศึกษาครูฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู 3 สาขา คือ 1) สาขาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 35.01 2) สาขาวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 58.85 และ 3) สาขาเทคโนโลยี ร้อยละ 6.15 โดยเป็นนิสิตนักศึกษาครูเพศหญิงมากกว่าเพศชาย นิสิตนักศึกษาส่วนมากสังกัดมหาวิทยาลัยในภาคกลางและตะวันตก ร้อยละ 37.24 รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ และนิสิตนักศึกษาส่วนมากมีการรับรู้ว่าตนเองสามารถสอนเพิ่มเติมได้ในระดับปานกลาง ร้อยละ 53.63 รองลงมาคือระดับดี ร้อยละ 33.33 รายละเอียดดังตาราง 3.2

2) **ระดับบน (higher level)** มีการจัดระบบข้อมูล 2 ส่วน คือ

ระดับหลักสูตร นำข้อมูลจากอาจารย์นิเทศก์จำนวน 401 คน จัดกลุ่มจำแนกตามหลักสูตรคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จาก 37 มหาวิทยาลัย ได้จำนวนหลักสูตรที่นำมาวิเคราะห์ทั้งหมด 77 หลักสูตร แบ่งเป็น 1) หลักสูตรคณิตศาสตร์ ร้อยละ 38.96 2) หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 46.75 และ 3) หลักสูตรเทคโนโลยี ร้อยละ 14.29 โดยส่วนมากเป็นหลักสูตรสังกัด

มหาวิทยาลัยในภาคกลางและตะวันตก ร้อยละ 35.06 รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ รายละเอียดดังตาราง 3.3

ตาราง 3.2 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยระดับนิสิตนักศึกษาครู

ข้อมูลพื้นฐาน	สาขาวิชา						รวม	
	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		เทคโนโลยี			
	n	%	n	%	n	%	n	%
	188	35.01	316	58.85	33	6.15	537	100.00
1. เพศ								
ชาย	42	22.34	60	18.99	20	60.61	122	22.72
หญิง	146	77.66	256	81.01	13	39.39	415	77.28
2. ภูมิภาคมหาวิทยาลัย								
ภาคกลางและตะวันตก	84	44.68	105	33.23	11	33.33	200	37.24
ภาคเหนือ	37	19.68	73	23.10	5	15.15	115	21.42
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	12	6.38	9	2.85	4	12.12	25	4.66
ภาคใต้	23	12.23	50	15.82	0	0.00	73	13.59
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	32	17.02	79	25.00	13	39.39	124	23.09
3. การรับรู้ระดับความสามารถในการสอนเพิ่มเติมของตนเอง								
น้อย	23	12.23	30	9.43	2	6.06	55	10.24
ปานกลาง	116	61.70	161	50.95	11	33.33	288	53.63
ดี	44	23.40	117	37.03	18	54.55	179	33.33
ดีมาก	5	2.66	8	2.53	2	6.06	15	2.79

ตาราง 3.3 ภูมิหลังของตัวอย่างวิจัยระดับหลักสูตร

ภูมิภาคมหาวิทยาลัย (37 มหาวิทยาลัย)	หลักสูตร						รวม	
	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		เทคโนโลยี			
	n	%	n	%	n	%	n	%
	30	38.96	36	46.75	11	14.29	77	100.00
ภาคกลางและตะวันตก (14 มหาวิทยาลัย)	12	40.00	14	38.89	1	9.09	27	35.06
ภาคเหนือ (5 มหาวิทยาลัย)	5	16.67	5	13.89	4	36.36	14	18.18
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (4 มหาวิทยาลัย)	4	13.33	3	8.33	2	18.18	9	11.69
ภาคใต้ (4 มหาวิทยาลัย)	4	13.33	4	11.11	0	0.00	8	10.39
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (10 มหาวิทยาลัย)	5	16.67	10	27.78	4	36.36	19	24.68

ระดับโรงเรียน นำข้อมูลจากครูพี่เลี้ยง จำนวน 486 คน มาจัดกลุ่มจำแนกตามหมวดวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จาก 124 โรงเรียน ได้จำนวนหมวดวิชาทั้งหมด 205 หมวด แบ่งเป็น 1) หมวดวิชาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 36.59 2) หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 53.17 และ 3) หมวดวิชาเทคโนโลยี ร้อยละ 10.24 โดยส่วนมากเป็นหมวดวิชาที่สังกัดโรงเรียนในภาคกลางและ

ตะวันตก ร้อยละ 40.00 รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ตามลำดับ รายละเอียดดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 ภูมิภาคหลังของตัวอย่างวิจัยระดับโรงเรียน

ภูมิภาคโรงเรียน (124 โรงเรียน)	หมวดวิชา						รวม	
	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		เทคโนโลยี			
	n	%	n	%	n	%	n	%
		75	36.59	109	53.17	21	10.24	205
ภาคกลางและตะวันตก (49 โรงเรียน)	34	45.33	42	38.53	6	28.57	82	40.00
ภาคเหนือ (27 โรงเรียน)	15	20.00	25	22.94	4	19.05	44	21.46
ภาคตะวันออก (6 โรงเรียน)	6	8.00	6	5.50	3	14.29	15	7.32
ภาคใต้ (11 โรงเรียน)	6	8.00	8	7.34	0	0.00	14	6.83
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (31 โรงเรียน)	14	18.67	28	25.69	8	38.10	50	24.39

2.3. การเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัย

การวิจัยในระยะที่ 2 มีการเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่างวิจัย 2 ลักษณะ คือ 1) เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณจากครูพี่เลี้ยง นิสิตนักศึกษาครู และอาจารย์นิเทศก์ เพื่อศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพุทธระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม โดยใช้แบบสอบถาม และ 2) เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสังเกตและสัมภาษณ์ครูในโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้สร้างข้อคำถามเกี่ยวกับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน ผู้วิจัยมีการเข้าดำเนินการและพิทักษ์สิทธิตัวอย่างในการเก็บข้อมูลแต่ละลักษณะดังนี้

1) การเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัยที่เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพุทธระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

1.1. ติดต่อคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยในประเทศไทย จำนวน 20 มหาวิทยาลัย เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลวิจัยกับอาจารย์นิเทศก์และนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย ปีการศึกษา 2563 โดยชี้แจงว่าแบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะถูกส่งไปที่โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในแต่ละโรงเรียน

1.2. ติดต่อโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูแต่ละโรงเรียน เพื่อขออนุญาตและขอความร่วมมือเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจากครูพี่เลี้ยง นิสิตนักศึกษาครูฝึกประสบการณ์วิชาชีพในแต่ละโรงเรียน และอาจารย์นิเทศก์ผู้ดูแลให้การนิเทศก์นิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน โดยชี้แจงต่อโรงเรียนว่าได้ดำเนินการขออนุญาตมหาวิทยาลัยต้นสังกัดของนิสิตนักศึกษาครูและอาจารย์นิเทศก์แล้ว

1.3. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลของครูพี่เลี้ยง นิสิตนักศึกษาครูฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และอาจารย์นิเทศก์ โดยขอความร่วมมือจากโรงเรียนแต่ละโรงเรียนแจกและรวบรวมแบบสอบถาม

ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ซึ่งในแบบสอบถามแต่ละชุดจะมีการขอความร่วมมือตัวอย่างวิจัยแต่ละระดับให้ข้อมูลวิจัย โดยมีการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยให้ตัวอย่างวิจัยทราบ และสอบถามความยินยอมให้ข้อมูลวิจัย ผ่านเอกสารข้อมูลและเอกสารยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงกับตัวอย่างวิจัยว่า ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องให้ท่านระบุรหัสแทนตัวตนของตัวอย่างวิจัย เนื่องจากวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่ผู้วิจัยใช้จะต้องนำข้อมูลของอาจารย์นิเทศก์ ครูพี่เลี้ยง และนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลของอาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงแต่ละท่าน มาจับคู่เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน การระบุรหัสแทนตัวตนนี้อาจนำไปสู่การระบุตัวตนของตัวอย่างวิจัยได้ แต่ผู้วิจัยจะรักษาสิทธิความเป็นส่วนตัวของตัวอย่างวิจัย โดยข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างวิจัย ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอผลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวตนของตัวอย่างวิจัยได้ และข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายใน 1 ปี ภายหลังจากที่ผลการวิจัยได้รับการเผยแพร่แล้ว

1.4. เก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างวิจัยที่เป็นอาสาสมัครและยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย โดยตัวอย่างวิจัยจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น ตัวอย่างวิจัยมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบทางลบต่อการปฏิบัติงานและการประเมินผลงานของตัวอย่างวิจัยทั้งสิ้น

นอกจากนี้หากตัวอย่างวิจัยให้ข้อมูลตอบกลับไม่ถึงร้อยละ 80 ของข้อคำถามทั้งหมดที่ปรากฏในแบบสอบถาม ผู้วิจัยจะดำเนินการคัดแบบสอบถามชุดนั้นออก และไม่นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผล ผู้วิจัยจะแทนที่ข้อมูลจากแบบสอบถามที่คัดออก ด้วยข้อมูลจากแบบสอบถามสำรองที่เก็บรวบรวมตามอัตราขาดเซกการสูญหาย โดยจะไม่มีผลทางลบต่อตัวอย่างวิจัยใด ๆ ทั้งสิ้น หากตัวอย่างวิจัยให้ข้อมูลตอบกลับเกินร้อยละ 80 ของข้อคำถามทั้งหมด แต่ไม่ครบถ้วน และข้อมูลจากแบบสอบถามสำรองมีไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจะดำเนินการแทนค่าข้อมูลที่ขาดหายตามหลักการทางสถิติ เป็นลำดับต่อมา

2) การเข้าถึงและการพิทักษ์สิทธิตัวอย่างวิจัยที่เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้สร้างข้อคำถามเกี่ยวกับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน

2.1. ติดต่อโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 2 โรงเรียน เพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน โดยขอความร่วมมือและขออนุญาตสังเกตลักษณะทางกายภาพของโรงเรียน ความพร้อมด้านสื่อ อุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม พร้อมทั้งขอสัมภาษณ์ครูในโรงเรียนในประเด็นเกี่ยวกับการสนับสนุนและส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของโรงเรียน การมีครูที่มีความรู้ความสามารถและมีเจตคติที่ดีเกี่ยวกับสะเต็ม บรรยากาศการทำงาน และความสัมพันธ์และการร่วมมือร่วมพลังระหว่างครูในโรงเรียนที่ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

2.2. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการสังเกตลักษณะทางกายภาพและสัมภาษณ์ครู โดยชี้แจงข้อมูลและประเด็นการวิจัยผ่านการอธิบายประกอบกับเอกสารข้อมูลและสอบถามความยินยอมให้ข้อมูลวิจัย ผ่านเอกสารยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงกับตัวอย่างวิจัยว่า ผู้วิจัยจะขอให้ครูให้สัมภาษณ์และนำผู้วิจัยสังเกตลักษณะทางกายภาพของโรงเรียนในเวลาครูสะดวก ไม่กระทบต่อการทำงาน และการเรียนของนักเรียน ข้อมูลใด ๆ ที่ได้จากครูและการสังเกต ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างข้อคำถามในเครื่องมือวิจัยเท่านั้น และจะนำเสนอข้อมูลโดยไม่ระบุตัวตนของโรงเรียนและครูที่ให้ข้อมูล ข้อมูลทั้งหมดจะถูกทำลายภายใน 1 ปี ภายหลังจากผลการวิจัยได้รับการเผยแพร่แล้ว

2.3. เก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนและครูที่ยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย โดยโรงเรียนและครูจะไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ทั้งสิ้น โรงเรียนและครูมีสิทธิที่จะถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบทางลบต่อการทำงานและการประเมินผลงานของโรงเรียนและครูทั้งสิ้น

หากโรงเรียนหรือครูผู้ให้ข้อมูลในโรงเรียนนั้น ๆ ถอนตัวหรือไม่ยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย ผู้วิจัยจะดำเนินการคัดเลือกและติดต่อโรงเรียนเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ โดยจะไม่มีผลทางลบต่อโรงเรียนและครูที่ถอนตัวทั้งสิ้น

2.4. เครื่องมือวิจัย

การวิจัยในระยะที่ 2 เป็นการศึกษาในระดับสมรรถนะครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู สภาพการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครู โดยในระยะนี้มีการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างวิจัย 3 กลุ่ม คือนิสิตนักศึกษาครู อาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยง ดังนั้นเครื่องมือวิจัยในระยะนี้จึงมี 3 ชุด คือ 1) แบบสอบถามสมรรถนะครูเพิ่มเติม 2) แบบสอบถามการนิเทศก์ครูเพิ่มเติมของอาจารย์นิเทศก์ และ 3) แบบสอบถามการนิเทศก์ครูเพิ่มเติมของครูพี่เลี้ยง มีรายละเอียดและเกณฑ์การแปลผลระดับของตัวแปรดังนี้

1. แบบสอบถามสมรรถนะครูเพิ่มเติม ใช้เก็บข้อมูลระดับนิสิตนักศึกษาครู ประกอบด้วย 4 ตอน คือ 1) ข้อมูลทั่วไป มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ (check list) และแบบเติมคำตอบ โดยให้นิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน ระบุสาขาวิชา โรงเรียน และมหาวิทยาลัยที่ตนเองสังกัด พร้อมทั้งรหัสแทนตนเอง ครูพี่เลี้ยง และอาจารย์นิเทศก์ เพื่อใช้ในการจับคู่ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการวิจัย 2) สมรรถนะครูเพิ่มเติม เป็นข้อคำถามที่ได้จากการพัฒนาเครื่องมือในระยะที่ 1 จำนวน 36 ข้อ 3) เจต

คติต่อสะเต็ม 12 ข้อ และ 4) ทักษะการคิด 8 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามตอนที่ 2, 3 และ 4 มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ สร้างจากนิยามปฏิบัติการดังนี้

นิยามปฏิบัติการที่ใช้สร้างแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็ม

เจตคติต่อสะเต็ม (attitude towards STEM) หมายถึง ความคิดเห็น ความพึงพอใจ และการรับรู้เกี่ยวกับการตระหนักเห็นคุณค่าและประโยชน์ของสะเต็ม อารมณ์และความรู้สึกที่มีต่อสะเต็ม และความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

ทักษะการคิด (thinking skills) หมายถึง ความสามารถเกี่ยวกับการคิดเชื่อมโยง ผสมผสาน บูรณาการแนวคิด องค์ความรู้ ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือในเรื่องต่าง ๆ ที่ตนเองมี หรือได้สืบค้นมาอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งทักษะ และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาใช้ในการริเริ่ม สร้างสรรค์หรือออกแบบ แนวทางการจัดการเรียนการสอน การเรียนรู้ การใช้ชีวิต หรือการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สร้างสรรค์ แตกต่างไปจากเดิม หรือเพิ่มเติมจากสิ่งที่เคยมีมาก่อน อย่างเป็นองค์รวม มีเหตุผล ถูกต้อง และเหมาะสม

2. แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มของอาจารย์นิเทศก์ ใช้เก็บข้อมูลระดับหลักสูตรจากอาจารย์นิเทศก์ ประกอบด้วย 3 ตอน คือ 1) ข้อมูลทั่วไป มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ (check list) และแบบเติมคำตอบ โดยให้อาจารย์นิเทศก์แต่ละคน ระบุสาขาวิชา และมหาวิทยาลัยที่ตนเองสังกัด พร้อมทั้งรหัสแทนตนเอง และนิสิตนักศึกษาครูในความดูแลของตนเอง เพื่อใช้ในการจับคู่ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการวิจัย 2) การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร 15 ข้อ และ 3) การให้คำปรึกษา 10 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามตอนที่ 2 และ 3 มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งสร้างจากนิยามปฏิบัติการดังนี้

นิยามปฏิบัติการที่ใช้สร้างแบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มของอาจารย์นิเทศก์

การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร หมายถึง การบริหารจัดการ การสนับสนุนและจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถ และทักษะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ 5 ด้าน คือ 1) การบริหารหลักสูตร 2) ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์ 3) การส่งเสริมความรู้ และทักษะสะเต็ม 4) การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ และ 5) การสนับสนุนเทคโนโลยี ดังนี้

1) การบริหารหลักสูตร คือ การบริหารจัดการของหลักสูตรที่ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีการผลักดันให้คณาจารย์จัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีเป้าหมายและมาตรฐานการเรียนรู้ที่มุ่งหวังในนิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถและทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

2) **ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์** คือ การมีคณาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถ และเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม มีความสัมพันธ์และมีการร่วมมือร่วมพลังในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ระหว่างคณาจารย์สาขาต่าง ๆ

3) **การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม** คือ การมีรายวิชาหรือการจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้สะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู ทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับสะเต็มที่ถูกต้อง รวมทั้งการสร้างประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ให้แก่นิสิตนักศึกษาครู

4) **การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์** คือ การจัดสรรทรัพยากรที่ดี มีเครื่องมือ วัสดุ สื่อ อุปกรณ์ ห้องเรียน และห้องปฏิบัติการที่ดี พร้อม ทันสมัย และเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม สามารถให้นิสิตนักศึกษาครูใช้ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ คิดค้น ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้สะดวก

5) **การสนับสนุนเทคโนโลยี** คือ การมีเทคโนโลยีที่ดี ทันสมัย หลากหลาย พร้อม และเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้สะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู

บทบาทการให้คำปรึกษา หมายถึง ความรู้ความสามารถของอาจารย์นิเทศก์ในการชี้แนะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระตุ้น สร้างแรงจูงใจ ให้คำแนะนำ สะท้อนข้อมูล หรือให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีประโยชน์ต่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง แก่นิสิตนักศึกษาครู

3. **แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มของครูพี่เลี้ยง** ใช้เก็บข้อมูลระดับโรงเรียนจากครูพี่เลี้ยง ประกอบด้วย 3 ตอน คือ 1) ข้อมูลทั่วไป มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ (check list) และแบบเติมคำตอบ โดยให้ครูพี่เลี้ยงแต่ละคน ระบุสาขาวิชา และโรงเรียนที่ตนเองสังกัด พร้อมทั้งรหัสแทนตนเอง และนิสิตนักศึกษาครูในความดูแลของตนเอง เพื่อใช้ในการจับคู่ ข้อมูลในการวิเคราะห์ผลการวิจัย 2) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน 18 ข้อ และ 3) การให้คำปรึกษา 10 ข้อ ซึ่งแบบสอบถามตอนที่ 2 และ 3 มีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ ซึ่งสร้างจากนิยามปฏิบัติการดังนี้

นิยามปฏิบัติการที่ใช้สร้างแบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มของครูพี่เลี้ยง

การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน หมายถึง การบริหารจัดการและส่งเสริมของโรงเรียนให้ครูและนิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์และเกิดการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ 6 ด้าน คือ 1) การสนับสนุนของผู้บริหาร 2) การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม 3) ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน

- 4) การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ 5) การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ และ
6) การสนับสนุนเทคโนโลยี ดังนี้

1) การสนับสนุนของผู้บริหาร คือ การที่ผู้บริหารสถานศึกษาตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีนโยบายผลักดันและส่งเสริมให้ครูในโรงเรียนจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีการจัดสรรงบประมาณที่เพียงพอเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

2) การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม คือ การผลักดันและพัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีครูพี่เลี้ยงช่วยชี้แนะแนวทาง ให้ความช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีการจัดตารางเวลาเรียนให้เหมาะสมและเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

3) ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน คือ การมีครูที่มีความรู้ความสามารถและเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม สามารถเป็นแบบอย่างในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีบรรยากาศการทำงานที่ดี มีความสัมพันธ์และมีการร่วมมือร่วมพลังในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มระหว่างครูในโรงเรียนที่ดี

4) การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คือ การจัดสรรทรัพยากรที่ดี มีเครื่องมือ วัสดุ สื่อ อุปกรณ์ที่ดี พร้อม ทันสมัย และเพียงพอเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

5) การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ คือ การมีห้องปฏิบัติการและห้องเรียนที่ดี มีความพร้อม และทันสมัย เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้สะเต็ม สามารถใช้ในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมได้สะดวก

6) การสนับสนุนเทคโนโลยี คือ การมีเทคโนโลยีที่ดี ทันสมัย หลากหลาย พร้อม และเพียงพอต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้สะเต็ม

บทบาทการให้คำปรึกษา หมายถึง ความรู้ความสามารถของครูในการชี้แนะ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระตุ้น สร้างแรงจูงใจ ให้คำแนะนำ สะท้อนข้อมูล หรือให้ข้อมูลป้อนกลับที่มีประโยชน์ต่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้ออกแบบและสร้างนวัตกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง แก่นิสิตนักศึกษาครู

นอกจากนี้ในการสร้างแบบสอบถามเกี่ยวกับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน ผู้วิจัยมีการลงพื้นที่ตรวจเยี่ยม (site visit) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู จำนวน 2 โรงเรียน เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนนำมาใช้ในการสร้างข้อคำถามเกี่ยวกับการสนับสนุนของโรงเรียน ดังนี้

1) เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนทางกายภาพโดยสังเกตลักษณะทางกายภาพของโรงเรียน ความพร้อมด้านสื่อ อุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ และเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

2) เก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนทางคุณภาพโดยการสังเกตและสัมภาษณ์ครูเกี่ยวกับการสนับสนุนทางคุณภาพของโรงเรียน ในด้านการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของโรงเรียน การมีครูที่มีความรู้ความสามารถและมีเจตคติที่ดีเกี่ยวกับเพิ่มเติม บรรยากาศการทำงาน และความสัมพันธ์และการร่วมมือร่วมพลังระหว่างครูในโรงเรียนที่ส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

เกณฑ์การแปลผล

การแปลผลระดับสมรรถนะครูเพิ่มเติม เจตคติต่อเพิ่มเติม ทักษะการคิด การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับมาหาค่าเฉลี่ยและแปลผลระดับของตัวแปรด้วยเกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	การแปลผล
1.00-1.50	ค่าของตัวแปรอยู่ระดับน้อยที่สุด
1.51-2.50	ค่าของตัวแปรอยู่ระดับน้อย
2.51-3.50	ค่าของตัวแปรอยู่ระดับปานกลาง
3.51-4.50	ค่าของตัวแปรอยู่ระดับมาก
4.51-5.00	ค่าของตัวแปรอยู่ระดับมากที่สุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.5. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยที่พัฒนาขึ้น มีการตรวจสอบคุณภาพทั้งความตรงและความเที่ยง พร้อมการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดสมรรถนะครูเพิ่มเติมที่พัฒนาขึ้นในระยะที่ 1 โดยมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องและความชัดเจนของภาษา โดยใช้ดัชนี IOC (item objective congruence) ซึ่งพบว่าค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้มีค่าระหว่าง 0.67-1 ซึ่งข้อใดที่มีค่า IOC ไม่เท่ากับ 1 ได้ถูกปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง นอกจากนี้มีการตรวจสอบความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยทุกตัวแปร มีค่าความเที่ยงระหว่าง .922 ถึง .975 ซึ่งสรุปได้ว่ามีความเหมาะสม

2.6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 นี้ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยมีการดำเนินการคือ 1) ขอความร่วมมือจากศูนย์ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในแต่ละมหาวิทยาลัยให้ชี้แจงและขอความร่วมมืออาจารย์นิเทศก์และนิสิตนักศึกษาครูเพื่อขอเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย โดยชี้แจงว่าแบบสอบถามจำนวน 3 ฉบับจะถูกส่งให้นิสิตนักศึกษาครูไปที่โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูแต่ละโรงเรียน 2) ส่งแบบสอบถาม จำนวน 3 ชุดที่มีการลงทะเบียนเป็นเลขเดียวกัน เพื่อให้สามารถจัดชุดข้อมูลในแต่ละระดับของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนได้ ไปที่โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูของแต่ละมหาวิทยาลัย เพื่อขอความร่วมมือให้นิสิตนักศึกษาครูในแต่ละโรงเรียน ตอบแบบสอบถามสมรรถนะครูเพิ่มเติม พร้อมทั้งขอความร่วมมือนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนนำแบบสอบถามการนิเทศก์ครูเพิ่มเติมให้อาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของตนให้ความกรุณาตอบแบบสอบถาม นอกจากนี้เพื่อขอขออนุญาตผู้วิจัยจึงส่งแบบสอบถามจำนวนมากกว่าที่คาดหวังประมาณ 1 เท่า จากจำนวนตัวอย่างวิจัยที่กำหนดไว้ การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณดังกล่าวมีการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563

ส่วนการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยขออนุญาตโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพฯ ลงพื้นที่ตรวจเยี่ยมโรงเรียน เพื่อการสังเกตสภาพและลักษณะการสนับสนุนของโรงเรียนทางกายภาพแบบไม่มีส่วนร่วม และการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับครูในโรงเรียนด้วยตัวผู้วิจัยเอง เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการสนับสนุนของโรงเรียน การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพดังกล่าวมีการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2562

2.7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในระยะนี้เป็นการศึกษาระดับสมรรถนะครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู สภาพการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม สภาพการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูที่มีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วนดังนี้

1) วิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติม โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ด้วยโปรแกรม Mplus

2) วิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู วิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยาย และสถิติอ้างอิง เช่น t-test ANOVA ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 22

ระยะที่ 3 การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ในระยะนี้ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการศึกษาระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 และข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม มาใช้ในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 4 มีรายละเอียดดังนี้

3.1. ขั้นตอนการพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

1. วิเคราะห์และสังเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 และข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม เพื่อเป็นสารสนเทศสำคัญในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดี ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มได้จริง

2. พัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มโดยเน้นความเหมาะสม และความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ผลจากการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม

3. นำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เพื่อให้อาจารย์ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น และให้คำแนะนำในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

4. นำคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมมาปรับปรุง แก้ไข แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3.2. ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย

ในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ผู้วิจัยดำเนินการสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มตามตัวแปรวิจัยแต่ละตัวแปร จากผู้เชี่ยวชาญผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม จำนวน 30 ท่าน รายละเอียดดังตาราง 3.5 เพื่อให้ผู้ให้ข้อมูลทั้ง 30 ท่านร่วมกันแสดงความคิดเห็นและให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่ควรจะเป็น เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาแนวทางปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

ตาราง 3.5 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย	จำนวน (ท่าน)
ผู้บริหารคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์	2
อาจารย์นิเทศก์	8
ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู	4
ครูพี่เลี้ยง	8
ศึกษานิเทศก์	2
ผู้บริหารหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม	1
นิสิตนักศึกษาครู	5
รวม	30

3.3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยาะที่ 3 เป็นการวิเคราะห์และสังเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ที่ได้จากการวิจัยในระยาะที่ 2 โดยการลดทอนและจัดกลุ่มข้อมูล และมีการวิเคราะห์ผลการแสดงความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ซึ่งมีการจัดกลุ่มและลงรหัสข้อมูล เพื่อสังเคราะห์ประเด็นที่ผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยแสดงความคิดเห็น นำมาใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 4 ข้อ คือ 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม 3) เพื่อวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 4) เพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งมีการดำเนินการวิจัย 3 ระยะ คือ 1) การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม และ 3) การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตามระยะการดำเนินการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยทั้งหมด คือ ตอนที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม ตอนที่ 2 การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม และตอนที่ 3 การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

ตอนที่ 1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

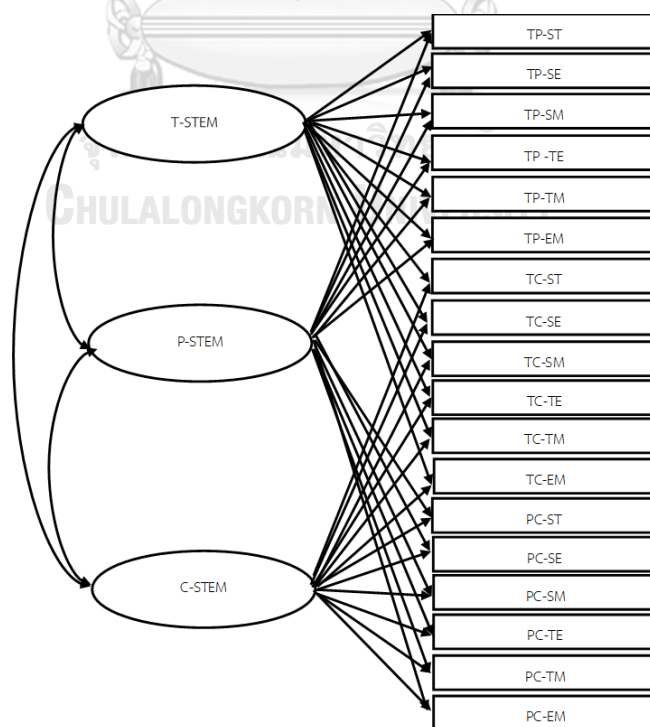
การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มในการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู โดยประยุกต์ใช้กรอบการบูรณาการ TPACK-STEM ในการสร้างเครื่องมือ จากนั้นนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปี 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย จำนวน 310 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น ทั้งความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และความเที่ยง (reliability)

1.1. การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK

การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มเป็นการนำกรอบการบูรณาการ TPACK ซึ่งเป็นกรอบสมรรถนะพื้นฐานของครูที่ควรมีเพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้ในบริบท STEM ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้ความสามารถและทักษะในการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ไปใช้สร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง ดังนั้นการนำแนวคิดการบูรณาการ TPACK-STEM มาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะ

ครูสะเต็มจะทำให้ได้เครื่องมือที่สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถและทักษะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ครอบคลุมทุกมิติ แต่อย่างไรก็ตามด้วยองค์ประกอบการบูรณาการที่มีจำนวนมากของทั้ง TPACK และ STEM ถ้านำทุกองค์ประกอบมาสร้างข้อคำถามจะทำให้เครื่องมือมีความยาวหรือจำนวนข้อที่มากเกินไป อันจะส่งผลถึงคุณภาพของการวัดสมรรถนะครูสะเต็มได้ การวิจัยนี้จึงดำเนินการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ในลักษณะโครงสร้างแบบพหุมิติ (multidimensional structure) เพื่อเป็นการทำให้ความยาวของเครื่องมือสั้นลงแต่ยังทำได้สารสนเทศเกี่ยวกับสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่ครบถ้วน

การสร้างเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบพหุมิติในการวิจัยนี้ เป็นการสร้างแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราประมาณค่า (summated rating scale) 5 ระดับ มีโครงสร้างหลักเป็น T-STEM P-STEM และ C-STEM และสร้างองค์ประกอบโดยนำการบูรณาการ TPACK แบบสองมิติ (TP, TC, PC) มาบูรณาการร่วมกับการบูรณาการ STEM แบบสองมิติ (ST, SE, SM, TE, TM, EM) เพื่อให้ข้อคำถามไม่ซ้ำซ้อนจนเกินไป เมื่อนำการบูรณาการ TPACK และ STEM แบบสองมิติมาสร้างองค์ประกอบทำให้โมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่มีทั้งหมด 18 องค์ประกอบ ที่มีลักษณะเป็นโมเดลแบบ multidimensional within item (ดังภาพ 4.1) โดยแต่ละองค์ประกอบมีข้อคำถามที่สะท้อนสมรรถนะครูสะเต็มตามองค์ประกอบนั้น องค์ประกอบละ 2 ข้อ ดังนั้นเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นจึงมีจำนวนข้อคำถามทั้งหมด 36 ข้อ ดังตาราง 4.2



ภาพ 4.1 โมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

1.2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK ที่พัฒนาขึ้น มีการตรวจสอบคุณภาพทั้งความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) และความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ซึ่งดำเนินการโดย นำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจำนวน 36 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปี 5 ที่กำลังศึกษาในคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยในประเทศไทย จำนวน 310 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของเครื่องมือทั้งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์โอเมกา (Omega coefficient) วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก พร้อมทั้งวิเคราะห์ความตรงเชิงโครงสร้างของเครื่องมือด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม (กรอบแนวคิด TPACK-STEM) ที่นำมาใช้สร้างเครื่องมือกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการตรวจสอบความเที่ยงและอำนาจจำแนกของเครื่องมือ

การตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นมีการวิเคราะห์ทั้งค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์โอเมกา (Omega coefficient) เนื่องจากข้อคำถามที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นพหุมิติ ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงสูง โดยมีค่า Cronbach's alpha และ Omega ในภาพรวม (TPC-STEM) เท่ากับ .975

เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้าน TP-STEM มีค่า Cronbach's alpha และ Omega เท่ากับ .943 ด้าน TC-STEM มีค่า Cronbach's alpha เท่ากับ .953 และ Omega เท่ากับ .954 และด้าน PC-STEM มีค่า Cronbach's alpha เท่ากับ .938 และ Omega เท่ากับ .939

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มโดยพิจารณาจากค่า Corrected Item-Total Correlation พบว่าแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มมีค่าอำนาจจำแนกสูง โดยด้าน TP-STEM มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .695 - .793 ด้าน TC-STEM อยู่ระหว่าง .726 - .817 และด้าน PC-STEM อยู่ระหว่าง .658 - .801 รายละเอียดดังตาราง 4.2

2) ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความตรงเชิงเนื้อหา เป็นการพิจารณาความถูกต้องสอดคล้องของเครื่องมือกับนิยามและวัตถุประสงค์ของการวัด พิจารณาความถูกต้องเหมาะสม ความชัดเจนของเครื่องมือและภาษาที่ใช้ มีการดำเนินการ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) นำแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการตรวจสอบและวิพากษ์เครื่องมือวิจัย ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญและทรงคุณวุฒิด้านการวิจัย จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบและตัดสินคุณภาพของเครื่องมือวิจัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องเหมาะสมของเครื่องมือและภาษาที่ใช้ ซึ่งคณะกรรมการมีมติให้ใช้ข้อคำถามที่มีการบูรณาการ TPACK และ STEM แบบสองมิติ เพื่อลดความซับซ้อนของข้อคำถาม และให้สร้างข้อคำถามในส่วนการบูรณาการ TPACK ให้ครอบคลุมกระบวนการทำงานในด้านการสอนของครูให้ครบทุกด้าน นอกจากนี้ให้ใช้คำว่า ICT แทนการใช้คำว่า เทคโนโลยี สารสนเทศ สื่อการเรียนการสอนออนไลน์และออฟไลน์ สื่อสังคมออนไลน์ โปรแกรม หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ รวมทั้งสิ่งประดิษฐ์ วัสดุ อุปกรณ์ที่ล้ำสมัย ลดแรงลดค่าใช้จ่าย เพื่อให้ข้อคำถามกระชับไม่ยาวมากเกินไป

2) นำแบบสอบถามสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดประเมิน ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้าน TPACK ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความครอบคลุมของเนื้อหา ความถูกต้องและความชัดเจนของภาษา แล้วนำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ดัชนี IOC (item objective congruence) พบว่า ค่าดัชนี IOC ของข้อคำถามมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ผู้เชี่ยวชาญมีคำแนะนำให้ปรับภาษาในบางข้อคำถามให้กระชับ เข้าใจได้ง่าย และสื่อความหมายได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น รายละเอียดข้อคำถามที่ปรับปรุงแล้วและค่าดัชนี IOC ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ข้อคำถามและค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

ข้อ	มิติ (TPACK-STEM)	คำถาม (ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด)	IOC	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
TP-STEM					
1.	TP-ST	ใช้ ICT ร่วมกับการสอนหลากหลายวิธี ในการส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนร่วมกับสิ่งประดิษฐ์ หรือ แอปพลิเคชันใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	0.67	.747	.938
2.	TP-ST	ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้ ICT เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ หรือ แอปพลิเคชันต่าง ๆ ในการเรียนรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ	1	.700	.940
3.	TP-SE	นำ ICT มาใช้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลายในการสอนให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรม	1	.753	.938

ข้อ	มิติ (TPACK-STEM)	คำถาม (ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะ ตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด)	IOC	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
4.	TP-SE	ใช้ ICT ควบคุมชั้นเรียนด้วยวิธีที่หลากหลาย ในชั้นเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนบูรณาการความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมตามความสนใจของตนเอง	1	.698	.940
5.	TP-SM	ใช้ ICT ร่วมกับการสอนรูปแบบต่าง ๆ เพื่อทำให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบความเหมาะสม และเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสภาพปัญหามากที่สุด	0.67	.788	.937
6.	TP-SM	ประยุกต์ใช้ ICT ในการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนได้หลากหลายวิธี เพื่อทำให้นักเรียนสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ของตนเองได้	1	.695	.940
7.	TP-TE	ใช้ ICT กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และทำ ความรู้จักซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ที่ช่วยในวางแผนการทำงานผ่านวิธีการสอนที่หลากหลาย	1	.744	.938
8.	TP-TE	ออกแบบวิธีการเรียนการสอนที่มีการประยุกต์ใช้ ICT ได้หลากหลายวิธี เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการค้นหาหรือสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ	1	.731	.939
9.	TP-TM	ใช้ ICT ช่วยในการควบคุมชั้นเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเทคโนโลยี มาใช้ในการคำนวณค่า หรือผลต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ในการเรียนได้อย่างหลากหลาย	1	.700	.940
10.	TP-TM	ใช้ ICT เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีคำนวณและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	1	.757	.938
11.	TP-EM	เลือก ICT ลักษณะต่าง ๆ มาใช้ร่วมกับการสอนแต่ละรูปแบบ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมได้	1	.793	.937
12.	TP-EM	ใช้ ICT ในการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงหรือให้เหตุผลในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมส่วนต่าง ๆ ของนักเรียนได้	1	.773	.937
TP-STEM		Cronbach's Alpha		.943	
		Omega		.943	

ข้อ	มิติ (TPACK-STEM)	คำถาม (ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะ ตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด)	IOC	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
TC-STEM					
13.	TC-ST	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1	.740	.950
14.	TC-ST	ออกแบบกิจกรรมที่มีการประยุกต์ใช้ ICT ได้อย่างหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยี ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในการทำความเข้าใจโลกแห่งความเป็นจริง	1	.726	.951
15.	TC-SE	ใช้ ICT สร้างสื่อการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชา เพื่อนำไปใช้ในการสอนให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ตนเองมีไปใช้ในการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ	0.67	.786	.949
16.	TC-SE	นำ ICT มาใช้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ในบทเรียนหรือเนื้อหาสาระต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้	1	.788	.949
17.	TC-SM	นำ ICT มาใช้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเหตุผลในเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนได้ สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง	1	.745	.950
18.	TC-SM	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับการสอนเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่น ๆ ไปใช้ในโลกรแห่งความเป็นจริงได้	1	.750	.950
19.	TC-TE	เลือกใช้ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเลือก สื่อ ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบนวัตกรรม	1	.796	.948
20.	TC-TE	นำ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา มาใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ และแอปพลิเคชันต่าง ๆ มาใช้ออกแบบนวัตกรรมร่วมกันเป็นทีมได้	1	.817	.948
21.	TC-TM	ประยุกต์ใช้ ICT ในเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถคำนวณ เปรียบเทียบ หรือดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ผ่านการใช้ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันที่เหมาะสมได้	1	.791	.949
22.	TC-TM	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ที่นำมาใช้สอนให้นักเรียนสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ได้	1	.765	.949

ข้อ	มิติ (TPACK-STEM)	คำถาม (ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด)	IOC	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
23.	TC-EM	นำ ICT มาช่วยในการอธิบายหลักการออกแบบนวัตกรรมให้แก่ นักเรียนได้อย่างเหมาะสม จนทำให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและคำนวณความคุ้มค่าของสิ่งที่จะนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมได้	1	.785	.949
24.	TC-EM	นำ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา มาใช้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา จนสามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องในการสร้างนวัตกรรมที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้	1	.788	.949
Cronbach's Alpha				.953	
Omega				.954	
PC-STEM					
25.	PC-ST	เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่เน้นกระบวนการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ	1	.702	.934
26.	PC-ST	ปรับวิธีการสอน ให้เข้ากับเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีช่วยทำความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ได้เหมาะสม	1	.678	.934
27.	PC-SE	เลือกใช้วิธีสร้างแรงจูงใจแก่นักเรียนที่เหมาะสมกับแต่ละเนื้อหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความรู้เพิ่มเติมเป็นกลุ่ม โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีประสิทธิภาพ	1	.658	.935
28.	PC-SE	เลือกวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ ได้เหมาะสมกับแต่ละเนื้อหา ทำให้สามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนรายบุคคลเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมแบบเป็นกลุ่มได้	1	.771	.931
29.	PC-SM	ใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย ในการประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและหลักการต่าง ๆ ที่นักเรียนนำมาใช้อธิบายเหตุผลในการสร้างนวัตกรรมแต่ละส่วน ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือตามหลักการของเนื้อหา นั้น ๆ	1	.766	.931
30.	PC-SM	มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียน ในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด หรือหลักการที่ถูกต้องของเนื้อหา นั้น ๆ ได้	1	.685	.934
31.	PC-TE	ถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาวิชา ได้ด้วยวิธีการสอนที่ทันสมัย เพื่อทำให้นักเรียนสามารถนำ ICT มาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมโยงหรือบูรณาการความรู้ในเรื่องต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างนวัตกรรมได้	1	.732	.932

ข้อ	มิติ (TPACK-STEM)	คำถาม (ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด)	IOC	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
32.	PC-TE	ปรับวิธีการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน และสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม	1	.736	.932
33.	PC-TM	เลือกวิธีการสอนและเนื้อหาที่เหมาะสม ในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลสารสนเทศอย่างมีเหตุผลได้	1	.722	.933
34.	PC-TM	ออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อสร้างทักษะการใช้ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันในการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียนได้	1	.677	.935
35.	PC-EM	เลือกใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายในเนื้อหาวิชา เพื่อประเมินความถูกต้องของการเชื่อมโยงเหตุผลในการทำงาน และการสร้างนวัตกรรมแบบเป็นกลุ่มของนักเรียน	1	.801	.930
36.	PC-EM	ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนและเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับการส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและขอบเขตของปัญหา เพื่อนำไปสร้างนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหาได้จริง	1	.737	.932
PC-STEM		Cronbach's Alpha		.938	
PC-STEM		Omega		.939	
TPC-STEM		Cronbach's Alpha		.975	
TPC-STEM		Omega		.975	

3) ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่ใช้พัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งมีลักษณะองค์ประกอบย่อยหรือข้อคำถามเป็นแบบ multidimension มี การตรวจสอบโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ 1) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิติ (unidimensional confirmatory factor analysis: unidimensional CFA) และ 2) การวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ (multidimensional confirmatory factor analysis: multidimensional CFA) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้ง 2 วิธี ใช้ข้อมูลขององค์ประกอบย่อยที่เป็นการบูรณาการ TPACK และ STEM แบบสองมิติ 18 องค์ประกอบ (ดังภาพ 4.1) ซึ่งข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบมีการรวมค่ามาจากข้อมูลการตอบคำถาม 2 ข้อ ขององค์ประกอบนั้น ๆ โดยใช้ค่าเฉลี่ยซึ่งค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม มีรายละเอียดดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ในระหว่างองค์ประกอบย่อยของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสู่เพิ่มเติม

	TPST	TPSE	TPSM	TPTE	TPTM	TPEM	TCST	TCSE	TCSM	TCTE	TCTM	TCEM	PCST	PCSE	PCSM	PCTE	PCTM	PCEM	
TPST	1																		
TPSE	.706*	1																	
TPSM	.634*	.645*	1																
TPTE	.668*	.644*	.705*	1															
TPTM	.583*	.643*	.699*	.664*	1														
TPEM	.677*	.706*	.730*	.735*	.719*	1													
TCST	.619*	.635*	.582*	.618*	.547*	.656*	1												
TCSE	.664*	.699*	.619*	.680*	.636*	.716*	.706*	1											
TCSM	.591*	.640*	.670*	.648*	.640*	.700*	.722*	.740*	1										
TCTE	.676*	.702*	.607*	.650*	.625*	.748*	.767*	.740*	.731*	1									
TCTM	.646*	.668*	.673*	.653*	.719*	.733*	.691*	.735*	.771*	.771*	1								
TCEM	.662*	.672*	.634*	.604*	.598*	.706*	.699*	.742*	.683*	.736*	.807*	1							
PCST	.470*	.554*	.524*	.460*	.475*	.520*	.509*	.509*	.604*	.528*	.573*	.549*	1						
PCSE	.514*	.553*	.544*	.502*	.504*	.524*	.537*	.529*	.572*	.535*	.543*	.518*	.645*	1					
PCSM	.491*	.571*	.556*	.520*	.576*	.547*	.541*	.579*	.582*	.530*	.632*	.601*	.631*	.719*	1				
PCTE	.588*	.576*	.565*	.594*	.521*	.598*	.585*	.630*	.609*	.670*	.627*	.672*	.610*	.623*	.657*	1			
PCTM	.514*	.555*	.550*	.551*	.538*	.517*	.585*	.568*	.550*	.575*	.626*	.634*	.626*	.625*	.673*	.704*	1		
PCEM	.514*	.527*	.520*	.569*	.526*	.543*	.554*	.575*	.575*	.556*	.594*	.616*	.635*	.676*	.721*	.722*	.758*	1	
M	3.34	3.38	3.41	3.45	3.41	3.35	3.47	3.29	3.46	3.33	3.36	3.34	3.75	3.71	3.59	3.49	3.58	3.58	3.55
S.D.	.86	.82	.75	.81	.82	.83	.73	.86	.78	.84	.79	.86	.73	.74	.75	.76	.71	.75	.75

หมายเหตุ : * $p < .05$

3.1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิติ (unidimensional confirmatory factor analysis: unidimensional CFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิติของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มเป็นการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม คือ 1) T-STEM 2) P-STEM และ 3) C-STEM มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ T-STEM

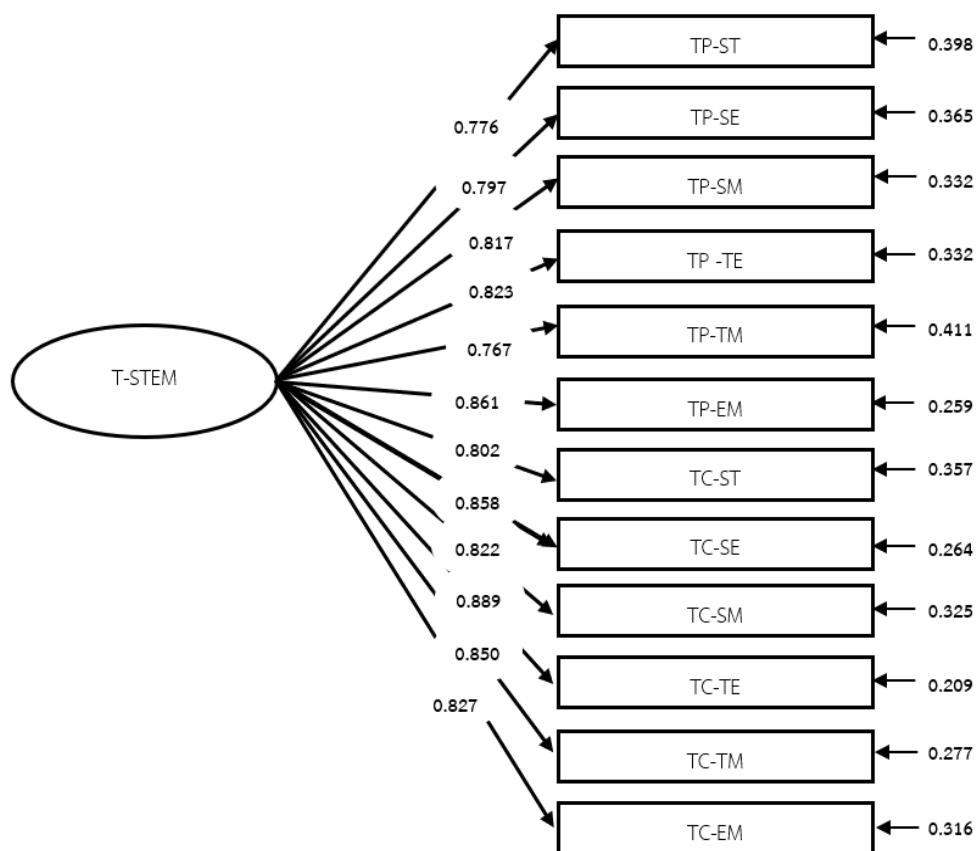
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ T-STEM ซึ่งประกอบด้วย 12 องค์ประกอบย่อยที่เป็นการบูรณาการ TP-STEM และ TC-STEM พบว่า โมเดล T-STEM มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2(40, N=310) = 55.823, p = .071, CFI = .996, TLI = .993, SRMR=.017, RMSEA = .033$) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.767 ถึง 0.889 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกองค์ประกอบย่อย ค่าความแปรปรวนร่วมกันขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบ (R square) ระหว่าง 0.589 ถึง 0.791 รายละเอียดดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิติขององค์ประกอบ T-STEM

องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อย	T-STEM			Residual	R square
	B	SE	β	Variance _(std.)	
TP-ST	1.000*	<--->	0.776*	0.398*	0.602*
TP-SE	0.974*	0.055	0.797*	0.365*	0.635*
TP-SM	0.911*	0.057	0.817*	0.332*	0.668*
TP-TE	1.002*	0.062	0.823*	0.322*	0.678*
TP-TM	0.942*	0.064	0.767*	0.411*	0.589*
TP-EM	1.068*	0.062	0.861*	0.259*	0.741*
TC-ST	0.876*	0.056	0.802*	0.357*	0.643*
TC-SE	1.102*	0.064	0.858*	0.264*	0.736*
TC-SM	0.959*	0.059	0.822*	0.325*	0.675*
TC-TE	1.114*	0.062	0.889*	0.209*	0.791*
TC-TM	1.010*	0.060	0.850*	0.277*	0.723*
TC-EM	1.069*	0.065	0.827*	0.316*	0.684*

$\chi^2 = 55.823, df = 40, p = .071, CFI = .996, TLI = .993, SRMR=.017, RMSEA = .033, AIC=5642.523, BIC=5829.351$

หมายเหตุ: * $p < .05$, <---> ค่า SE เป็น 0.000 เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter)



$$\chi^2(40, N=310) = 55.823, p = .071, CFI = .996, TLI = .993, SRMR = .017, RMSEA = .033$$

ภาพ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ T-STEM

2) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ P-STEM

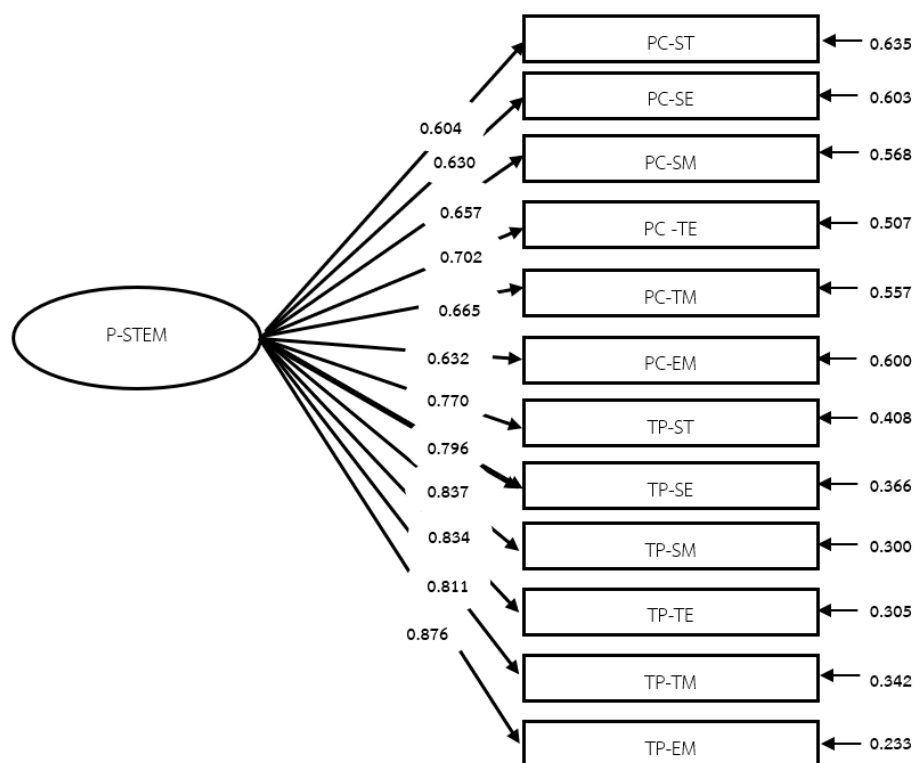
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ P-STEM ซึ่งประกอบด้วย 12 องค์ประกอบย่อยที่เป็นการบูรณาการ PC-STEM และ TP-STEM พบว่า โมเดล P-STEM มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2(35, N=310) = 43.884, p = .144, CFI = .997, TLI = .994, SRMR = .018, RMSEA = .029$) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.604 ถึง 0.876 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกองค์ประกอบย่อย มีค่าความแปรปรวนร่วมกันขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบ (R square) ระหว่าง 0.365 ถึง 0.767 รายละเอียดดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิติขององค์ประกอบ P-STEM

องค์ประกอบย่อย	P-STEM			Residual Variance _(std.)	R square
	B	SE	β		
PC-ST	1.000*	<--->	0.604*	0.635*	0.365*
PC-SE	1.055*	0.085	0.630*	0.603*	0.397*
PC-SM	1.125*	0.091	0.657*	0.568*	0.432*
PC-TE	1.212*	0.099	0.702*	0.507*	0.493*
PC-TM	1.074*	0.088	0.665*	0.557*	0.443*
PC-EM	1.082*	0.088	0.632*	0.600*	0.400*
TP-ST	1.501*	0.138	0.770*	0.408*	0.592*
TP-SE	1.473*	0.132	0.796*	0.366*	0.634*
TP-SM	1.415*	0.123	0.837*	0.300*	0.700*
TP-TE	1.535*	0.135	0.834*	0.305*	0.695*
TP-TM	1.509*	0.135	0.811*	0.342*	0.658*
TP-EM	1.644*	0.140	0.876*	0.233*	0.767*

$\chi^2 = 43.884, df = 35, p = .144, CFI = .997, TLI = .994, SRMR = .018, RMSEA = .029, AIC = 5868.485, BIC = 6073.996$

หมายเหตุ: * $p < .05$, <---> ค่า SE เป็น 0.000 เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter)



$$\chi^2 (35, N=310) = 43.884, p = .144, CFI = .997, TLI = .994, SRMR = .018, RMSEA = .029$$

ภาพ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิติขององค์ประกอบ T-STEM

3) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ C-STEM

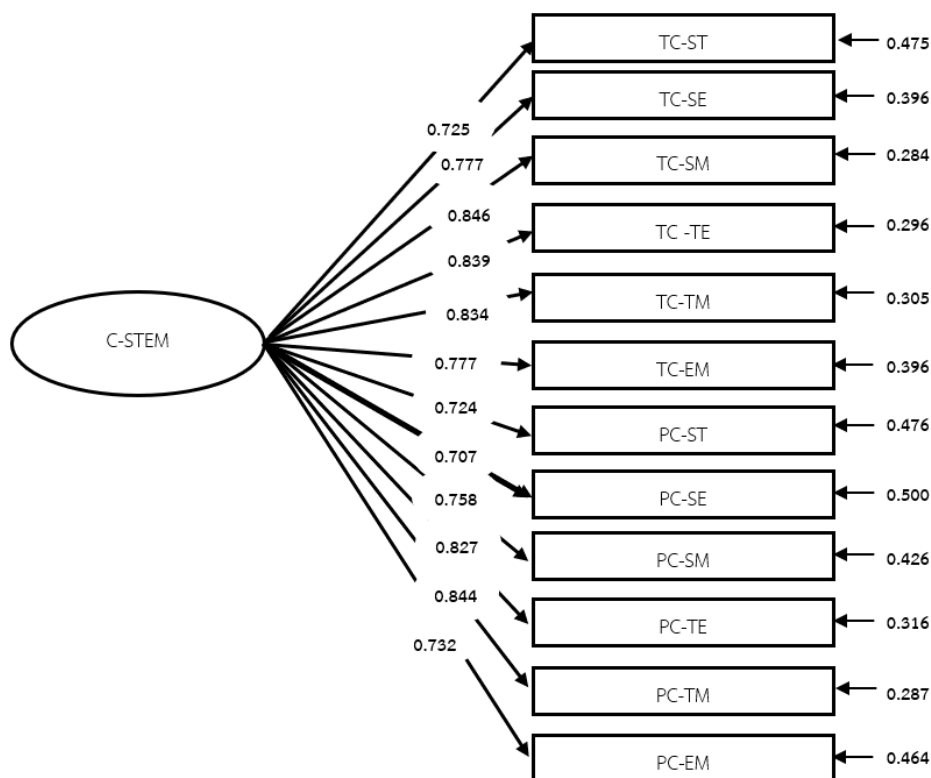
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขององค์ประกอบ C-STEM ซึ่งประกอบด้วย 12 องค์ประกอบย่อยที่เป็นการบูรณาการ TC-STEM และ PC-STEM พบว่า โมเดล C-STEM มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2 (21, N=310) = 31.799, p = .061, CFI = .997, TLI = .989, SRMR=.019, RMSEA = .041$) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.707 ถึง 0.846 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกองค์ประกอบย่อย มีค่าความแปรปรวนร่วมกันขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบ (R square) ระหว่าง 0.500 ถึง 0.716 รายละเอียดดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิติขององค์ประกอบ C-STEM

องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อย	C-STEM			Residual Variance _(std.)	R square
	B	SE	β		
TC-ST	1.000*	<--->	0.725*	0.475*	0.525*
TC-SE	1.261*	0.081	0.777*	0.396*	0.604*
TC-SM	1.248*	0.077	0.846*	0.284*	0.716*
TC-TE	1.330*	0.080	0.839*	0.296*	0.704*
TC-TM	1.251*	0.081	0.834*	0.305*	0.695*
TC-EM	1.272*	0.080	0.777*	0.396*	0.604*
PC-ST	1.004*	0.080	0.724*	0.476*	0.524*
PC-SE	0.993*	0.081	0.707*	0.500*	0.500*
PC-SM	1.087*	0.083	0.758*	0.426*	0.574*
PC-TE	1.191*	0.084	0.827*	0.316*	0.684*
PC-TM	1.138*	0.081	0.844*	0.287*	0.713*
PC-EM	1.042*	0.082	0.732*	0.464*	0.536*

$\chi^2 = 31.799, df = 21, p = .061, CFI = .997, TLI = .989, SRMR=.019, RMSEA = .041, AIC=5516.475, BIC=5774.298$

หมายเหตุ: * $p < .05$, <---> ค่า SE เป็น 0.000 เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter)



$$\chi^2(21, N=310) = 31.799, p = .061, CFI = .997, TLI = .989, SRMR = .019, RMSEA = .041$$

ภาพ 4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเอกมิติขององค์ประกอบ C-STEM

3.2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ (multidimensional confirmatory factor analysis: multidimensional CFA)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่มีองค์ประกอบหลัก 3 องค์ประกอบ คือ T-STEM, P-STEM และ C-STEM และองค์ประกอบย่อยที่เป็นการบูรณาการ TPACK แบบสองมิติ (TP, TC, PC) บูรณาการร่วมกับการบูรณาการ STEM แบบสองมิติ (ST, SE, SM, TE, TM, EM) จำนวน 18 องค์ประกอบย่อย คือ 1) TP-ST 2) TP-SE 3) TP-SM 4) TP-TE 5) TP-TM 6) TP-EM 7) PC-ST 8) PC-SE 9) PC-SM 10) PC-TE 11) PC-TM 12) PC-EM 13) TC-ST 14) TC-SE 15) TC-SM 16) TC-TE 17) TC-TM และ 18) TC-EM ซึ่งโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มดังกล่าวมีลักษณะเป็นโมเดลแบบ multidimensional within item

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุมิติ มีการจัดกลุ่มองค์ประกอบย่อยเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) กลุ่ม TP-STEM แทนองค์ประกอบย่อย TP-ST, TP-SE, TP-SM, TP-TE, TP-TM

และ TP-EM 2) กลุ่ม PC-STEM แทนองค์ประกอบย่อย PC-ST, PC-SE, PC-SM, PC-TE, PC-TM และ PC-EM และ 3) กลุ่ม TC-STEM แทนองค์ประกอบย่อย TC-ST, TC-SE, TC-SM, TC-TE, TC-TM และ TC-EM เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์เข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยืนยันพหุมิติของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มพบว่า โมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2(93, N=310) = 97.950, p = .343, CFI = .999, TLI = .998, SRMR = .019, RMSEA = .013$) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานโดยภาพรวมอยู่ระหว่าง 0.198 ถึง 0.704 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกองค์ประกอบย่อย มีค่าความแปรปรวนร่วมกันขององค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบ (R square) โดยภาพรวมอยู่ระหว่าง 0.552 ถึง 0.785 รายละเอียดดังตาราง 4.6

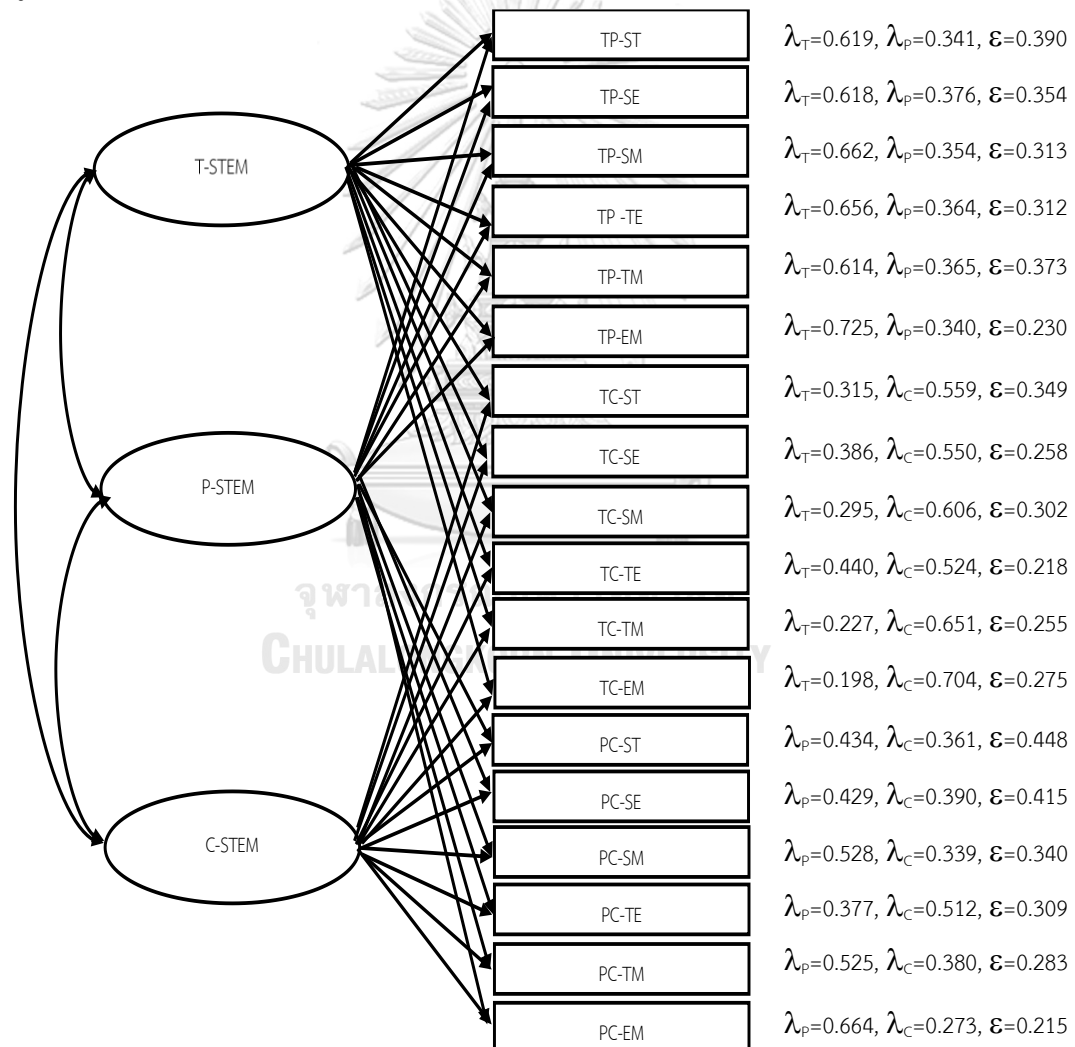
ตาราง 4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยืนยันพหุมิติของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อย	T-STEM			P-STEM			C-STEM			Residual Variance _(std.)	R square
	B	SE	β	B	SE	β	B	SE	β		
TP-ST	1.000*	<--->	0.619*	0.921*	0.224	0.341*	-	-	-	0.390*	0.610*
TP-SE	0.948*	0.072	0.618*	0.965*	0.228	0.376*	-	-	-	0.354*	0.646*
TP-SM	0.924*	0.072	0.662*	0.828*	0.231	0.354*	-	-	-	0.313*	0.687*
TP-TE	1.000*	0.076	0.656*	0.929*	0.235	0.364*	-	-	-	0.312*	0.688*
TP-TM	0.946*	0.079	0.614*	0.940*	0.236	0.365*	-	-	-	0.373*	0.627*
TP-EM	1.126*	0.073	0.725*	0.883*	0.257	0.340*	-	-	-	0.230*	0.770*
TC-ST	0.426*	0.078	0.315*	-	-	-	1.000*	<--->	0.559*	0.349*	0.651*
TC-SE	0.620*	0.132	0.386*	-	-	-	1.169*	0.152	0.550*	0.258*	0.742*
TC-SM	0.431*	0.117	0.295*	-	-	-	1.168*	0.124	0.606*	0.302*	0.698*
TC-TE	0.687*	0.121	0.440*	-	-	-	1.084*	0.147	0.524*	0.218*	0.782*
TC-TM	0.412*	0.133	0.227*	-	-	-	1.280*	0.135	0.651*	0.255*	0.745*
TC-EM	0.319*	0.152	0.198*	-	-	-	1.502*	0.151	0.704*	0.275*	0.725*
PC-ST	-	-	-	1.000*	<--->	0.434*	0.658*	0.098	0.361*	0.448*	0.552*
PC-SE	-	-	-	0.998*	0.213	0.429*	0.716*	0.179	0.390*	0.415*	0.585*
PC-SM	-	-	-	1.258*	0.226	0.528*	0.638*	0.199	0.339*	0.340*	0.660*
PC-TE	-	-	-	0.902*	0.323	0.377*	0.967*	0.187	0.512*	0.309*	0.691*
PC-TM	-	-	-	1.179*	0.213	0.525*	0.675*	0.187	0.380*	0.283*	0.717*
PC-EM	-	-	-	1.574*	0.249	0.664*	0.511*	0.228	0.273*	0.215*	0.785*

$\chi^2 = 97.950, df = 93, p = .343, CFI = .999, TLI = .998, SRMR = .019, RMSEA = .013, AIC = 8200.544, BIC = 8559.255$

หมายเหตุ: * $p < .05$, <---> ค่า SE เป็น 0.000 เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์บังคับ (constrained parameter)

เมื่อพิจารณารายองค์ประกอบหลักพบว่า **องค์ประกอบ T-STEM** ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยเป็นกลุ่ม TP-STEM และ TC-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.198 ถึง 0.725 โดยองค์ประกอบย่อยกลุ่ม TP-STEM (0.614 – 0.725) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่ม TC-STEM (0.198 – 0.440) **องค์ประกอบ P-STEM** ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยเป็นกลุ่ม TP-STEM และ PC-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.340 ถึง 0.664 โดยองค์ประกอบย่อยกลุ่ม PC-STEM (0.337 – 0.664) ส่วนใหญ่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่ม TP-STEM (0.340 – 0.376) **องค์ประกอบ C-STEM** ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยเป็นกลุ่ม TC-STEM และ PC-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่าง 0.273 ถึง 0.704 โดยองค์ประกอบย่อยกลุ่ม TC-STEM (0.524 – 0.704) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่ม PC-STEM (0.273 – 0.512)



$$\chi^2 (93, N=310) = 97.950, p = .343, CFI = .999, TLI = .998, SRMR = .019, RMSEA = .013$$

ภาพ 4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยืนยันพหุมิติของโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

สรุปได้ว่าเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 36 ข้อคำถาม ที่สร้างตามโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มแบบพหุมิติที่มี 3 องค์ประกอบหลัก คือ T-STEM, P-STEM และ C-STEM และมี 18 องค์ประกอบย่อย คือ TP-ST, TP-SE, TP-SM, TP-TE, TP-TM, TP-EM, PC-ST, PC-SE, PC-SM, PC-TE, PC-TM, PC-EM TC-ST, TC-SE, TC-SM, TC-TE, TC-TM และ TC-EM มีคุณภาพทั้งความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง รวมทั้งมีค่าความเที่ยงและอำนาจจำแนกสูง โดยมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1 มีค่า Cronbach's alpha และ Omega แต่ละด้านระหว่าง .938 - .953 และ .939 - .954 ตามลำดับ มีค่า Corrected Item-Total Correlation อยู่ระหว่าง .658 - .817 และโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2(93, N=310) = 97.950, p = .343, CFI = .999, TLI = .998, SRMR=.019, RMSEA = .013$) ดังนั้นเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นจึงมีคุณภาพสามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 การศึกษาสภาพและวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่ 2 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็มที่มีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ที่ศึกษาอิทธิพลของการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ (ตัวแปรระดับหลักสูตร) และการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง (ตัวแปรระดับโรงเรียน) ที่มีผลต่อทักษะการคิด เจตคติต่อสะเต็ม และสมรรถนะสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู (ตัวแปรระดับนิสิตนักศึกษาครู) รวมทั้งอิทธิพลของทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็มที่มีผลต่อสมรรถนะสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู

นอกจากนี้ยังนำเสนอผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 ที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู พร้อมทั้งนำเสนอผลการวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในด้านการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง ซึ่งการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มทั้ง 4 ด้านดังกล่าว เป็นการดำเนินการของหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเพื่อส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่เพียงพอในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำเสนอเป็น 5 ส่วน คือ 1) ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม : โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) 2) สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม ทักษะการคิด และเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาต่างกัน 3) สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับ

หลักสูตรที่มีหลักสูตรแตกต่างกัน 4) สภาพการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับโรงเรียนที่มีหมวดวิชาแตกต่างกัน 5) ผลการเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อเพิ่มเติม ทักษะการคิด การส่งเสริมสนับสนุนเพิ่มเติมจากหลักสูตร และโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูเพิ่มเติมแตกต่างกัน และ 6) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน

2.1. ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติม : โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models)

การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติม เป็นการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุที่มีตัวแปรในสองระดับ คือ 1) ระดับล่าง (lower level) คือ ข้อมูลของนิสิตนักศึกษาครู ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรทั้งหมด 3 ตัวแปร แบ่งเป็นตัวแปรเหตุ 2 ตัวแปร คือ ทักษะการคิด และเจตคติต่อเพิ่มเติม และตัวแปรผล 1 ตัวแปร คือสมรรถนะครูเพิ่มเติม 2) ระดับบน (higher level) คือ ข้อมูลของหน่วยการวิเคราะห์ที่มีข้อมูลของนิสิตนักศึกษาครูซ่อนอยู่ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ (1) ข้อมูลระดับหลักสูตร ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาจารย์นิเทศก์ของนิสิตนักศึกษาครูในสาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรเหตุ 2 ตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรในระดับนิสิตนักศึกษาครูทุกตัวแปร คือ การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และ (2) ข้อมูลระดับโรงเรียน ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูในหมวดคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรเหตุ 2 ตัวแปรที่ส่งผลต่อตัวแปรในระดับนิสิตนักศึกษาครูทุกตัวแปร คือ การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ครูพี่เลี้ยง โมเดลดังกล่าวมีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ซึ่งการวิเคราะห์ cross-classified multilevel models ด้วยโปรแกรม Mplus ใช้การประมาณค่าแบบเบย์ (Bayesian) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติมจึงมีรายละเอียดดังนี้

ผลการพิจารณาความเหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับด้วยค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation: ICC) ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.050 พบว่า ค่า ICC ระดับนิสิตนักศึกษาครูมีเท่ากับ 0.357 ระดับโรงเรียนเท่ากับ 0.150 และระดับหลักสูตรมีค่า 0.133 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.050 ทุกระดับ แสดงว่าโมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติมมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับ (Hox, & Mass, 2001)

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครู
 สะเต็ม พบว่า โมเดลที่วิเคราะห์ด้วยการประมาณค่าแบบเบย์ มีค่า Posterior Predictive p-value
 (PPP) เท่ากับ .446 ซึ่งมากกว่า .05 และมีค่าใกล้เคียงกับ .50 ตามเกณฑ์ของ Muthen & Asparouhov
 (2012) แสดงว่า โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็มมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล
 เชิงประจักษ์ (PPP=.446 ,df =33)

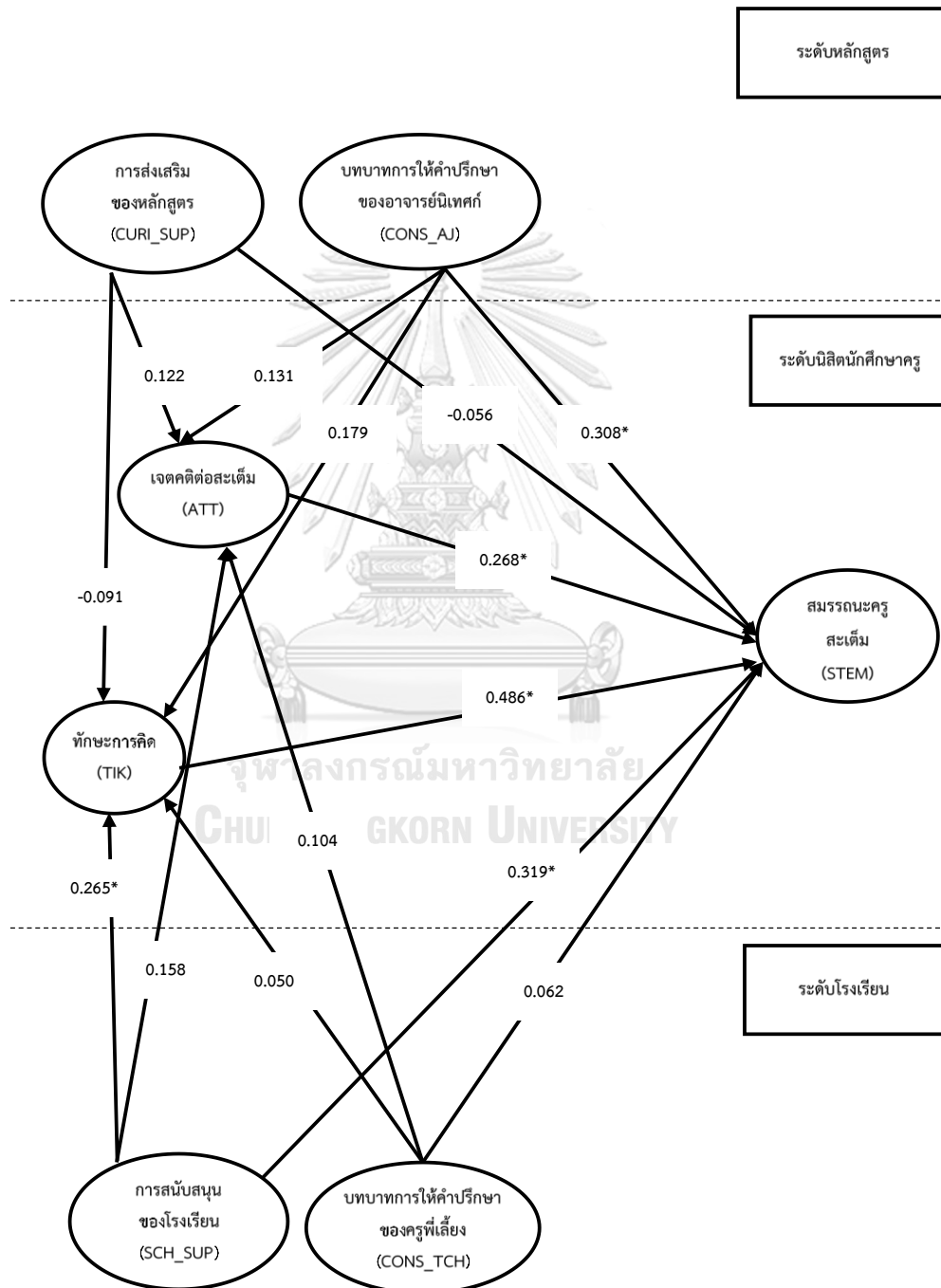
ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรในโมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม
 พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลโดยรวมต่อสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุดคือ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน
 (B= 0.489) รองลงมาคือ ทักษะการคิด (B=0.486) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์
 (B=0.428) เจตคติต่อสะเต็ม (B=0.268) และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง (B=0.062)
 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลโดยรวมต่อสมรรถนะครูสะเต็มน้อยที่สุดคือ การส่งเสริมสะเต็มของ
 หลักสูตร (B=-0.068)

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **ระดับนิสิต
 นักศึกษาครู** คือ ทักษะการคิด (B=0.486) เจตคติต่อสะเต็ม (B=0.268) **ระดับโรงเรียน** คือ
 การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน (B=0.319) และ**ระดับหลักสูตร** คือ บทบาทการให้คำปรึกษาของ
 อาจารย์นิเทศก์ (B=0.308) นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนยังมี**อิทธิพล
 ทางอ้อมต่อสมรรถนะครูสะเต็ม**อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่งผ่านตัวแปร ทักษะการคิด
 (B=0.128) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรเจตคติต่อการวิจัย และ
 ทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครู พบว่า การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะ
 การคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.265) รายละเอียดดังตาราง 4.7 และภาพ 4.6

สรุปได้ว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในระดับนิสิตนักศึกษา
 ครูมี 2 ตัวแปร คือ เจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิด ระดับหลักสูตรมี 1 ตัวแปรคือ บทบาทการให้
 คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และระดับโรงเรียนมี 1 ตัวแปร คือ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน

ดังนั้นในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มจึงควรพัฒนาปัจจัยในทุก ๆ ระดับ โดยนิสิตนักศึกษา
 ครูควรได้รับการสนับสนุนสะเต็มที่ดีจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู เมื่อนิสิตนักศึกษาครูได้ฝึก
 ประสบการณ์ในโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีการสนับสนุนสะเต็มที่ดีจะทำให้นิสิตนักศึกษา
 ครูได้พัฒนาทักษะการคิดมากยิ่งขึ้นซึ่งจะส่งผลให้นิสิตนักศึกษาครูมีพัฒนาการเกี่ยวกับสมรรถนะ
 สะเต็มที่ดีขึ้น อีกทั้งนิสิตนักศึกษาครูควรได้รับการให้คำปรึกษาที่ดีจากอาจารย์นิเทศก์ เมื่อนิสิต
 นักศึกษาครูได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ได้รับการส่งเสริมและแนะนำในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี
 จากอาจารย์นิเทศก์จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มดีขึ้น นอกจากนี้นิสิตนักศึกษาครูต้อง
 ได้รับการพัฒนาให้มีเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม เมื่อนิสิตนักศึกษาครูมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มแล้วจะทำให้นิสิต
 นักศึกษาครูมีความต้องการที่จะเรียนรู้และพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนี้ประเด็นที่น่าสังเกตคือ การส่งเสริมสะสมของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะสมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ทั้งที่ตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะสมโดยตรง สะท้อนให้เห็นว่าการส่งเสริมสะสมของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงต้องได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะครูสะสม



ภาพ 4.6 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะสม

ตาราง 4.7 ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม

เส้นทางอิทธิพล	อิทธิพลทางตรง		อิทธิพลทางอ้อม		ผลรวมอิทธิพล
	B	Posterior SD	B	Posterior SD	
ระดับนิสิตนักศึกษาครู (ภายในกลุ่ม) (n=537)					
ATT→ STEM	0.268*	0.045	-	-	0.268
TIK → STEM	0.486*	0.047	-	-	0.486
ระดับโรงเรียน (ระหว่างกลุ่ม) (n=205)					
SCH_SUP→ STEM	0.319*	0.089	-	-	0.489
SCH_SUP→ ATT→ STEM	-	-	0.042	0.026	
SCH_SUP→ TIK→ STEM	-	-	0.128*	0.043	
CONS_TCH→ STEM	0.062	0.090	-	-	0.113
CONS_TCH → ATT→ STEM	-	-	0.027	0.025	
CONS_TCH → TIK→ STEM	-	-	0.024	0.042	
SCH_SUP→ ATT	0.158	0.092	-	-	0.158
SCH_SUP→ TIK	0.265*	0.085	-	-	0.265
CONS_TCH→ ATT	0.104	0.092	-	-	0.104
CONS_TCH→ TIK	0.050	0.085	-	-	0.050
ระดับหลักสูตร (ระหว่างกลุ่ม) (n=77)					
CURI_SUP→ STEM	-0.056	0.152	-	-	-0.068
CURI_SUP → ATT→ STEM	-	-	0.032	0.038	
CURI_SUP → TIK→ STEM	-	-	-0.044	0.058	
CONS_AJ→ STEM	0.308*	0.150	-	-	0.428
CONS_AJ → ATT→ STEM	-	-	0.034	0.037	
CONS_AJ → TIK→ STEM	-	-	0.086	0.056	
CURI_SUP → ATT	0.122	0.136	-	-	0.122
CURI_SUP → TIK	-0.091	0.119	-	-	-0.091
CONS_AJ → ATT	0.131	0.133	-	-	0.131
CONS_AJ → TIK	0.179	0.113	-	-	0.179
องค์ประกอบความแปรปรวน	σ^2	ICC	ค่าสถิติทดสอบแบบเบย์เซียน		
σ^2 ค่าเฉลี่ยสมรรถนะครู	0.406	-	PPP		0.446
σ^2 STEM_นิสิตนักศึกษาครู	0.145	0.357	df		33
σ^2 STEM_โรงเรียน	0.054	0.150	DIC		2130.819
σ^2 STEM_หลักสูตร	0.061	0.133			

หมายเหตุ: * $P < .05$; PPP=Posterior Predictive P-Value; DIC=DEVIANCE; STEM=สมรรถนะครูสะเต็ม; ATT=เจตคติต่อสะเต็ม; TIK=ทักษะการคิด; SCH_SUP=การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน; CONS_TCH=บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง; CURI_SUP=การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร; CONS_AJ=บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

2.2. สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม ทักษะการคิด และเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาต่างกัน

การวิเคราะห์สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม ทักษะการคิด และเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาต่างกัน ใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 537 คน มีรายละเอียดดังนี้

สมรรถนะครูสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาที่มีสมรรถนะครูสะเต็มในระดับปานกลาง ($M=3.48$, $SD=0.64$) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลทั้งความเบ้และความโด่งพบว่า สมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมมีความโด่งไม่แตกต่างจากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่เบ้ซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่านิสิตนักศึกษาครูส่วนมากมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่าค่าเฉลี่ยและมีการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสม และเมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มจำแนกตามสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยีมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุด ($M=3.84$, $SD=0.66$) รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ($M=3.46$, $SD=0.64$) และคณิตศาสตร์ ($M=3.44$, $SD=0.61$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มรายด้านในภาพรวมพบว่า นิสิตนักศึกษาครูมี P-STEM ($M=3.53$, $SD=0.63$) และ C-STEM ($M=3.51$, $SD=0.64$) อยู่ในระดับมาก แต่มี T-STEM ($M=3.40$, $SD=0.68$) อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลรายด้านในภาพรวมพบว่า รายด้านย่อยของสมรรถนะครูสะเต็มทุกด้านมีการแจกแจงเบ้ซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่านิสิตนักศึกษาครูส่วนมากมี T-STEM P-STEM และ C-STEM มากกว่าค่าเฉลี่ย อีกทั้งยังเห็นได้ว่านิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มด้าน P-STEM สูงที่สุด รองลงมาคือ C-STEM ส่วนสมรรถนะด้าน T-STEM เป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำกว่าด้านอื่น ๆ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาครูในภาพรวมพบว่า นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ ($M=3.51$, $SD=0.62$) อยู่ในระดับมาก แต่มีความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี ($M=3.48$, $SD=0.64$) วิศวกรรม ($M=3.45$, $SD=0.67$) และคณิตศาสตร์ ($M=3.47$, $SD=0.65$) อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาครูในภาพรวมพบว่า ความรู้และทักษะของนิสิตนักศึกษาครูด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มีการแจกแจงเบ้ซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่านิสิตนักศึกษาครูส่วนมากมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

วิศวกรรม และคณิตศาสตร์สูงกว่าค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่านิสิตนักศึกษาครุมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์สูงสุด รองลงมาคือ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ ส่วนความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมเป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครุมีต่ำกว่าด้านอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ จำแนกตามสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครุพบว่า นิสิตนักศึกษาครุสาขาวิชาเทคโนโลยีมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน ส่วนนิสิตนักศึกษาครุสาขาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน โดยนิสิตนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม สูงกว่านิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์ แต่นิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครุวิทยาศาสตร์ รายละเอียดดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 สภาพสมรรถนะครูสะท้อน ความรู้และทักษะเกี่ยวกับสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครุ

ตัวแปร	สาขา	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. สมรรถนะครูสะท้อน	คณิตฯ	3.44	0.61	0.18	5.00	1.75	-.20	-.17	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.46	0.64	0.19	4.89	1.03	-.41*	.17	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.84	0.66	0.17	4.92	2.17	-.42	-.11	มาก
	รวม	3.48	0.64	0.18	5.00	1.03	-.31*	.03	ปานกลาง
1.1. T-STEM	คณิตฯ	3.35	0.67	0.20	5.00	1.58	-.25	-.11	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.39	0.67	0.20	4.88	1.00	-.42*	.12	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.81	0.69	0.18	4.96	2.29	-.27	-.69	มาก
	รวม	3.40	0.68	0.20	5.00	1.00	-.32*	-.01	ปานกลาง
1.2. P-STEM	คณิตฯ	3.50	0.59	0.17	5.00	1.88	-.17	-.18	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.51	0.63	0.18	4.88	1.04	-.37*	.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.87	0.64	0.17	4.92	2.04	-.67	.67	มาก
	รวม	3.53	0.63	0.18	5.00	1.04	-.30*	-.01	มาก
1.3. C-STEM	คณิตฯ	3.48	0.60	0.17	5.00	1.67	-.23	-.11	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.49	0.65	0.19	5.00	1.04	-.44*	.25	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.84	0.67	0.17	4.88	2.17	-.42	-.14	มาก
	รวม	3.51	0.64	0.18	5.00	1.04	-.35*	.11	มาก
2. ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์	คณิตฯ	3.46	0.60	0.17	5.00	1.67	-.10	-.23	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.50	0.62	0.18	4.94	1.06	-.38*	.35	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.84	0.67	0.18	4.83	2.17	-.37	-.36	มาก
	รวม	3.51	0.62	0.18	5.00	1.06	-.25*	.07	มาก
3. ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี	คณิตฯ	3.45	0.61	0.18	5.00	1.83	-.22	-.09	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.47	0.65	0.19	4.94	1.00	-.44*	.23	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.86	0.65	0.17	4.89	2.17	-.45	-.08	มาก
	รวม	3.48	0.64	0.18	5.00	1.00	-.34*	.09	ปานกลาง

ตัวแปร	สาขา	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
4. ความรู้และทักษะด้านวิศวกรรม	คณิตฯ	3.38	0.64	0.19	5.00	1.56	-.28	-.07	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.45	0.66	0.19	4.94	1.06	-.41*	.08	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.86	0.67	0.17	4.94	2.17	-.39	-.11	มาก
	รวม	3.45	0.67	0.19	5.00	1.06	-.33*	-.01	ปานกลาง
5. ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์	คณิตฯ	3.48	0.61	0.18	5.00	1.83	-.18	-.20	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.42	0.66	0.19	4.89	1.00	-.39*	.05	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.80	0.67	0.18	5.00	2.17	-.42	-.09	มาก
	รวม	3.47	0.65	0.19	5.00	1.00	-.32*	-.02	ปานกลาง

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ $n = 188$, standard error of skewness = 0.177, standard error of kurtosis = 0.353; วิทย์ฯ $n = 316$, standard error of skewness = 0.137, standard error of kurtosis = 0.273; เทคโนโลยีฯ $n = 33$, standard error of skewness = 0.409, standard error of kurtosis = .798; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

เจตคติต่อสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชา มีเจตคติต่อสะเต็มในระดับมาก ($M = 3.83$, $SD = 0.63$) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูล ทั้งความเข้และความโด่งพบว่า เจตคติต่อสะเต็มในภาพรวมของนิสิตนักศึกษาครูมีการแจกแจงเบ้ซ้าย และโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่านิสิตนักศึกษาครูส่วนมากมีเจตคติต่อสะเต็มมากกว่าค่าเฉลี่ยและมีการกระจายน้อย เมื่อพิจารณาเจตคติต่อสะเต็มจำแนกตามสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อสะเต็มสูงที่สุด ($M = 3.89$, $SD = 0.60$) รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยี ($M = 3.86$, $SD = 0.80$) และคณิตศาสตร์ ($M = 3.74$, $SD = 0.63$) ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเจตคติต่อสะเต็มรายข้อ พบว่า นิสิตนักศึกษาครูมีเจตคติต่อสะเต็มทุกข้ออยู่ในระดับมาก โดยเจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือ รู้สึกว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้ได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ ($M = 4.02$, $SD = 0.78$) และต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ($M = 4.02$, $SD = 0.82$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 2 ข้อ รองลงมาคือ คิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียน ($M = 3.99$, $SD = 0.78$) และต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในรายวิชาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ($M = 3.90$, $SD = 0.83$) ตามลำดับ ส่วนการพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็มเป็นเจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด ($M = 3.65$, $SD = 0.86$) รายละเอียดดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 สภาพเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. เจตคติต่อสะเต็ม	คณิตฯ	3.74	0.63	0.17	5.00	1.00	-0.46*	0.93*	มาก
	วิทย์ฯ	3.89	0.60	0.16	5.00	2.00	-0.22	-0.28	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.86	0.80	0.21	5.00	1.50	-1.17*	1.99*	มาก
	รวม	3.83	0.63	0.16	5.00	1.00	-0.42*	.51*	มาก
1.1. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	คณิตฯ	3.63	0.81	0.22	5.00	1.00	-0.08	-0.15	มาก
	วิทย์ฯ	3.79	0.75	0.20	5.00	1.00	-0.19	-0.05	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.81	0.21	5.00	1.00	-1.54*	4.12*	มาก
	รวม	3.74	0.78	0.21	5.00	1.00	-0.25*	0.10	มาก
1.2. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มช่วยพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนการสอน	คณิตฯ	3.79	0.80	0.21	5.00	1.00	-0.31	0.06	มาก
	วิทย์ฯ	3.88	0.79	0.20	5.00	1.00	-0.45*	0.13	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.88	0.96	0.25	5.00	1.00	-1.10*	1.54	มาก
	รวม	3.85	0.80	0.21	5.00	1.00	-0.46*	0.22	มาก
1.3. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้	คณิตฯ	3.56	0.88	0.25	5.00	1.00	-0.20	-0.20	มาก
	วิทย์ฯ	3.77	0.83	0.22	5.00	1.00	-0.39*	0.02	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.94	0.90	0.23	5.00	1.00	-1.25*	2.62	มาก
	รวม	3.71	0.86	0.23	5.00	1.00	-0.38*	-0.01	มาก
1.4. รู้สึกมีความสุขที่ได้เรียนรู้หรือจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	คณิตฯ	3.68	0.85	0.23	5.00	1.00	-0.24	0.00	มาก
	วิทย์ฯ	3.85	0.84	0.22	5.00	1.00	-0.40*	-0.19	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.73	1.04	0.28	5.00	1.00	-0.83*	1.06	มาก
	รวม	3.79	0.86	0.23	5.00	1.00	-0.39*	0.01	มาก
1.5. คิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียน	คณิตฯ	3.89	0.78	0.20	5.00	1.00	-0.14	-0.30	มาก
	วิทย์ฯ	4.04	0.76	0.19	5.00	1.00	-0.47*	0.13	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.03	0.92	0.23	5.00	2.00	-0.58	-0.52	มาก
	รวม	3.99	0.78	0.20	5.00	1.00	-0.36*	-0.15	มาก
1.6. รู้สึกว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้ได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ	คณิตฯ	3.89	0.78	0.20	5.00	1.00	-0.36*	0.19	มาก
	วิทย์ฯ	4.10	0.74	0.18	5.00	2.00	-0.45*	-0.19	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.94	1.03	0.26	5.00	1.00	-0.79	0.43	มาก
	รวม	4.02	0.78	0.19	5.00	1.00	-0.49*	0.14	มาก
1.7. พยายามเรียนรู้วิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มรูปแบบต่าง ๆ	คณิตฯ	3.70	0.81	0.22	5.00	1.00	-0.19	-0.12	มาก
	วิทย์ฯ	3.85	0.79	0.21	5.00	2.00	-0.19	-0.52	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.85	0.94	0.24	5.00	2.00	-0.40	-0.64	มาก
	รวม	3.80	0.81	0.21	5.00	1.00	-0.21*	-0.39	มาก
1.8. พยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็ม	คณิตฯ	3.59	0.81	0.22	5.00	1.00	-0.11	-0.12	มาก
	วิทย์ฯ	3.69	0.90	0.24	5.00	1.00	-0.30*	-0.15	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.67	0.78	0.21	5.00	2.00	-0.17	-0.16	มาก
	รวม	3.65	0.86	0.24	5.00	1.00	-0.23*	-0.14	มาก
1.9. พยายามใช้แนวคิดสะเต็มในจัดการเรียนการสอน	คณิตฯ	3.63	0.84	0.23	5.00	1.00	-0.30	-0.17	มาก
	วิทย์ฯ	3.71	0.90	0.24	5.00	1.00	-0.21	-0.50	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.76	0.94	0.25	5.00	1.00	-0.94*	1.28	มาก
	รวม	3.68	0.88	0.24	5.00	1.00	-0.28*	-0.31	มาก

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.10. ต้องการมีความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการ สะเต็มที่ถูกต้อง	คณิตฯ	3.80	0.82	0.22	5.00	1.00	-0.31	-0.08	มาก
	วิทย์ฯ	3.92	0.88	0.22	5.00	1.00	-0.42*	-0.31	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	1.01	0.27	5.00	1.00	-0.76	0.48	มาก
	รวม	3.87	0.87	0.22	5.00	1.00	-0.41*	-0.17	มาก
1.11. ต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มใน รายวิชาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	คณิตฯ	3.73	0.82	0.22	5.00	1.00	-0.19	-0.17	มาก
	วิทย์ฯ	4.00	0.80	0.20	5.00	2.00	-0.34*	-0.59*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.88	1.02	0.26	5.00	1.00	-1.05*	0.91	มาก
	รวม	3.90	0.83	0.21	5.00	1.00	-0.36*	-0.26	มาก
1.12. ต้องการให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการ ความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่อง ต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อ แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	คณิตฯ	3.95	0.84	0.21	5.00	1.00	-0.45*	-0.11	มาก
	วิทย์ฯ	4.06	0.79	0.19	5.00	2.00	-0.38*	-0.59*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.06	1.00	0.25	5.00	1.00	-1.13*	1.39	มาก
	รวม	4.02	0.82	0.20	5.00	1.00	-0.48*	-0.16	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ $n = 188$, standard error of skewness = 0.177, standard error of kurtosis = 0.353; วิทย์ฯ $n = 316$, standard error of skewness = 0.137, standard error of kurtosis = 0.273; เทคโนโลยีฯ $n = 33$, standard error of skewness = 0.409, standard error of kurtosis = .798; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

ทักษะการคิด

ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชา มีทักษะการคิดในระดับมาก ($M = 3.72$, $SD = 0.59$) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลทั้งความเบ้และความโด่งพบว่า ทักษะการคิดในภาพรวมของนิสิตนักศึกษาครูมีการแจกแจงไม่แตกต่างจากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 เมื่อพิจารณาทักษะการคิดจำแนกตามสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยีมีทักษะการคิดสูงที่สุด ($M = 3.83$, $SD = 0.76$) รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ($M = 3.73$, $SD = 0.58$) และคณิตศาสตร์ ($M = 3.68$, $SD = 0.58$) ตามลำดับ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาทักษะการคิดรายข้อ พบว่า นิสิตนักศึกษาครูมีทักษะการคิดรายข้ออยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้ ($M = 3.83$, $SD = 0.76$) รองลงมาคือ สามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ($M = 3.73$, $SD = 0.77$) ส่วนความสามารถคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้องเป็นทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด ($M = 3.65$, $SD = 0.71$) รายละเอียดดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 สภาพทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครู

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. ทักษะการคิด	คณิตฯ	3.68	0.58	0.16	5.00	2.25	.02	-.60	มาก
	วิทย์ฯ	3.73	0.58	0.16	5.00	2.00	-.26	-.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.83	0.76	0.20	5.00	2.00	-.55	.24	มาก
	รวม	3.72	0.59	0.16	5.00	2.00	-.18	-.22	มาก
1.1. สามารถคิดเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องต่าง ๆ ที่ตนเองมี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสม	คณิตฯ	3.62	0.75	0.21	5.00	1.00	-0.29	0.65	มาก
	วิทย์ฯ	3.75	0.71	0.19	5.00	2.00	-0.12	-0.22	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.79	0.82	0.22	5.00	2.00	-0.30	-0.23	มาก
	รวม	3.70	0.74	0.20	5.00	1.00	-0.20	0.14	มาก
1.2. สามารถคิดผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมีมาใช้คิดค้นแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีปัญหาแตกต่างกันได้	คณิตฯ	3.72	0.70	0.19	5.00	2.00	0.06	-0.40	มาก
	วิทย์ฯ	3.70	0.70	0.19	5.00	2.00	0.04	-0.35	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.76	0.87	0.23	5.00	2.00	-0.10	-0.67	มาก
	รวม	3.71	0.71	0.19	5.00	2.00	0.04	-0.39	มาก
1.3. สามารถคิดออกแบบวิธีการหรือกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่นักเรียนมีความหลากหลายได้	คณิตฯ	3.69	0.73	0.20	5.00	2.00	0.14	-0.51	มาก
	วิทย์ฯ	3.70	0.72	0.19	5.00	1.00	-0.35*	0.33	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.85	0.22	5.00	2.00	-0.29	-0.39	มาก
	รวม	3.70	0.73	0.20	5.00	1.00	-0.16	-0.05	มาก
1.4. สามารถคิดบูรณาการ ผสมผสานความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ต่าง ๆ มาใช้สร้างสรรค์วิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น	คณิตฯ	3.69	0.74	0.20	5.00	2.00	0.00	-0.38	มาก
	วิทย์ฯ	3.72	0.72	0.19	5.00	2.00	0.02	-0.38	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.85	0.22	5.00	2.00	-0.29	-0.39	มาก
	รวม	3.71	0.73	0.20	5.00	2.00	-0.01	-0.40	มาก
1.5. สามารถคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้อง	คณิตฯ	3.60	0.71	0.20	5.00	2.00	0.21	-0.35	มาก
	วิทย์ฯ	3.66	0.69	0.19	5.00	2.00	-0.02	-0.23	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.88	0.89	0.23	5.00	2.00	-0.31	-0.66	มาก
	รวม	3.65	0.71	0.19	5.00	2.00	0.06	-0.34	มาก
1.6. สามารถผสมผสานความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ มาใช้ออกแบบหรือคิดค้นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับรูปแบบการสอนของตนเอง	คณิตฯ	3.68	0.71	0.19	5.00	2.00	0.01	-0.32	มาก
	วิทย์ฯ	3.72	0.74	0.20	5.00	2.00	-0.12	-0.27	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.70	0.88	0.24	5.00	1.00	-1.08*	1.83*	มาก
	รวม	3.70	0.74	0.20	5.00	1.00	-0.17	-0.06	มาก
1.7. สามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้	คณิตฯ	3.66	0.74	0.20	5.00	2.00	0.00	-0.35	มาก
	วิทย์ฯ	3.74	0.76	0.20	5.00	2.00	-0.19	-0.29	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.94	1.00	0.25	5.00	1.00	-0.88*	0.84	มาก
	รวม	3.73	0.77	0.21	5.00	1.00	-0.17	-0.21	มาก

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.8. สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้ สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่ หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการ เรียนการสอนของตนเองได้	คณิตฯ	3.79	0.76	0.20	5.00	2.00	-0.07	-0.51	มาก
	วิทยาฯ	3.84	0.75	0.20	5.00	2.00	-0.13	-0.44	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.94	0.86	0.22	5.00	2.00	-0.50	-0.25	มาก
	รวม	3.83	0.76	0.20	5.00	2.00	-0.13	-0.47	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ $n = 188$, standard error of skewness = 0.177, standard error of kurtosis = 0.353; วิทยาฯ $n = 316$, standard error of skewness = 0.137, standard error of kurtosis = 0.273; เทคโนโลยีฯ $n = 33$, standard error of skewness = 0.409, standard error of kurtosis = .798; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดของนิสิต นักศึกษาครูที่มีสาขาแตกต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดของนิสิต
นักศึกษาครู 3 สาขาวิชา จำนวน 537 คน จำแนกเป็น สาขาวิชาคณิตศาสตร์ 188 คน สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ 316 คน และสาขาวิชาเทคโนโลยี 33 คน ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว
(one-way ANOVA) พบว่า นิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชา มีสมรรถนะครูสะเต็มแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($F(2,534) = 5.854, p < .01$) โดยนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยี
($M = 3.84, SD = 0.66$) มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ($M = 3.44,$
 $SD = 0.61$) และวิทยาศาสตร์ ($M = 3.46, SD = 0.64$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และเมื่อ
พิจารณารายองค์ประกอบย่อยของสมรรถนะครูสะเต็ม 3 องค์ประกอบ คือ T-STEM, P-STEM และ
C-STEM พบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาวิชาแตกต่างกันมี T-STEM ($F(2,534) = 6.900, p < .01$)
P-STEM ($F(2,534) = 5.364, p < .01$) และ C-STEM ($F(2,534) = 4.768, p < .01$) แตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 โดยนิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีทั้ง 3 ด้าน สูงกว่านิสิตนักศึกษาครู
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ
คณิตศาสตร์ของนิสิตนักศึกษาครูทั้ง 3 สาขาวิชา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-
way ANOVA) พบว่า นิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชา มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์
($F(2,534) = 5.447, p < .01$) เทคโนโลยี ($F(2,534) = 6.130, p < .01$) วิศวกรรม ($F(2,534) = 7.391,$
 $p < .01$) และคณิตศาสตร์ ($F(2,534) = 5.103, p < .01$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05
โดยนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยีมีความรู้และทักษะทั้ง 4 ด้าน สูงกว่านิสิตนักศึกษาครู
สาขาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ผลการเปรียบเทียบเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูทั้ง 3 สาขาวิชาพบว่า นิสิตนักศึกษา
ครูแต่ละสาขาวิชา มีเจตคติต่อสะเต็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05
($F(2,534) = 3.557, p = .029$) โดยนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ($M = 3.89, SD = 0.60$)
มีเจตคติต่อสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์ ($M = 3.74, SD = 0.63$) อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ในขณะที่ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูทั้ง 3 สาขาวิชาพบว่า นิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชามีทักษะการคิดไม่แตกต่างกันที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($F(2,534)=.976, p=.377$) ดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสาขาแตกต่างกัน

สาขาวิชา	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
1. สมรรถนะครูสะเต็ม												
คณิตฯ	188	3.44	0.61	4.645	2	2.323	211.863	534	.397	5.854	.003	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.46	0.64									
เทคโนโลยี	33	3.84	0.66									
รวม	537	3.48	0.64									
Levene's Test: $F=.523, df1=2, df2=534, p=.593$												
1.1. T-STEM												
คณิตฯ	188	3.35	0.67	6.200	2	3.100	239.906	534	.449	6.900	.001	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.39	0.67									
เทคโนโลยี	33	3.81	0.69									
รวม	537	3.40	0.68									
Levene's Test: $F=.277, df1=2, df2=534, p=.758$												
1.2. P-STEM												
คณิตฯ	188	3.50	0.59	4.125	2	2.062	205.305	534	.384	5.364	.005	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.51	0.63									
เทคโนโลยี	33	3.87	0.64									
รวม	537	3.53	0.63									
Levene's Test: $F=.652, df1=2, df2=534, p=.522$												
1.3. C-STEM												
คณิตฯ	188	3.48	0.60	3.846	2	1.923	215.349	534	.403	4.768	.009	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.49	0.65									
เทคโนโลยี	33	3.84	0.67									
รวม	537	3.51	0.64									
Levene's Test: $F=.915, df1=2, df2=534, p=.401$												
2. ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์												
คณิตฯ	188	3.46	0.60	4.158	2	2.079	203.818	534	.382	5.447	.005	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.50	0.62									
เทคโนโลยี	33	3.84	0.67									
รวม	537	3.51	0.62									
Levene's Test: $F=.491, df1=2, df2=534, p=.612$												
3. ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี												
คณิตฯ	188	3.45	0.61	4.959	2	2.479	215.971	534	.404	6.130	.002	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.47	0.65									
เทคโนโลยี	33	3.86	0.65									
รวม	537	3.48	0.64									
Levene's Test: $F=.927, df1=2, df2=534, p=.396$												
4. ความรู้และทักษะด้านวิศวกรรม												
คณิตฯ	188	3.38	0.64	6.397	2	3.199	231.094	534	.433	7.391	.001	เทคโนโลยี > วิทยาศาสตร์ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาศาสตร์	316	3.45	0.66									
เทคโนโลยี	33	3.86	0.67									
รวม	537	3.45	0.67									
Levene's Test: $F=.183, df1=2, df2=534, p=.833$												

สาขาวิชา	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
5. ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์												
คณิตฯ	188	3.48	0.61	4.283	2	2.142	224.098	534	.420	5.103	.006	เทคโนโลยี > วิทยาฯ * เทคโนโลยี > คณิตฯ*
วิทยาฯ	316	3.42	0.66									
เทคโนโลยีฯ	33	3.80	0.67									
รวม	537	3.47	0.65									
Levene's Test: F=.767, df1=2, df2=534, p=.465												
6. เจตคติต่อสะเต็ม												
คณิตฯ	188	3.74	0.63	2.798	2	1.399	210.034	534	.393	3.557	.029	วิทยาฯ > คณิตฯ*
วิทยาฯ	316	3.89	0.60									
เทคโนโลยีฯ	33	3.86	0.80									
รวม	537	3.83	0.63									
Levene's Test: F=1.167, df1=2, df2=534, p=.312												
7. ทักษะการคิด												
คณิตฯ	188	3.68	0.58	.684	2	.342	187.128	534	.350	.976	.377	-
วิทยาฯ	316	3.73	0.58									
เทคโนโลยีฯ	33	3.83	0.76									
รวม	537	3.72	0.59									
Levene's Test: F=1.205, df1=2, df2=534, p=.301												

หมายเหตุ : * $p < .05$

2.3. สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับหลักสูตรที่มีหลักสูตรแตกต่างกัน

การวิเคราะห์สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับหลักสูตรที่มีหลักสูตรแตกต่างกัน ใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของอาจารย์นิเทศก์จากหลักสูตรครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ทั่วประเทศ จำนวน 77 หลักสูตร จาก 37 มหาวิทยาลัย มีรายละเอียดดังนี้

การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร

ผลการวิเคราะห์การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรพบว่า ในภาพรวมหลักสูตรทุกหลักสูตรมีการส่งเสริมสะเต็มอยู่ในระดับมาก ($M=3.88$, $SD=0.47$) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลพบว่าการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรในภาพรวมมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายและโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหลักสูตรส่วนมากมีการส่งเสริมสะเต็มสูงกว่าค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลน้อย เมื่อพิจารณาการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรจำแนกตามหลักสูตรแต่ละสาขาวิชาพบว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์มีการส่งเสริมสะเต็มสูงสุด ($M=3.98$, $SD=0.35$) รองลงมาคือหลักสูตรคณิตศาสตร์ ($M=3.88$, $SD=0.57$) และเทคโนโลยี ($M=3.58$, $SD=0.44$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรรายด้านในภาพรวมพบว่า ทุกหลักสูตรมีการบริหารหลักสูตร ($M=3.73$, $SD=0.66$) ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์ ($M=4.07$, $SD=0.48$) การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม ($M=3.91$, $SD=0.56$) การสนับสนุนห้องเรียน/

ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ ($M=3.85$, $SD=0.59$) และการสนับสนุนเทคโนโลยี ($M=3.85$, $SD=0.52$) ในระดับมากทุกด้าน และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลรายด้านในภาพรวมพบว่า ด้านศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์ และการสนับสนุนเทคโนโลยี มีการแจกแจงไม่แตกต่างจากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ส่วนด้านการบริหารหลักสูตร การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม และการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ มีการการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายและโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหลักสูตรส่วนมากมีการบริหารหลักสูตร การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม และการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์สูงกว่าค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลน้อย

เห็นได้ว่าหลักสูตรทุกหลักสูตรมีศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์สูงที่สุด รองลงมา คือ การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม ส่วนด้านที่มีน้อยที่สุดคือด้านการบริหารหลักสูตร นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรรายด้านจำแนกตามหลักสูตรต่าง ๆ พบว่า หลักสูตรคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีการบริหารหลักสูตร และการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมในระดับมาก แต่หลักสูตรเทคโนโลยีมีการบริหารหลักสูตร และการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมในระดับปานกลาง ขณะที่ในด้านอื่น ๆ ทั้ง 3 หลักสูตรมีค่าเฉลี่ยรายด้านอยู่ในระดับมากทุกด้าน

ทั้งนี้เมื่อข้อสังเกตว่า หลักสูตรทั้ง 3 หลักสูตรมีค่าเฉลี่ยรายละเอียดในแต่ละด้านส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก แต่หลักสูตรเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยรายละเอียดการส่งเสริมเพิ่มเติม 6 เรื่องอยู่ในระดับปานกลางคือ 1) การมีการมอบหมายหรือส่งเสริมให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม 2) การกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม 3) การมีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของคณาจารย์ 4) การมีอาจารย์ประจำวิชาหรือสาขาต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม 5) การมีรายวิชาที่เกี่ยวกับหรือเน้นให้นิสิตมีความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านวิธีการหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและหลากหลาย และ 6) การส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทดลองสอนหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างเพียงพอต่อการนำไปใช้จริง รายละเอียดดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 สภาพการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. การบริหารหลักสูตร	คณิตฯ	3.68	0.79	0.21	5.00	1.00	-1.58*	3.95*	มาก
	วิทยาฯ	3.92	0.44	0.11	5.00	3.00	-0.08	0.19	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.21	0.61	0.19	4.33	2.33	0.51	-0.35	ปานกลาง
	รวม	3.73	0.66	0.18	5.00	1.00	-1.22*	3.21*	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.1. มีการมอบหมายหรือส่งเสริมให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม	คณิตฯ	3.68	0.89	0.24	5.00	1.00	-1.10*	2.08*	มาก
	วิทย์ฯ	4.11	0.46	0.11	5.00	3.00	-0.03	-0.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.46	0.62	0.18	4.13	2.50	-0.41	-1.67	ปานกลาง
	รวม	3.85	0.72	0.19	5.00	1.00	-1.18*	2.89*	มาก
1.2. มีการกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถและทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	คณิตฯ	3.82	0.80	0.21	5.00	1.00	-1.78*	4.93*	มาก
	วิทย์ฯ	3.94	0.51	0.13	5.00	3.00	-0.35	0.21	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.22	0.65	0.20	4.13	2.00	-0.21	-0.27	ปานกลาง
	รวม	3.79	0.69	0.18	5.00	1.00	-1.24*	3.05*	มาก
1.3. มีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของคณาจารย์	คณิตฯ	3.61	0.91	0.25	5.00	1.00	-0.76	1.09	มาก
	วิทย์ฯ	3.72	0.60	0.16	5.00	2.00	-0.77*	1.26	มาก
	เทคโนโลยีฯ	2.92	1.00	0.34	5.00	1.50	0.49	0.67	ปานกลาง
	รวม	3.56	0.83	0.23	5.00	1.00	-0.70*	0.73	มาก
2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์	คณิตฯ	4.02	0.55	0.14	5.00	2.67	-0.30	0.64	มาก
	วิทย์ฯ	4.20	0.38	0.09	5.00	3.33	0.18	0.35	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.45	0.12	4.44	3.00	-0.43	-0.55	มาก
	รวม	4.07	0.48	0.12	5.00	2.67	-0.32	0.73	มาก
2.1. มีคณาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็ม	คณิตฯ	4.03	0.58	0.14	5.00	3.00	0.04	-0.48	มาก
	วิทย์ฯ	4.22	0.48	0.11	5.00	3.00	0.04	-0.20	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.92	0.71	0.18	5.00	3.00	-0.20	-1.30	มาก
	รวม	4.10	0.56	0.14	5.00	3.00	-0.17	-0.41	มาก
2.2. มีคณาจารย์ที่มีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	คณิตฯ	4.13	0.51	0.12	5.00	3.00	-0.22	0.58	มาก
	วิทย์ฯ	4.37	0.43	0.10	5.05	3.50	0.14	-0.89	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.11	0.55	0.13	5.00	3.00	0.01	1.43	มาก
	รวม	4.24	0.49	0.11	5.05	3.00	-0.18	0.24	มาก
2.3. มีอาจารย์ประจำวิชาหรือสาขาต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม	คณิตฯ	3.91	0.78	0.20	5.00	1.00	-1.70*	5.94*	มาก
	วิทย์ฯ	4.00	0.46	0.12	5.00	3.00	0.02	0.54	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.42	0.60	0.18	4.13	2.00	-1.25	2.17	ปานกลาง
	รวม	3.88	0.65	0.17	5.00	1.00	-1.30*	4.94*	มาก
3. การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม	คณิตฯ	3.93	0.68	0.17	5.00	1.67	-0.98*	3.03*	มาก
	วิทย์ฯ	4.03	0.38	0.09	4.83	3.00	-0.35	0.55	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.44	0.51	0.15	4.17	2.50	-0.23	-0.60	ปานกลาง
	รวม	3.91	0.56	0.14	5.00	1.67	-0.85*	2.52*	มาก
3.1. มีการจัดการเรียนการสอนหรือกิจกรรมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง	คณิตฯ	3.95	0.76	0.19	5.00	1.00	-1.89*	7.20*	มาก
	วิทย์ฯ	4.03	0.42	0.10	5.00	3.00	0.10	0.38	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.52	0.54	0.15	4.38	2.50	-0.40	-0.03	มาก
	รวม	3.93	0.61	0.15	5.00	1.00	-1.44*	6.37*	มาก
3.2. มีรายวิชาที่เกี่ยวกับหรือเน้นให้นิสิตมีความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านวิธีการหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและหลากหลาย	คณิตฯ	3.87	0.62	0.16	5.00	2.67	0.06	-0.40	มาก
	วิทย์ฯ	4.06	0.47	0.12	5.00	3.00	-0.03	0.58	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.49	0.59	0.17	4.25	2.50	-0.30	-1.32	ปานกลาง
	รวม	3.91	0.57	0.15	5.00	2.50	-0.20	-0.07	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
3.3. ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทดลองสอนหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างเพียงพอต่อการนำไปใช้จริง	คณิตฯ	3.98	0.85	0.21	5.00	1.00	-1.41*	3.81*	มาก
	วิทย์ฯ	4.00	0.46	0.12	5.00	3.00	-0.42	0.23	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.30	0.68	0.21	4.00	2.31	-0.13	-1.88	ปานกลาง
	รวม	3.89	0.71	0.18	5.00	1.00	-1.08*	2.71*	มาก
4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวัสดุ และอุปกรณ์	คณิตฯ	3.84	0.67	0.17	5.00	1.67	-1.28*	2.76*	มาก
	วิทย์ฯ	3.91	0.47	0.12	4.68	3.00	-0.07	-0.77	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.68	0.72	0.19	4.67	2.33	-0.72	-0.20	มาก
	รวม	3.85	0.59	0.15	5.00	1.67	-0.97*	1.77*	มาก
4.1. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดี มีความพร้อมเพียงพอ และทันสมัย ให้นักศึกษาคูรูนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรม	คณิตฯ	3.71	0.76	0.21	5.00	1.00	-1.82*	5.02*	มาก
	วิทย์ฯ	3.88	0.55	0.14	5.00	2.67	0.16	0.23	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.60	0.82	0.23	5.00	2.00	-0.48	0.41	มาก
	รวม	3.77	0.68	0.18	5.00	1.00	-1.14*	3.38*	มาก
4.2. มีห้องเรียนหรือห้องกิจกรรมที่ดี มีความพร้อม และทันสมัย ให้นักศึกษาคูรสามารถใช้ค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	คณิตฯ	3.89	0.74	0.19	5.00	1.00	-1.97*	7.22*	มาก
	วิทย์ฯ	3.87	0.49	0.13	5.00	3.00	0.09	-0.47	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.67	0.90	0.25	5.00	2.00	-0.21	0.11	มาก
	รวม	3.85	0.66	0.17	5.00	1.00	-1.16*	4.03*	มาก
4.3. เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาคูรสามารถใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อคิดค้น ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	คณิตฯ	3.92	0.69	0.18	5.00	2.00	-0.81	0.55	มาก
	วิทย์ฯ	3.99	0.51	0.13	5.00	3.00	0.04	-0.14	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.76	0.56	0.15	4.63	2.60	-0.91	1.01	มาก
	รวม	3.93	0.59	0.15	5.00	2.00	-0.57*	0.57	มาก
5. การสนับสนุนเทคโนโลยี	คณิตฯ	3.90	0.48	0.12	5.00	3.00	0.00	0.31	มาก
	วิทย์ฯ	3.83	0.52	0.14	5.00	3.00	0.42	-0.22	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.77	0.68	0.18	5.00	2.53	-0.15	0.34	มาก
	รวม	3.85	0.52	0.14	5.00	2.53	0.09	0.01	มาก
5.1. มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาคูร	คณิตฯ	3.89	0.73	0.19	5.00	1.00	-2.13*	7.81*	มาก
	วิทย์ฯ	3.88	0.58	0.15	5.00	3.00	0.40	-0.33	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.74	0.89	0.24	5.00	2.40	0.01	-1.09	มาก
	รวม	3.86	0.68	0.18	5.00	1.00	-0.90*	3.06*	มาก
5.2. มีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	คณิตฯ	3.91	0.43	0.11	5.00	3.00	0.00	1.21	มาก
	วิทย์ฯ	3.87	0.54	0.14	5.00	3.00	0.43	-0.22	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.75	0.67	0.18	5.00	2.60	0.16	0.18	มาก
	รวม	3.87	0.52	0.13	5.00	2.60	0.16	0.16	มาก
5.3. มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนิสิตนักศึกษาคูรในการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.89	0.55	0.14	5.00	3.00	0.14	-0.21	มาก
	วิทย์ฯ	3.74	0.52	0.14	5.00	2.97	0.43	0.18	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.83	0.63	0.16	5.00	2.60	-0.39	1.37	มาก
	รวม	3.81	0.54	0.14	5.00	2.60	0.18	-0.04	มาก
การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร	คณิตฯ	3.88	0.57	0.15	5.00	2.00	-1.16*	3.06*	มาก
	วิทย์ฯ	3.98	0.35	0.09	4.80	3.27	0.36	0.34	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.58	0.44	0.12	4.20	3.00	0.11	-1.48	มาก
	รวม	3.88	0.47	0.12	5.00	2.00	-0.80*	2.55*	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ $n = 30$, standard error of skewness = 0.427, standard error of kurtosis = 0.833; วิทย์ฯ $n = 36$, standard error of skewness = 0.393, standard error of kurtosis = 0.768; เทคโนโลยีฯ $n = 11$, standard error of skewness = 0.661, standard error of kurtosis = 1.279; รวม $n = 77$, standard error of skewness = 0.274, standard error of kurtosis = 0.541

บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

ผลการวิเคราะห์บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า ในภาพรวมอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมแก่นิสิตนักศึกษาครูในระดับมาก ($M= 4.10$, $SD=0.45$) โดยอาจารย์นิเทศก์หลักสูตรเทคโนโลยี ($M= 4.21$, $SD=0.46$) มีบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมแก่นิสิตนักศึกษาครูสูงที่สุด รองลงมาคือ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ ($M= 4.09$, $SD=0.46$) และ คณิตศาสตร์ ($M= 4.06$, $SD=0.45$) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์รายชื่อในภาพรวมพบว่า ทุกข้อรายการอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมรายชื่ออยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะสม ($M= 4.20$, $SD=0.54$) รองลงมาคือ สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ ($M= 4.17$, $SD=0.51$) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ ($M= 4.01$, $SD=0.65$) และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลทั้งความเบ้และความโด่งพบว่า ทุกข้อรายการมีการแจกแจงไม่แตกต่างจากโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหลักสูตรส่วนมากมีคะแนนแต่ละข้อใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสม ยกเว้นการสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ ที่มีการแจกแจงเบ้ซ้ายและโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหลักสูตรส่วนมากสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้มากกว่าค่าเฉลี่ยและมีการกระจายน้อย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์รายชื่อของแต่ละหลักสูตรพบว่า อาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมทุกข้ออยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกัน รายละเอียดดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 สภาวะบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมของอาจารย์นิเทศก์

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์	คณิตฯ	4.06	0.45	0.11	5.00	3.17	.18	-.27	มาก
	วิทย์ฯ	4.09	0.46	0.11	5.00	3.00	.00	.33	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.21	0.46	0.11	5.00	3.26	-.43	1.00	มาก
	รวม	4.10	0.45	0.11	5.00	3.00	.01	-.08	มาก
1.1. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการสะสม	คณิตฯ	4.09	0.53	0.13	5.00	3.00	.02	.02	มาก
	วิทย์ฯ	4.06	0.55	0.14	5.00	3.00	-.25	-.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.18	0.61	0.15	5.00	3.20	-.16	-.72	มาก
	รวม	4.09	0.55	0.13	5.00	3.00	-.12	-.26	มาก

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.2. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	4.02	0.50	0.12	5.00	3.00	.12	-.22	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.08	0.54	0.13	5.00	3.00	-.16	-.13	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.25	0.53	0.12	5.00	3.40	.24	-1.00	มาก
	รวม	4.08	0.52	0.13	5.00	3.00	.00	-.32	มาก
1.3. สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม	คณิตฯ	4.15	0.53	0.13	5.00	3.17	-.11	-.84	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.25	0.54	0.13	5.00	3.00	-.33	-.11	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.21	0.60	0.14	5.00	3.41	.24	-1.36	มาก
	รวม	4.20	0.54	0.13	5.00	3.00	-.15	-.67	มาก
1.4. กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอน เพิ่มเติมได้	คณิตฯ	4.13	0.52	0.13	5.00	3.00	.01	-.27	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.12	0.54	0.13	5.11	3.00	-.06	-.16	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.96	0.55	0.14	5.00	3.00	.20	.43	มาก
	รวม	4.10	0.53	0.13	5.11	3.00	.00	-.30	มาก
1.5. สามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครูนำแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้	คณิตฯ	4.06	0.49	0.12	5.00	3.00	.17	.32	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.00	0.46	0.11	5.00	3.00	.21	.86	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.15	0.58	0.14	5.00	3.00	-.17	.55	มาก
	รวม	4.05	0.49	0.12	5.00	3.00	.16	.32	มาก
1.6. สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	4.10	0.46	0.11	5.00	3.00	.09	.53	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.17	0.52	0.13	5.00	3.00	-.17	-.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.37	0.61	0.14	5.00	3.20	-.51	-.64	มาก
	รวม	4.17	0.51	0.12	5.00	3.00	-.05	-.24	มาก
1.7. สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.96	0.46	0.12	5.00	3.00	.13	1.01	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.99	0.54	0.14	5.00	3.00	.05	.07	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.31	0.54	0.12	5.00	3.60	.47	-1.72	มาก
	รวม	4.02	0.52	0.13	5.00	3.00	.17	.14	มาก
1.8. สามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการเพิ่มเติมที่ถูกต้องให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	4.07	0.51	0.13	5.00	3.00	.23	-.38	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.06	0.56	0.14	5.00	3.00	.05	-.37	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.31	0.65	0.15	5.08	3.00	-.41	-.04	มาก
	รวม	4.10	0.56	0.14	5.08	3.00	.07	-.48	มาก
1.9. สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.92	0.76	0.20	5.00	1.00	-1.99*	6.52*	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.07	0.58	0.14	5.00	3.00	-.11	-.53	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.10	0.51	0.12	5.00	3.20	-.23	.40	มาก
	รวม	4.01	0.65	0.16	5.00	1.00	-1.38*	5.11*	มาก
1.10. สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	คณิตฯ	4.08	0.53	0.13	5.00	3.00	-.10	.04	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.14	0.50	0.12	5.00	3.00	-.27	.26	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.24	0.48	0.11	5.00	3.40	.35	.12	มาก
	รวม	4.13	0.51	0.12	5.00	3.00	-.15	.05	มาก

หมายเหตุ : คณิตฯ n= 30, standard error of skewness = 0.427, standard error of kurtosis = 0.833 ; วิทยาศาสตร์ n=36, standard error of skewness = 0.393, standard error of kurtosis = 0.768; เทคโนโลยีฯ n=11, standard error of skewness = 0.661, standard error of kurtosis = 1.279; รวม n=77, standard error of skewness = 0.274, standard error of kurtosis = 0.541

ผลการเปรียบเทียบระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ระหว่างหลักสูตรที่แตกต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ระหว่างหลักสูตรครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ทั่วประเทศ จำนวน 77 หลักสูตร จำแนกเป็นหลักสูตรคณิตศาสตร์ 30 หลักสูตร วิทยาศาสตร์ 36 หลักสูตร และเทคโนโลยี 11 หลักสูตร ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่า การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรแต่ละหลักสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($F(2,74)=3.150, p=0.049$) โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ($M=3.98, SD=0.35$) มีการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรสูงกว่าหลักสูตรเทคโนโลยี ($M=3.58, SD=0.44$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

เมื่อพิจารณารายด้านย่อยของการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรพบว่า ในด้านการบริหารหลักสูตร หลักสูตรวิทยาศาสตร์มีการบริหารหลักสูตร ($M=3.92, SD=0.44$) สูงกว่าหลักสูตรเทคโนโลยี ($M=3.21, SD=0.61$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และด้านการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม หลักสูตรคณิตศาสตร์ ($M=3.93, SD=0.68$) และวิทยาศาสตร์ ($M=4.03, SD=0.38$) มีการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมสูงกว่าหลักสูตรเทคโนโลยี ($M=3.44, SD=0.51$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ส่วนด้านศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์ การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ และการสนับสนุนเทคโนโลยี ของแต่ละหลักสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ส่วนผลการเปรียบเทียบระดับการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ของแต่ละหลักสูตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ($F(2,74)=0.427, p=0.654$) รายละเอียดดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ผลการเปรียบเทียบระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ระหว่างหลักสูตรที่แตกต่างกัน

หลักสูตร	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
1. การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร												
คณิตฯ	30	3.88	0.57	1.332	2	.666	15.640	74	.211	3.150	.049	วิทยาศาสตร์ > เทคโนโลยี *
วิทยาฯ	36	3.98	0.35									
เทคโนโลยีฯ	11	3.58	0.44									
รวม	77	3.88	0.47	Levene's Test: $F=1.590, df1=2, df2=74, p=.211$								
1.1. การบริหารหลักสูตร												
คณิตฯ	30	3.68	0.79	4.372	2	2.186	28.597	74	.386	5.656	.005	วิทยาศาสตร์ > เทคโนโลยี *
วิทยาฯ	36	3.92	0.44									
เทคโนโลยีฯ	11	3.21	0.61									
รวม	77	3.73	0.66	Levene's Test: $F=2.101, df1=2, df2=74, p=.130$								

หลักสูตร	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
1.2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์												
คณิตา	30	4.02	0.55	1.351	2	.676	15.828	74	.214	3.159	.048	-
วิทยา	36	4.20	0.38									
เทคโนโลยี	11	3.82	0.45									
รวม	77	4.07	0.48									
1.3. การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม												
คณิตา	30	3.93	0.68	3.011	2	1.505	21.176	74	.286	5.261	.007	วิทยา > เทคโนโลยี * คณิตา > เทคโนโลยี *
วิทยา	36	4.03	0.38									
เทคโนโลยี	11	3.44	0.51									
รวม	77	3.91	0.56									
1.4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์												
คณิตา	30	3.84	0.67	.468	2	.234	25.574	74	.346	.677	.511	-
วิทยา	36	3.91	0.47									
เทคโนโลยี	11	3.68	0.72									
รวม	77	3.85	0.59									
1.5. การสนับสนุนเทคโนโลยี												
คณิตา	30	3.90	0.48	.152	2	.076	20.671	74	.279	.272	.762	-
วิทยา	36	3.83	0.52									
เทคโนโลยี	11	3.77	0.68									
รวม	77	3.85	0.52									
2. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ในเทศก์												
คณิตา	30	4.06	0.45	.179	2	.089	15.503	74	.209	.427	.654	-
วิทยา	36	4.09	0.46									
เทคโนโลยี	11	4.21	0.46									
รวม	77	4.10	0.45									

หมายเหตุ : * $p < .05$

2.4. สภาพการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับโรงเรียนที่มีหมวดวิชาแตกต่างกัน

การวิเคราะห์สภาพการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง และการเปรียบเทียบตัวแปรต่าง ๆ ระดับโรงเรียนที่มีหมวดวิชาแตกต่างกัน ใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของครูพี่เลี้ยง จากหมวดวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 205 หมวด จาก 124 โรงเรียน มีรายละเอียดดังนี้

การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน

ผลการวิเคราะห์การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนพบว่า ในภาพรวมโรงเรียนต่าง ๆ มีการสนับสนุนเพิ่มเติมอยู่ในระดับมาก ($M = 3.65$, $SD = 0.53$) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลทั้งความเบ้และความโด่งพบว่า การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนในภาพรวมมีการแจกแจงไม่แตกต่าง

จากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าโรงเรียนส่วนมากมีการสนับสนุนสะสมเต็มใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนจำแนกตามหมวดวิชาแต่ละหมวดพบว่า หมวดวิชาเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนสูงที่สุด ($M= 3.70, SD=0.71$) รองลงมาคือ หมวดวิชาวิทยาศาสตร์ ($M= 3.65, SD=0.50$) และคณิตศาสตร์ ($M= 3.63, SD=0.51$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนรายด้านในภาพรวมพบว่า โรงเรียนต่าง ๆ มีการสนับสนุนของผู้บริหาร ($M= 3.85, SD=0.66$) การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็ม ($M= 3.63, SD=0.62$) ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน ($M= 3.74, SD=0.60$) การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ($M= 3.69, SD=0.58$) อยู่ในระดับมาก แต่มีการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ ($M= 3.48, SD=0.72$) และการสนับสนุนเทคโนโลยี ($M= 3.50, SD=0.66$) อยู่ในระดับปานกลาง

อีกทั้งเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลรายด้านในภาพรวมพบว่า ด้านการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็ม และด้านศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน มีการแจกแจงไม่แตกต่างจากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ส่วนด้านการสนับสนุนของผู้บริหาร การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ มีความเบ้ซ้ายและโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าโรงเรียนส่วนใหญ่มีการสนับสนุนของผู้บริหาร การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ และการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ มากกว่าค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลน้อย และด้านการสนับสนุนเทคโนโลยีมีการแจกแจงไม่เบ้จากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่มีความโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าโรงเรียนส่วนใหญ่มีการสนับสนุนเทคโนโลยีใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีการกระจายน้อย

เห็นได้ว่าทุกหมวดวิชามีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนของโรงเรียนด้านการสนับสนุนของผู้บริหารสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะสมเต็มของโรงเรียนรายด้านจำแนกตามหมวดวิชาต่าง ๆ พบว่า หมวดวิชาเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนของโรงเรียนทุกด้านอยู่ในระดับมาก หมวดวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนของโรงเรียนทุกด้านอยู่ในระดับมาก ยกเว้นด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการที่อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหมวดวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนของโรงเรียนทุกด้านอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ยกเว้นด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ และการสนับสนุนเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับปานกลาง

ทั้งนี้ข้อสังเกตว่า หมวดวิชาทั้ง 3 หมวดวิชามีค่าเฉลี่ยรายละเอียดในแต่ละด้านส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก แต่หมวดวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยด้านการมีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มี

การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม การมีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม การมีห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมจากการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้ การมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม และการมีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนเพิ่มเติมอยู่ในระดับปานกลาง

ส่วนหมวดวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยด้านการมีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม การมีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู การมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม การมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักเรียน การมีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้ และการมีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนเพิ่มเติมอยู่ในระดับปานกลาง และหมวดวิชาเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยด้านการมีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู และการมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอยู่ในระดับปานกลาง รายละเอียดดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 สภาพการสนับสนุนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพระดับมัธยมศึกษา

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	หมวด	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. การสนับสนุนของผู้บริหาร	คณิตฯ	3.84	0.63	.16	5.14	2.22	-.33	-.07	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.85	0.62	.16	5.00	2.00	-.36	-.13	มาก
	เทคโนโลยี	3.91	0.93	.24	5.00	1.00	-1.39*	3.70*	มาก
	รวม	3.85	0.66	.17	5.14	1.00	-.59*	1.10*	มาก
1.1. ผู้บริหารสถานศึกษาเห็นคุณค่าและให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	4.01	0.66	.16	5.59	2.33	-.08	-.40	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.00	0.66	.17	5.00	2.00	-.24	-.30	มาก
	เทคโนโลยี	4.00	0.96	.24	5.00	1.00	-1.50*	3.62*	มาก
	รวม	4.00	0.69	.17	5.59	1.00	-.50*	.92*	มาก
1.2. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ครูในโรงเรียนจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.96	0.68	.17	5.02	2.00	-.63*	.51	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.97	0.68	.17	5.00	2.00	-.41	.04	มาก
	เทคโนโลยี	3.99	0.92	.23	5.00	1.00	-1.69*	4.83*	มาก
	รวม	3.97	0.70	.18	5.02	1.00	-.72*	1.23*	มาก
1.3. ผู้บริหารสถานศึกษามีการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.54	0.74	.21	5.50	2.00	-.03	.31	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.58	0.70	.20	5.00	2.00	-.24	-.17	มาก
	เทคโนโลยี	3.74	1.03	.28	5.00	1.00	-.66	.80	มาก
	รวม	3.58	0.75	.21	5.50	1.00	-.21	.26	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	หมวด	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอน เพิ่มเติม	คณิตฯ	3.57	0.56	.16	4.75	2.17	.03	-.19	มาก
	วิทย์ฯ	3.63	0.64	.18	5.00	1.83	-.32	.16	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.80	0.70	.18	5.00	2.67	.33	-.49	มาก
	รวม	3.63	0.62	.17	5.00	1.83	-.10	.03	มาก
2.1. มีการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูจัด การเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.72	0.62	.17	5.00	2.00	.09	.03	มาก
	วิทย์ฯ	3.84	0.67	.17	5.00	2.00	-.32	.09	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.92	0.76	.19	5.00	2.67	-.06	-1.09	มาก
	รวม	3.80	0.66	.17	5.00	2.00	-.12	-.17	มาก
2.2. มีการกำกับ ให้คำแนะนำ และให้ ความช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูใน การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.60	0.57	.16	5.00	2.00	.04	.30	มาก
	วิทย์ฯ	3.66	0.70	.19	5.00	2.00	-.25	-.04	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.88	0.67	.17	5.00	3.00	.24	-.73	มาก
	รวม	3.66	0.66	.18	5.00	2.00	-.10	.04	มาก
2.3. มีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มี การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมมี ระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่ เหมาะสม	คณิตฯ	3.40	0.74	.22	5.00	1.00	-.10	.72	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.40	0.74	.22	5.00	1.50	-.12	-.18	ปานกลาง
	เทคโนโลยีฯ	3.60	0.89	.25	5.00	2.00	-.07	-.64	มาก
	รวม	3.42	0.75	.22	5.00	1.00	-.08	.02	ปานกลาง
3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูใน โรงเรียน	คณิตฯ	3.70	0.58	.16	5.00	2.33	.05	.54	มาก
	วิทย์ฯ	3.75	0.60	.16	5.00	1.89	-.43	.96*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.65	.17	5.00	2.67	.51	-.20	มาก
	รวม	3.74	0.60	.16	5.00	1.89	-.14	.59	มาก
3.1. มีครูประจำวิชาต่าง ๆ ที่สามารถร่วมงาน หรือร่วมมือกัน ในการให้ความช่วยเหลือ หรือแนะนำนักเรียนและนิสิตนักศึกษา ครูเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.63	0.71	.20	5.00	2.00	.13	-.20	มาก
	วิทย์ฯ	3.65	0.66	.18	5.00	1.33	-.40	1.15*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.73	0.80	.22	5.00	2.00	-.06	-.40	มาก
	รวม	3.65	0.69	.19	5.00	1.33	-.13	.33	มาก
3.2. มีครูที่ตระหนัก เห็นคุณค่า มีเจตคติที่ดี ต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม พร้อมให้ความร่วมมือซึ่งกันและกันใน การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.80	0.66	.17	5.00	2.00	-.29	.48	มาก
	วิทย์ฯ	3.83	0.66	.17	5.00	2.00	-.18	-.07	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.90	0.65	.17	5.00	2.67	.01	-.10	มาก
	รวม	3.82	0.66	.17	5.00	2.00	-.20	.09	มาก
3.3. มีครูที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ เพิ่มเติม สามารถเป็นแบบอย่างใน การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู	คณิตฯ	3.66	0.65	.18	5.00	2.00	.00	.42	มาก
	วิทย์ฯ	3.79	0.63	.17	5.00	2.00	-.55*	.88	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.83	0.69	.18	5.00	3.00	.30	-.89	มาก
	รวม	3.75	0.64	.17	5.00	2.00	-.24	.37	มาก
4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	คณิตฯ	3.70	0.59	.16	5.00	2.00	-.01	.17	มาก
	วิทย์ฯ	3.71	0.50	.13	5.00	2.00	-.21	.82	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.59	0.90	.25	5.00	1.00	-.91	2.29*	มาก
	รวม	3.69	0.58	.16	5.00	1.00	-.47*	2.02*	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	หมวด	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
4.1. เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงเรียนได้โดยสะดวก	คณิตฯ	3.95	0.63	.16	5.00	2.00	-.16	.12	มาก
	วิทยาศาสตร์	4.08	0.60	.15	5.00	2.00	-.42	.37	มาก
	เทคโนโลยี	3.71	0.97	.26	5.00	1.00	-.79	1.70	มาก
	รวม	3.99	0.66	.17	5.00	1.00	-.61*	1.46*	มาก
4.2. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดีและทันสมัย สามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้อะไรก็ได้	คณิตฯ	3.62	0.68	.19	5.28	1.00	-.43	2.12*	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.65	0.62	.17	5.00	2.00	-.07	-.05	มาก
	เทคโนโลยี	3.74	1.01	.27	5.00	1.00	-1.03*	1.52	มาก
	รวม	3.65	0.69	.19	5.28	1.00	-.42*	1.36*	มาก
4.3. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู	คณิตฯ	3.52	0.69	.20	5.00	1.00	-.31	1.60*	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.42	0.61	.18	5.00	2.00	.40	.02	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.31	1.01	.30	5.00	1.00	-.07	.44	ปานกลาง
	รวม	3.44	0.69	.20	5.00	1.00	-.03	.98*	ปานกลาง
5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ	คณิตฯ	3.46	0.72	.21	5.00	2.00	-.01	-.49	ปานกลาง
	วิทยาศาสตร์	3.48	0.69	.20	5.00	1.00	-.73*	1.65*	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.56	0.90	.25	5.00	1.00	-1.03*	2.06*	มาก
	รวม	3.48	0.72	.21	5.00	1.00	-.50*	.85*	ปานกลาง
5.1. มีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.42	0.76	.22	5.00	2.00	.19	-.38	ปานกลาง
	วิทยาศาสตร์	3.51	0.73	.21	5.00	1.00	-.52*	1.02*	มาก
	เทคโนโลยี	3.60	1.03	.29	5.00	1.00	-.75	.65	มาก
	รวม	3.49	0.77	.22	5.00	1.00	-.29	.39	ปานกลาง
5.2. มีห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม จากการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.46	0.71	.20	5.00	2.00	-.05	-.48	ปานกลาง
	วิทยาศาสตร์	3.52	0.71	.20	5.00	1.00	-.77*	1.35*	มาก
	เทคโนโลยี	3.56	0.97	.27	5.00	1.00	-.87	1.21	มาก
	รวม	3.50	0.73	.21	5.00	1.00	-.54*	.69*	ปานกลาง
5.3. มีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.43	0.75	.22	5.00	1.75	-.07	-.34	ปานกลาง
	วิทยาศาสตร์	3.39	0.74	.22	5.00	1.00	-.40	.67	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.47	0.85	.25	5.00	1.00	-.98*	2.50*	ปานกลาง
	รวม	3.41	0.75	.22	5.00	1.00	-.34*	.45	ปานกลาง
6. การสนับสนุนเทคโนโลยี	คณิตฯ	3.52	0.66	.19	5.00	1.83	-.19	.22	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.48	0.61	.18	5.00	2.00	-.34	.04	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.55	0.92	.26	5.00	1.00	-.62	1.70	มาก
	รวม	3.50	0.66	.19	5.00	1.00	-.33	.68*	ปานกลาง
6.1. มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักเรียน	คณิตฯ	3.55	0.72	.20	5.00	1.75	-.20	-.06	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.49	0.60	.17	5.00	2.00	-.35	.04	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.52	0.89	.25	5.00	1.00	-.73	2.16*	มาก
	รวม	3.51	0.68	.19	5.00	1.00	-.34*	.57	มาก
6.2. มีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.53	0.68	.19	5.00	1.75	-.16	.06	มาก
	วิทยาศาสตร์	3.50	0.68	.19	5.00	2.00	-.21	-.06	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.52	1.00	.28	5.00	1.00	-.49	.72	มาก
	รวม	3.51	0.71	.20	5.00	1.00	-.26	.35	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	หมวด	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
6.3. มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อ การใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู ในการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.49	0.67	.19	5.00	2.00	-.08	-.04	ปานกลาง
	วิทย์ฯ	3.45	0.69	.20	5.00	2.00	-.10	-.15	ปานกลาง
	เทคโนโลยี	3.64	1.00	.28	5.00	1.00	-.62	.72	มาก
	รวม	3.48	0.72	.21	5.00	1.00	-.15	.18	ปานกลาง
การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน	คณิตฯ	3.63	0.51	.14	4.89	2.44	.08	-.09	มาก
	วิทย์ฯ	3.65	0.50	.14	5.00	2.06	-.31	.58	มาก
	เทคโนโลยี	3.70	0.71	.19	5.00	1.83	-.49	1.50	มาก
	รวม	3.65	0.53	.14	5.00	1.83	-.20	.64	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ n= 75, standard error of skewness = 0.277, standard error of kurtosis = 0.548; วิทย์ฯ n=109, standard error of skewness = 0.231, standard error of kurtosis = 0.459; เทคโนโลยี n=21, standard error of skewness = 0.501, standard error of kurtosis = .972; รวม n=205, standard error of skewness = 0.170, standard error of kurtosis = 0.338

บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง

ผลการวิเคราะห์บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยงพบว่า ในภาพรวมครูที่เลี้ยงทุกหมวดวิชา มีบทบาทการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูในระดับมาก (M= 3.74, SD=0.53) โดยครูที่เลี้ยงจากหมวดวิทยาศาสตร์เป็นหมวดที่มีบทบาทการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูสูงที่สุด (M= 3.79, SD=0.72) รองลงมาคือ ครูที่เลี้ยงจากหมวดเทคโนโลยี (M= 3.77, SD=0.72) และ คณิตศาสตร์ (M= 3.64, SD=0.51) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยงรายข้อในภาพรวมพบว่า ทุกข้อรายการครูที่เลี้ยงทุกหมวดมีบทบาทการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมรายข้ออยู่ในระดับมาก โดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม (M= 3.90, SD=0.62) รองลงมาคือ กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้ (M= 3.75, SD=0.59) ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม (M= 3.69, SD=0.59) และเมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลทั้งความเบ้และความโด่งพบว่า ทุกข้อรายการมีการแจกแจงไม่แตกต่างจากโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหมวดวิชาส่วนมากมีคะแนนแต่ละข้อใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสม ยกเว้นการสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ ที่มีการแจกแจงโด่งกว่าโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แต่ไม่เบ้จากโค้งปกติที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 แสดงว่าหมวดวิชาส่วนมากสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย และมีการกระจายน้อย

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงรายชื่อของแต่ละหมวดวิชาพบว่า ทุกหมวดวิชามีบทบาทการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมทุกข้ออยู่ในระดับมาก รายละเอียดดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 สภาพบบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง	คณิตฯ	3.64	0.51	0.14	5.00	2.60	.10	-.18	มาก
	วิทย์ฯ	3.79	0.50	0.13	5.00	2.40	.02	.35	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.77	0.72	0.19	5.00	2.30	-.09	-.52	มาก
	รวม	3.74	0.53	0.14	5.00	2.30	.03	.03	มาก
1.1. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.59	0.61	0.17	5.00	2.00	.20	-.19	มาก
	วิทย์ฯ	3.75	0.51	0.14	5.00	2.67	.24	-.06	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.77	0.20	5.00	2.67	.23	-1.08	มาก
	รวม	3.70	0.58	0.16	5.00	2.00	.20	-.17	มาก
1.2. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.60	0.59	0.16	5.00	2.00	-.07	-.10	มาก
	วิทย์ฯ	3.73	0.52	0.14	5.00	2.50	.21	.21	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.82	0.84	0.22	5.00	2.00	-.19	-.56	มาก
	รวม	3.69	0.59	0.16	5.00	2.00	.04	.11	มาก
1.3. สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม	คณิตฯ	3.79	0.65	0.17	5.00	2.00	-.10	-.39	มาก
	วิทย์ฯ	3.96	0.57	0.14	5.00	2.75	-.05	-.57	มาก
	เทคโนโลยีฯ	4.01	0.73	0.18	5.00	3.00	-.05	-1.06	มาก
	รวม	3.90	0.62	0.16	5.00	2.00	-.10	-.48	มาก
1.4. กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอน เพิ่มเติมได้	คณิตฯ	3.68	0.58	0.16	5.00	2.00	-.08	.22	มาก
	วิทย์ฯ	3.81	0.54	0.14	5.00	2.33	.14	.25	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.72	0.81	0.22	5.00	2.00	-.14	-.32	มาก
	รวม	3.75	0.59	0.16	5.00	2.00	-.04	.25	มาก
1.5. สามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครูนำแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้	คณิตฯ	3.62	0.57	0.16	5.00	2.00	.08	.55	มาก
	วิทย์ฯ	3.81	0.62	0.16	5.00	2.00	-.34	.94*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.73	0.79	0.21	5.00	2.00	-.21	-.12	มาก
	รวม	3.73	0.63	0.17	5.00	2.00	-.16	.50	มาก
1.6. สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.61	0.62	0.17	5.00	2.33	.15	-.20	มาก
	วิทย์ฯ	3.82	0.55	0.14	5.00	2.33	.06	.13	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.74	0.79	0.21	5.00	2.00	-.23	-.19	มาก
	รวม	3.73	0.61	0.16	5.00	2.00	-.02	-.02	มาก
1.7. สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.61	0.63	0.17	5.00	2.00	.01	-.20	มาก
	วิทย์ฯ	3.75	0.57	0.15	5.00	2.00	-.15	.91*	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.85	0.80	0.21	5.00	2.00	-1.06*	1.64	มาก
	รวม	3.71	0.62	0.17	5.00	2.00	-.24	.47	มาก
1.8. สามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการเพิ่มเติมที่ถูกต้องให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.63	0.57	0.16	5.00	2.50	-.04	-.51	มาก
	วิทย์ฯ	3.78	0.56	0.15	5.00	2.33	.06	.01	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.74	0.77	0.20	5.00	2.00	-.53	.08	มาก
	รวม	3.72	0.59	0.16	5.00	2.00	-.09	-.08	มาก

ตัวแปร	หลักสูตร	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.9. สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	คณิตฯ	3.62	0.60	0.17	5.00	2.50	.41	-.53	มาก
	วิทย์ฯ	3.81	0.56	0.15	5.00	2.33	.18	-.12	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.73	0.80	0.21	5.00	2.00	-.19	-.26	มาก
	รวม	3.73	0.61	0.16	5.00	2.00	.15	-.28	มาก
1.10. สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	คณิตฯ	3.63	0.59	0.16	5.00	2.33	-.02	-.31	มาก
	วิทย์ฯ	3.79	0.58	0.15	5.00	2.33	.13	-.18	มาก
	เทคโนโลยีฯ	3.67	0.89	0.24	5.00	2.00	-.35	-.49	มาก
	รวม	3.72	0.62	0.17	5.00	2.00	-.07	-.05	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; คณิตฯ $n = 75$, standard error of skewness = 0.277, standard error of kurtosis = 0.548; วิทย์ฯ $n = 109$, standard error of skewness = 0.231, standard error of kurtosis = 0.459; เทคโนโลยีฯ $n = 21$, standard error of skewness = 0.501, standard error of kurtosis = .972; รวม $n = 205$, standard error of skewness = 0.170, standard error of kurtosis = 0.338

ผลการเปรียบเทียบระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ระหว่างหมวดวิชาที่แตกต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ระหว่างหมวดวิชาจากโรงเรียนต่าง ๆ ทั่วประเทศ จำนวน 205 หมวดวิชา จำแนกเป็นหมวดวิชาคณิตศาสตร์ 75 หมวด วิทยาศาสตร์ 109 หมวด และเทคโนโลยี 21 หมวด ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่า การสนับสนุนของโรงเรียน ($F(2,202)=0.173$, $p=0.841$) และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ($F(2,74)=1.970$, $p=0.142$) ไม่แตกต่างกันตามหมวดวิชาที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 และเมื่อพิจารณารายด้านย่อยของการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนพบว่า รายด้านย่อยของการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนทุกด้านไม่แตกต่างกันตามหมวดวิชาที่นัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ผลการเปรียบเทียบระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ระหว่างหมวดวิชาที่แตกต่างกัน

หมวด	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
1. การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน												
คณิตฯ	75	3.63	0.51	.096	2	.048	56.212	202	.278	.173	.841	-
วิทย์ฯ	109	3.65	0.50									
เทคโนโลยีฯ	21	3.70	0.71									
รวม	205	3.65	0.53									
1.1. การสนับสนุนของผู้บริหาร												
คณิตฯ	75	3.84	0.63	.082	2	.041	88.524	202	.438	.094	.910	-
วิทย์ฯ	109	3.85	0.62									
เทคโนโลยีฯ	21	3.91	0.93									
รวม	205	3.85	0.66									

หมวด	n	M	SD	SSB	df	MSB	SSW	df	MSB	F	p	ผลการเปรียบเทียบ
1.2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม												
คณิตฯ	75	3.57	0.56	.846	2	.423	77.954	202	.386	1.097	.336	-
วิทยาศาสตร์	109	3.63	0.64									
เทคโนโลยี	21	3.80	0.70									
รวม	205	3.63	0.62									
1.3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน												
คณิตฯ	75	3.70	0.58	.308	2	.154	72.067	202	.357	.431	.650	-
วิทยาศาสตร์	109	3.75	0.60									
เทคโนโลยี	21	3.82	0.65									
รวม	205	3.74	0.60									
1.4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์												
คณิตฯ	75	3.70	0.59	.275	2	.138	68.879	202	.341	.403	.669	-
วิทยาศาสตร์	109	3.71	0.50									
เทคโนโลยี	21	3.59	0.90									
รวม	205	3.69	0.58									
1.5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ												
คณิตฯ	75	3.46	0.72	.155	2	.077	105.263	202	.521	.148	.862	-
วิทยาศาสตร์	109	3.48	0.69									
เทคโนโลยี	21	3.56	0.90									
รวม	205	3.48	0.72									
1.6. การสนับสนุนเทคโนโลยี												
คณิตฯ	75	3.52	0.66	.117	2	.059	89.009	202	.441	.133	.875	-
วิทยาศาสตร์	109	3.48	0.61									
เทคโนโลยี	21	3.55	0.92									
รวม	205	3.50	0.66									
2. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง												
คณิตฯ	75	3.64	0.51	1.102	2	.551	56.508	202	.280	1.970	.142	-
วิทยาศาสตร์	109	3.79	0.50									
เทคโนโลยี	21	3.77	0.72									
รวม	205	3.74	0.53									

หมายเหตุ : * $p < .05$

2.5. ผลการเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด การส่งเสริมสนับสนุนสะเต็มจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูที่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูสะเต็มแตกต่างกัน

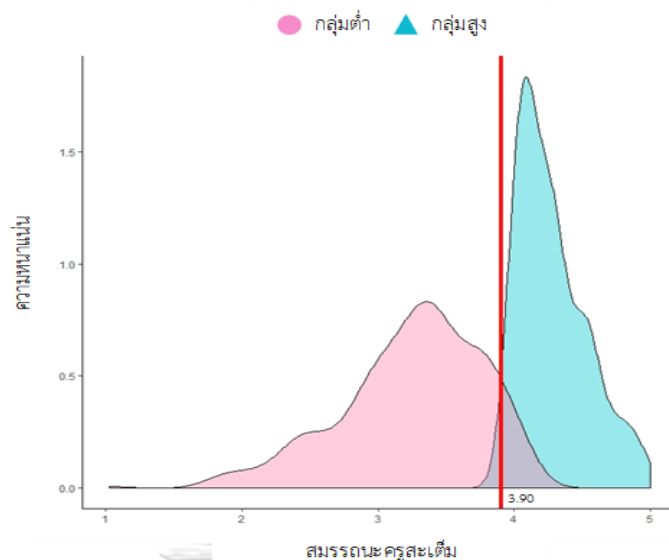
การเปรียบเทียบระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด การส่งเสริมสนับสนุนสะเต็มจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูที่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูสะเต็มแตกต่างกัน มีการดำเนินการแบ่งกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูจากทั้ง 3 สาขาวิชาเป็น 2 กลุ่ม ตามระดับสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคน

การกำหนดคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมเพื่อใช้ในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ ดำเนินการโดยนำคะแนนสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมและสมรรถนะย่อย T-STEM, P-STEM และ C-STEM รวมทั้งความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70 (ดังตาราง 4.18) มากำหนดเป็นเกณฑ์ในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ ซึ่งนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงต้องมีคะแนนสมรรถนะ ความรู้และทักษะทุกด้านเท่ากับหรือมากกว่าคะแนนที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70 เนื่องจากนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มที่มีความพร้อมหรือมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงจะต้องมีสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมและความรู้และทักษะในภาพรวมและด้านย่อยที่สูงมากพอที่จะจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำที่ได้จากการจำแนกกลุ่มดังกล่าวมาใช้ในการสร้างโค้งการแจกแจงคะแนนเพื่อหาคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวมที่จะใช้เป็นคะแนนจุดตัดในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ (ดังภาพ 4.7)

ตาราง 4.18 คะแนนที่ใช้จำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำเพื่อใช้ในการกำหนดคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็ม

สมรรถนะ/ความรู้และทักษะ	คะแนน (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70)
สมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวม (TPACK-STEM)	3.86
T-STEM	3.79
P-STEM	3.88
C-STEM	3.92
ความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์	3.89
ความรู้และทักษะเทคโนโลยี	3.87
ความรู้และทักษะวิศวกรรม	3.83
ความรู้และทักษะคณิตศาสตร์	3.83

เมื่อนำคะแนนสมรรถนะครูสะเต็มในภาพรวม สมรรถนะย่อย T-STEM, P-STEM และ C-STEM และความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ตามคะแนนที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70 มาใช้จำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ เพื่อกำหนดคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็มที่ใช้จำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ โดยการสร้างโค้งการแจกแจงของข้อมูลสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ พบว่า คะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ คือ 3.90 ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงใช้คะแนนสมรรถนะครูสะเต็ม 3.90 ในการจำแนกกลุ่มสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู ดังภาพ 4.7



ภาพ 4.7 คะแนนจุดตัดในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูสะเต็ม
เป็นกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ

เมื่อพิจารณานำคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็ม 3.90 มาใช้จำแนกนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ พบว่า นิสิตนักศึกษาครูเป็นนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงจำนวน 152 คน (ร้อยละ 28.31) และกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำจำนวน 385 คน (ร้อยละ 71.69) ดังตาราง 4.19

ตาราง 4.19 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม	หมวดวิชา						รวม	
	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		เทคโนโลยี			
	n	%	n	%	n	%	n	%
		188	35.01	316	58.85	33	6.15	537
กลุ่มสูง	47	25.00	90	28.48	15	45.45	152	28.31
กลุ่มต่ำ	141	75.00	226	71.52	18	54.55	385	71.69

ผลการเปรียบเทียบตัวแปรในระดับต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูสะเต็มแตกต่างกันโดยใช้ Independent t-test พบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีเจตคติต่อสะเต็ม ($t(321.012)=14.336, p<.01$) ทักษะการคิด ($t(366.267)=18.740, p<.01$) การส่งเสริมของหลักสูตร ($t(535)=2.475, p<.01$) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ($t(535)=2.319, p=.010$) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน ($t(237.162)=4.306, p<.01$) และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ($t(226.124)=3.652, p<.01$) สูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ทุกตัวแปร รายละเอียดดังตาราง 4.20

ตาราง 4.20 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรในระดับต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครู
 สะเต็มแตกต่างกัน

ระดับ สมรรถนะ สะเต็ม	n	M	SD	Levene's Test		Independent t-test			ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย	ผลการ เปรียบเทียบ
				F	P	t	df	P (one-tail)		
1. เจตคติต่อสะเต็ม^๑										
สูง ^๑	152	4.34	.49	10.438	.001	14.336	321.012	.000	.70	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.64	.57							
2. ทักษะการคิด^๑										
สูง ^๑	152	4.27	.39	18.264	.000	18.740	366.267	.000	.76	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.50	.51							
3. การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร^๑										
สูง ^๑	152	3.95	.38	.499	.480	2.475	535	.007	.09	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.86	.37							
3.1. การบริหารหลักสูตร										
สูง ^๑	152	3.82	.52	.012	.914	1.202	535	.115	.06	-
ต่ำ ^๒	385	3.76	.52							
3.2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์										
สูง ^๑	152	4.10	.38	.880	.349	1.606	535	.054	.06	-
ต่ำ ^๒	385	4.04	.35							
3.3. การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม										
สูง ^๑	152	3.96	.42	.153	.696	.835	535	.202	.04	-
ต่ำ ^๒	385	3.93	.45							
3.4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์										
สูง ^๑	152	3.94	.45	.865	.353	3.355	535	.000	.15	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.79	.47							
3.5. การสนับสนุนเทคโนโลยี										
สูง ^๑	152	3.92	.44	.300	.584	3.117	535	.001	.13	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.79	.43							
4. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์^๑										
สูง ^๑	152	4.09	.41	.001	.975	2.319	535	.010	.09	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	4.00	.38							
5. การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน^๑										
สูง ^๑	152	3.79	.55	7.671	.006	4.306	237.162	.000	.22	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.57	.46							
5.1. การสนับสนุนของผู้บริหาร										
สูง ^๑	152	3.96	.61	.050	.823	3.555	535	.000	.21	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.75	.62							
5.2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม										
สูง ^๑	152	3.77	.64	3.631	.057	4.732	535	.000	.26	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^๒	385	3.51	.54							

ระดับ สมรรถนะ คะแนน	n	M	SD	Levene's Test		Independent t-test			ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย	ผลการ เปรียบเทียบ
				F	P	t	df	P (one-tail)		
5.3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน										
สูง ^ก	152	3.85	.64	10.979	.001	3.683	228.901	.000	.21	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^ข	385	3.64	.51							
5.4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์										
สูง ^ก	152	3.88	.53	6.855	.009	4.791	250.431	.000	.24	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^ข	385	3.65	.47							
5.5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ										
สูง ^ก	152	3.66	.73	2.762	.097	3.670	535	.000	.23	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^ข	385	3.43	.63							
5.6. การสนับสนุนเทคโนโลยี										
สูง ^ก	152	3.63	.67	5.203	.023	2.684	255.734	.004	.17	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^ข	385	3.46	.61							
6. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง^ง										
สูง ^ก	152	3.86	.58	14.088	.000	3.652	226.124	.000	.19	สูง > ต่ำ*
ต่ำ ^ข	385	3.67	.45							

หมายเหตุ : * $p < .05$, ก= นิสิตนักศึกษาครูที่มีค่าเฉลี่ยสมรรถนะครูคะแนนตั้งแต่ 3.90 ขึ้นไป, ข= นิสิตนักศึกษาครูที่มีค่าเฉลี่ยสมรรถนะครูคะแนนน้อยกว่า 3.90; ค= ตัวแปรระดับนิสิตนักศึกษาครู; ง= ตัวแปรระดับหลักสูตร; จ= ตัวแปรระดับโรงเรียน

สภาพสมรรถนะครูคะแนน เจตคติต่อคะแนน ทักษะการคิด และตัวแปรระดับต่าง ๆ ของ นิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูคะแนนแตกต่างกัน

การวิเคราะห์สภาพสมรรถนะครูคะแนน เจตคติต่อคะแนน ทักษะการคิด และตัวแปรระดับต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับสมรรถนะครูคะแนนแตกต่างกัน เป็นการวิเคราะห์สภาพตัวแปรต่าง ๆ ในทุกระดับของนิสิตนักศึกษาครูเชิงเปรียบเทียบระหว่างนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูคะแนนสูงและกลุ่มที่มีสมรรถนะครูคะแนนต่ำ มีรายละเอียดดังนี้

สมรรถนะครูคะแนน

ผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูคะแนนรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูคะแนนสูงมีสมรรถนะครูคะแนนทุกด้านอยู่ในระดับมาก แต่กลุ่มที่มีสมรรถนะครูคะแนนต่ำมีสมรรถนะครูคะแนนทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาระดับสมรรถนะครูคะแนนรายด้านจำแนกตามระดับสมรรถนะของนิสิตนักศึกษาครู พบว่า กลุ่มสมรรถนะครูคะแนนสูงมีสมรรถนะครูคะแนนด้าน P-STEM สูงที่สุด (M=4.25, SD=0.25) รองลงมาคือ C-STEM (M=4.24, SD=0.26) ส่วนด้าน T-STEM (M=4.17, SD=0.30) เป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มสมรรถนะสูงมีต่ำที่สุด อีกทั้งนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มสมรรถนะสูงมีค่าเฉลี่ยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากใกล้เคียงกัน

ส่วนกลุ่มสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีสมรรถนะครูสะเต็มด้าน P-STEM สูงที่สุด ($M=3.24$, $SD=0.48$) รองลงมาคือ C-STEM ($M=3.21$, $SD=0.49$) ส่วนด้าน T-STEM ($M=3.10$, $SD=0.53$) เป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มสมรรถนะต่ำมีน้อยที่สุด อีกทั้งนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มสมรรถนะต่ำมีค่าเฉลี่ยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง โดยมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์สูงที่สุด รองลงมาคือความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ ส่วนความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมเป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มสมรรถนะต่ำมีน้อยที่สุด รายละเอียดดังตาราง 4.21

ตาราง 4.21 สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม และความรู้และทักษะสะเต็ม จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. สมรรถนะครูสะเต็ม	สูง	4.22	0.25	0.06	5.00	3.92	1.12*	.54	มาก
	ต่ำ	3.18	0.48	0.15	3.89	1.03	-.91*	.83*	ปานกลาง
	รวม	3.48	0.64	0.18	5.00	1.03	-.31*	.03	ปานกลาง
1.1. T-STEM	สูง	4.17	0.30	0.07	5.00	3.42	.61*	.19	มาก
	ต่ำ	3.10	0.53	0.17	4.00	1.00	-.82*	.45	ปานกลาง
	รวม	3.40	0.68	0.20	5.00	1.00	-.32*	-.01	ปานกลาง
1.2. P-STEM	สูง	4.25	0.25	0.06	5.00	3.79	.76*	.05	มาก
	ต่ำ	3.24	0.48	0.15	4.17	1.04	-.84*	.84*	ปานกลาง
	รวม	3.53	0.63	0.18	5.00	1.04	-.30*	-.01	มาก
1.3. C-STEM	สูง	4.24	0.26	0.06	5.00	3.79	.92*	.66	มาก
	ต่ำ	3.21	0.49	0.15	4.13	1.04	-.91*	1.03*	ปานกลาง
	รวม	3.51	0.64	0.18	5.00	1.04	-.35*	.11	มาก
2. ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์	สูง	4.23	0.27	0.06	5.00	3.78	.92*	.25	มาก
	ต่ำ	3.22	0.47	0.15	4.17	1.06	-.84*	.99*	ปานกลาง
	รวม	3.51	0.62	0.18	5.00	1.06	-.25*	.07	มาก
3. ความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี	สูง	4.22	0.27	0.06	5.00	3.72	.76*	.05	มาก
	ต่ำ	3.19	0.50	0.16	4.22	1.00	-.90*	.82*	ปานกลาง
	รวม	3.48	0.64	0.18	5.00	1.00	-.34*	.09	ปานกลาง
4. ความรู้และทักษะด้านวิศวกรรม	สูง	4.22	0.28	0.07	5.00	3.61	.78*	.24	มาก
	ต่ำ	3.15	0.52	0.16	4.00	1.06	-.86*	.61*	ปานกลาง
	รวม	3.45	0.67	0.19	5.00	1.06	-.33*	-.01	ปานกลาง
5. ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์	สูง	4.22	0.27	0.06	5.00	3.83	.94*	.50	มาก
	ต่ำ	3.17	0.50	0.16	4.06	1.00	-.84*	.62*	ปานกลาง
	รวม	3.47	0.65	0.19	5.00	1.00	-.32*	-.02	ปานกลาง

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

เจตคติต่อสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีเจตคติต่อสะเต็มในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

เมื่อพิจารณาเจตคติต่อสะเต็มรายข้อพบว่า ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีเจตคติต่อสะเต็มสูงกว่ากลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ โดยนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีเจตคติต่อสะเต็มทุกข้ออยู่ในระดับมาก ส่วนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีเจตคติเรื่องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้ การพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็ม และการพยายามใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอีก 9 ข้ออยู่ในระดับมาก รายละเอียดดังตาราง 4.22

ตาราง 4.22 สภาพเจตคติต่อสะเต็ม จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. เจตคติต่อสะเต็ม	สูง	4.34	0.49	0.11	5.00	1.00	-2.31*	13.95*	มาก
	ต่ำ	3.64	0.57	0.16	5.00	1.50	-.18	.37	มาก
	รวม	3.83	0.63	0.16	5.00	1.00	-.42*	.51	มาก
1.1. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	สูง	4.22	0.66	0.16	5.00	1.00	-.83*	2.62*	มาก
	ต่ำ	3.55	0.74	0.21	5.00	1.00	-.11	.16	มาก
	รวม	3.74	0.78	0.21	5.00	1.00	-.25*	.10	มาก
1.2. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มช่วยพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนการสอน	สูง	4.39	0.67	0.15	5.00	1.00	-1.18*	3.06*	มาก
	ต่ำ	3.64	0.75	0.21	5.00	1.00	-.41*	.32	มาก
	รวม	3.85	0.80	0.21	5.00	1.00	-.46*	.22	มาก
1.3. การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้	สูง	4.31	0.68	0.16	5.00	1.00	-.99*	2.42*	มาก
	ต่ำ	3.47	0.80	0.23	5.00	1.00	-.30*	.10	ปานกลาง
	รวม	3.71	0.86	0.23	5.00	1.00	-.38*	-.01	มาก
1.4. รู้สึกมีความสุขที่ได้เรียนรู้หรือจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	4.41	0.69	0.16	5.00	1.00	-1.37*	3.35*	มาก
	ต่ำ	3.54	0.79	0.22	5.00	1.00	-.30*	.30	มาก
	รวม	3.79	0.86	0.23	5.00	1.00	-.39*	.01	มาก
1.5. คิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียน	สูง	4.45	0.64	0.14	5.00	1.00	-1.35*	4.29*	มาก
	ต่ำ	3.81	0.76	0.20	5.00	1.00	-.10	-.28	มาก
	รวม	3.99	0.78	0.20	5.00	1.00	-.36*	-.15	มาก
1.6. รู้สึกว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ	สูง	4.44	0.65	0.15	5.00	1.00	-1.33*	3.98*	มาก
	ต่ำ	3.85	0.76	0.20	5.00	1.00	-.28*	-.03	มาก
	รวม	4.02	0.78	0.19	5.00	1.00	-.49*	.14	มาก
1.7. พยายามเรียนรู้วิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มรูปแบบต่าง ๆ	สูง	4.31	0.65	0.15	5.00	1.00	-.99*	3.13*	มาก
	ต่ำ	3.59	0.78	0.22	5.00	2.00	.03	-.43	มาก
	รวม	3.80	0.81	0.21	5.00	1.00	-.21*	-.39	มาก

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.8. พยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็ม	สูง	4.23	0.68	0.16	5.00	1.00	-.84*	2.30*	มาก
	ต่ำ	3.43	0.82	0.24	5.00	1.00	-.03	.04	ปานกลาง
	รวม	3.65	0.86	0.24	5.00	1.00	-.23*	-.14	มาก
1.9. พยายามใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน	สูง	4.28	0.67	0.16	5.00	1.00	-.92*	2.52*	มาก
	ต่ำ	3.45	0.85	0.25	5.00	1.00	-.07	-.25	ปานกลาง
	รวม	3.68	0.88	0.24	5.00	1.00	-.28*	-.31	มาก
1.10. ต้องการมีความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง	สูง	4.31	0.63	0.15	5.00	1.00	-1.00*	3.70*	มาก
	ต่ำ	3.70	0.89	0.24	5.00	1.00	-.14	-.44	มาก
	รวม	3.87	0.87	0.22	5.00	1.00	-.41*	-.17	มาก
1.11. ต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในรายวิชาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	สูง	4.30	0.65	0.15	5.00	1.00	-.98*	3.15*	มาก
	ต่ำ	3.74	0.84	0.22	5.00	1.00	-.12	-.51*	มาก
	รวม	3.90	0.83	0.21	5.00	1.00	-.36*	-.26	มาก
1.12. ต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	สูง	4.39	0.66	0.15	5.00	1.00	-1.20*	3.31*	มาก
	ต่ำ	3.87	0.83	0.21	5.00	1.00	-.25*	-.47	มาก
	รวม	4.02	0.82	0.20	5.00	1.00	-.48*	-.16	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

ทักษะการคิด

ผลการวิเคราะห์ทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีทักษะการคิดในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีทักษะการคิดในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาทักษะการคิดรายข้อพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีทักษะการคิดทุกข้ออยู่ในระดับมาก ส่วนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีทักษะการคิดทุกข้ออยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นทักษะการคิดเกี่ยวกับการคิดเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องต่าง ๆ ที่ตนเองมี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการได้เหมาะสม การคิดผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมีมาใช้คิดค้นแนวทางการแก้ปัญหาคือการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีปัญหาแตกต่างกันได้ และการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้ที่อยู่ในระดับมาก รายละเอียดดังตาราง 4.23

ตาราง 4.23 สภาพทักษะการคิด จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. ทักษะการคิด	สูง	4.27	0.39	0.09	5.00	3.00	-.39*	1.22*	มาก
	ต่ำ	3.50	0.51	0.15	5.00	2.00	-.17	.18	ปานกลาง
	รวม	3.72	0.59	0.16	5.00	2.00	-.18	-.22	มาก
1.1. สามารถคิดเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องต่าง ๆ ที่ตนเองมี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสม	สูง	4.19	0.56	0.13	5.00	2.00	-.20	1.01	มาก
	ต่ำ	3.51	0.71	0.20	5.00	1.00	-.09	.28	มาก
	รวม	3.70	0.74	0.20	5.00	1.00	-.20	.14	มาก
1.2. สามารถคิดผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาใช้คิดค้นแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนรู้อย่างเหมาะสมกับนักเรียนที่มีปัญหาแตกต่างกันได้	สูง	4.19	0.60	0.14	5.00	3.00	-.08	-.36	มาก
	ต่ำ	3.52	0.66	0.19	5.00	2.00	.13	-.23	มาก
	รวม	3.71	0.71	0.19	5.00	2.00	.04	-.39	มาก
1.3. สามารถคิดออกแบบวิธีการหรือกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่นักเรียนมีความหลากหลายได้	สูง	4.23	0.55	0.13	5.00	3.00	.09	-.23	มาก
	ต่ำ	3.49	0.69	0.20	5.00	1.00	-.10	.06	ปานกลาง
	รวม	3.70	0.73	0.20	5.00	1.00	-.16	-.05	มาก
1.4. สามารถคิดบูรณาการ ผสมผสานความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ต่าง ๆ มาใช้สร้างสรรค์วิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น	สูง	4.27	0.59	0.14	5.00	3.00	-.13	-.51	มาก
	ต่ำ	3.49	0.67	0.19	5.00	2.00	.05	-.21	ปานกลาง
	รวม	3.71	0.73	0.20	5.00	2.00	-.01	-.40	มาก
1.5. สามารถคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้อง	สูง	4.22	0.58	0.14	5.00	3.00	-.05	-.35	มาก
	ต่ำ	3.42	0.62	0.18	5.00	2.00	.04	-.25	ปานกลาง
	รวม	3.65	0.71	0.19	5.00	2.00	.06	-.34	มาก
1.6. สามารถผสมผสานความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ มาใช้ออกแบบหรือคิดค้นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับรูปแบบการสอนของตนเอง	สูง	4.24	0.56	0.13	5.00	3.00	.01	-.32	มาก
	ต่ำ	3.49	0.69	0.20	5.00	1.00	-.14	.06	ปานกลาง
	รวม	3.70	0.74	0.20	5.00	1.00	-.17	-.06	มาก
1.7. สามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้	สูง	4.38	0.53	0.12	5.00	3.00	.10	-1.10*	มาก
	ต่ำ	3.47	0.70	0.20	5.00	1.00	-.12	.02	ปานกลาง
	รวม	3.73	0.77	0.21	5.00	1.00	-.17	-.21	มาก
1.8. สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้	สูง	4.41	0.58	0.13	5.00	3.00	-.36	-.73	มาก
	ต่ำ	3.60	0.70	0.19	5.00	2.00	-.03	-.23	มาก
	รวม	3.83	0.76	0.20	5.00	2.00	-.13	-.47*	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร

ผลการวิเคราะห์การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรในภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ($M=3.95$, $SD=0.38$) มีค่าเฉลี่ยการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ ($M=3.86$, $SD=0.37$)

เมื่อพิจารณาการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรอยู่ในระดับมากทุกด้านเช่นเดียวกัน โดยนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีค่าเฉลี่ยการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรทุกด้านสูงกว่ากลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ และเมื่อพิจารณาการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรรายข้อพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรทุกข้ออยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน รายละเอียดดังตาราง 4.24

ตาราง 4.24 สภาพการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. การบริหารหลักสูตร	สูง	3.82	0.52	0.14	5.00	1.00	-1.21*	5.66*	มาก
	ต่ำ	3.76	0.52	0.14	5.00	1.00	-1.81*	7.66*	มาก
	รวม	3.78	0.52	0.14	5.00	1.00	-1.63*	7.05*	มาก
1.1. มีการมอบหมายหรือส่งเสริมให้คณาจารย์ ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอน โดยใช้แนวคิดสะเต็ม	สูง	3.90	0.59	0.15	5.00	1.00	-1.06*	4.12*	มาก
	ต่ำ	3.85	0.58	0.15	5.00	1.00	-1.45*	5.84*	มาก
	รวม	3.86	0.58	0.15	5.00	1.00	-1.33*	5.30*	มาก
1.2. มีการกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานใน การผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จ การศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการ สอนสะเต็ม	สูง	3.91	0.51	0.13	5.00	1.00	-1.19*	6.32*	มาก
	ต่ำ	3.83	0.54	0.14	5.00	1.00	-1.85*	7.12*	มาก
	รวม	3.86	0.53	0.14	5.00	1.00	-1.68*	6.94*	มาก
1.3. มีการกำกับติดตาม และประเมินผลการ จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของ คณาจารย์	สูง	3.70	0.60	0.16	5.00	1.00	-1.20*	4.57*	มาก
	ต่ำ	3.61	0.59	0.16	5.00	1.00	-1.31*	3.46*	มาก
	รวม	3.63	0.60	0.16	5.00	1.00	-1.26*	3.70*	มาก
2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์	สูง	4.10	0.38	0.09	5.00	2.67	.31*	2.00*	มาก
	ต่ำ	4.04	0.35	0.09	5.00	2.67	-.53*	2.61*	มาก
	รวม	4.06	0.36	0.09	5.00	2.67	-.25*	2.48*	มาก
2.1. มีคณาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถ เกี่ยวกับสะเต็ม	สูง	4.14	0.42	0.10	5.00	3.00	.10	.48	มาก
	ต่ำ	4.05	0.43	0.11	5.00	3.00	-.13	.43	มาก
	รวม	4.08	0.43	0.11	5.00	3.00	-.07	.46*	มาก
2.2. มีคณาจารย์ที่มีเจตคติที่ดีต่อการจัดการ เรียนการสอนสะเต็ม	สูง	4.23	0.36	0.09	5.00	3.00	.48*	.54	มาก
	ต่ำ	4.19	0.34	0.08	5.05	3.00	-.09	1.83*	มาก
	รวม	4.20	0.35	0.08	5.05	3.00	.10	1.46*	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
2.3. มีอาจารย์ประจำวิชาหรือสาขาต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	สูง	3.92	0.48	0.12	5.00	1.00	-1.03*	8.90*	มาก
	ต่ำ	3.88	0.50	0.13	5.00	1.00	-2.04*	10.58*	มาก
	รวม	3.89	0.50	0.13	5.00	1.00	-1.78*	10.13*	มาก
3. การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม	สูง	3.96	0.42	0.11	5.00	1.67	-1.38*	5.77*	มาก
	ต่ำ	3.93	0.45	0.11	5.00	1.67	-1.21*	5.80*	มาก
	รวม	3.94	0.44	0.11	5.00	1.67	-1.25*	5.74*	มาก
3.1. มีการจัดการเรียนการสอนหรือกิจกรรมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการเพิ่มเติมที่ถูกต้อง	สูง	4.00	0.45	0.11	5.00	1.00	-2.02*	13.24*	มาก
	ต่ำ	3.97	0.49	0.12	5.00	1.00	-2.10*	12.95*	มาก
	รวม	3.98	0.48	0.12	5.00	1.00	-2.09*	13.00*	มาก
3.2. มีรายวิชาที่เกี่ยวกับหรือเน้นให้นิสิตมีความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านวิธีการหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและหลากหลาย	สูง	3.96	0.43	0.11	5.00	2.50	-.80*	1.77*	มาก
	ต่ำ	3.92	0.45	0.11	5.00	2.67	-.35*	.66*	มาก
	รวม	3.93	0.44	0.11	5.00	2.50	-.47*	.89*	มาก
3.3. ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทดลองสอนหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างเพียงพอต่อการนำไปใช้จริง	สูง	3.93	0.52	0.13	5.00	1.00	-1.44*	6.56*	มาก
	ต่ำ	3.89	0.57	0.15	5.00	1.00	-1.54*	5.89*	มาก
	รวม	3.90	0.56	0.14	5.00	1.00	-1.52*	6.05*	มาก
4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวัสดุ และอุปกรณ์	สูง	3.94	0.45	0.11	5.00	1.67	-1.03*	3.95*	มาก
	ต่ำ	3.79	0.47	0.12	5.00	1.67	-1.04*	3.29*	มาก
	รวม	3.83	0.47	0.12	5.00	1.67	-1.03*	3.33*	มาก
4.1. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดี มีความพร้อมเพียงพอ และทันสมัย ให้นิสิตนักศึกษาครูนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรม	สูง	3.91	0.49	0.12	5.00	1.00	-1.05*	7.88*	มาก
	ต่ำ	3.76	0.53	0.14	5.00	1.00	-1.61*	7.43*	มาก
	รวม	3.80	0.52	0.14	5.00	1.00	-1.46*	7.44*	มาก
4.2. มีห้องเรียนหรือห้องกิจกรรมที่ดี มีความพร้อม และทันสมัย ให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้ค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	สูง	3.88	0.50	0.13	5.00	1.00	-1.18*	6.66*	มาก
	ต่ำ	3.76	0.53	0.14	5.00	1.00	-1.28*	6.55*	มาก
	รวม	3.79	0.52	0.14	5.00	1.00	-1.25*	6.48*	มาก
4.3. เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อคิดค้น ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	สูง	4.04	0.46	0.11	5.00	2.60	-.37	.69	มาก
	ต่ำ	3.85	0.49	0.13	5.00	2.00	-.40*	.58*	มาก
	รวม	3.91	0.49	0.12	5.00	2.00	-.40*	.58*	มาก
5. การสนับสนุนเทคโนโลยี	สูง	3.92	0.44	0.11	5.00	2.53	.21	.93*	มาก
	ต่ำ	3.79	0.43	0.11	5.00	2.53	-.04	.39	มาก
	รวม	3.82	0.43	0.11	5.00	2.53	.05	.58*	มาก
5.1. มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครู	สูง	3.92	0.55	0.14	5.00	1.00	-.85*	5.00*	มาก
	ต่ำ	3.78	0.55	0.15	5.00	1.00	-1.20*	5.86*	มาก
	รวม	3.82	0.55	0.14	5.00	1.00	-1.08*	5.49*	มาก
5.2. มีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	สูง	3.93	0.45	0.12	5.00	2.60	.32	.50	มาก
	ต่ำ	3.80	0.44	0.12	5.00	2.60	.20	.43	มาก
	รวม	3.84	0.45	0.12	5.00	2.60	.25*	.46*	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของหลักสูตร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
5.3. มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการ ใช้งานของนิสิตนักศึกษาครูในการเรียน การสอนเพิ่มเติม	สูง	3.89	0.44	0.11	5.00	2.60	.28	.86*	มาก
	ต่ำ	3.78	0.43	0.11	5.00	2.60	.07	.55*	มาก
	รวม	3.81	0.43	0.11	5.00	2.60	.14	.66*	มาก
การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร	สูง	3.95	0.38	0.10	5.00	2.00	-.69*	4.52*	มาก
	ต่ำ	3.86	0.37	0.10	5.00	2.00	-1.29*	6.09*	มาก
	รวม	3.89	0.37	0.10	5.00	2.00	-1.08*	5.54*	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

ผลการวิเคราะห์บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ในภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ซึ่งนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ($M=4.09$, $SD=0.41$) มีค่าเฉลี่ยบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ ($M=4.00$, $SD=0.38$)

เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์รายข้อพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและกลุ่มต่ำมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ทุกข้ออยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน โดยนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ทุกข้อสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ รายละเอียดดังตาราง 4.25

ตาราง 4.25 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ นิเทศก์	สูง	4.09	0.41	0.10	5.00	3.17	.37	.38	มาก
	ต่ำ	4.00	0.38	0.09	5.00	3.00	-.03	.00	มาก
	รวม	4.02	0.39	0.10	5.00	3.00	.12	.22	มาก
1.1. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ การบูรณาการสะเต็ม	สูง	4.08	0.43	0.11	5.00	3.00	.16	.51	มาก
	ต่ำ	4.03	0.43	0.11	5.00	3.00	-.26*	.68*	มาก
	รวม	4.05	0.43	0.11	5.00	3.00	-.14	.65*	มาก
1.2. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการ เรียนการสอนสะเต็ม	สูง	4.07	0.42	0.10	5.00	3.00	.48*	.05	มาก
	ต่ำ	4.00	0.42	0.11	5.00	3.00	-.06	-.02	มาก
	รวม	4.02	0.42	0.11	5.00	3.00	.09	.05	มาก
1.3. สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียน การสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม	สูง	4.21	0.41	0.10	5.00	3.33	.16	-.16	มาก
	ต่ำ	4.15	0.44	0.11	5.00	3.00	-.06	-.28	มาก
	รวม	4.17	0.43	0.10	5.00	3.00	-.02	-.22	มาก
1.4. กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถ ออกแบบการเรียนการสอน สะเต็มได้	สูง	4.09	0.47	0.11	5.00	3.00	.19	-.48	มาก
	ต่ำ	3.97	0.47	0.12	5.11	3.00	.00	-.22	มาก
	รวม	4.00	0.47	0.12	5.11	3.00	.05	-.26	มาก

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.5. สามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครู นำแนวคิดการบูรณาการสะเต็มไปใช้ในการ จัดการเรียนการสอนได้	สูง	4.03	0.45	0.11	5.00	3.00	.28	.27	มาก
	ต่ำ	3.91	0.41	0.10	5.00	3.00	-.01	.60*	มาก
	รวม	3.94	0.42	0.11	5.00	3.00	.12	.56*	มาก
1.6. สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการ จัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิต นักศึกษาครูได้	สูง	4.13	0.45	0.11	5.00	3.00	.23	-.46	มาก
	ต่ำ	4.05	0.45	0.11	5.00	3.00	.04	-.08	มาก
	รวม	4.07	0.45	0.11	5.00	3.00	.10	-.16	มาก
1.7. สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้ เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียน การสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	4.00	0.42	0.10	5.00	3.00	.92*	1.12*	มาก
	ต่ำ	3.94	0.39	0.10	5.00	3.00	.05	.85*	มาก
	รวม	3.96	0.40	0.10	5.00	3.00	.34*	1.05*	มาก
1.8. สามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยน เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหา ต่าง ๆ ในการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง ให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	4.06	0.46	0.11	5.08	3.00	.50*	.06	มาก
	ต่ำ	3.98	0.46	0.12	5.00	3.00	.11	-.20	มาก
	รวม	4.00	0.46	0.11	5.08	3.00	.22*	-.08	มาก
1.9. สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหา ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการ สอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	4.05	0.55	0.14	5.00	1.00	-1.07*	5.16*	มาก
	ต่ำ	3.93	0.56	0.14	5.00	1.00	-1.52*	6.47*	มาก
	รวม	3.97	0.56	0.14	5.00	1.00	-1.38*	6.02*	มาก
1.10. สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิต นักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอน สะเต็มที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	สูง	4.12	0.47	0.11	5.00	3.00	-.14	-.37	มาก
	ต่ำ	4.03	0.45	0.11	5.00	3.00	-.24	.00	มาก
	รวม	4.06	0.45	0.11	5.00	3.00	-.19	-.11	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน

ผลการวิเคราะห์การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ($M = 3.79$, $SD = 0.55$) มีค่าเฉลี่ยการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ ($M = 3.57$, $SD = 0.46$)

เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนอยู่ในระดับมากทุกด้าน ส่วนกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนอยู่ในระดับมากทุกด้านยกเว้นด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ และการสนับสนุนเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับปานกลาง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนรายข้อพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนทุกข้ออยู่ในระดับมาก ส่วนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน 9 ข้ออยู่ในระดับปานกลาง คือ

- 1) การที่ผู้บริหารสถานศึกษามีการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

2) การมีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม 3) การมีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู 4) การมีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม 5) การมีห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม จากการเรียนการสอนสะเต็มได้ 6) การมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนสะเต็ม 7) การมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้สะเต็มของนักเรียน 8) การมีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ และ 9) การมีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนสะเต็ม ส่วนที่เหลืออีก 9 ข้ออยู่ในระดับมาก รายละเอียดดังตาราง 4.26

ตาราง 4.26 สภาพการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน จำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็ม

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. การสนับสนุนของผู้บริหาร	สูง	3.96	0.61	0.15	5.14	2.50	-.29	-.42	มาก
	ต่ำ	3.75	0.62	0.16	5.00	1.00	-.46*	.44	มาก
	รวม	3.81	0.62	0.16	5.14	1.00	-.40*	.23	มาก
1.1. ผู้บริหารสถานศึกษาเห็นคุณค่าและให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	4.08	0.66	0.16	5.00	2.67	-.25	-.78*	มาก
	ต่ำ	3.91	0.63	0.16	5.59	1.00	-.36*	.64*	มาก
	รวม	3.96	0.65	0.16	5.59	1.00	-.31*	.21	มาก
1.2. ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ครูในโรงเรียนจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	4.04	0.65	0.16	5.02	2.50	-.28	-.57	มาก
	ต่ำ	3.87	0.66	0.17	5.00	1.00	-.57*	.71*	มาก
	รวม	3.92	0.66	0.17	5.02	1.00	-.48*	.41	มาก
1.3. ผู้บริหารสถานศึกษามีการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.76	0.68	0.18	5.50	2.00	-.16	-.01	มาก
	ต่ำ	3.47	0.70	0.20	5.00	1.00	-.25*	-.12	ปานกลาง
	รวม	3.55	0.70	0.20	5.50	1.00	-.22*	-.07	มาก
2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.77	0.64	0.17	5.00	1.83	-.43*	.43	มาก
	ต่ำ	3.51	0.54	0.15	5.00	1.83	-.09	-.09	มาก
	รวม	3.58	0.58	0.16	5.00	1.83	-.11	.04	มาก
2.1. มีการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.93	0.63	0.16	5.00	2.00	-.52*	.29	มาก
	ต่ำ	3.69	0.57	0.15	5.00	2.00	.00	-.03	มาก
	รวม	3.76	0.60	0.16	5.00	2.00	-.11	-.08	มาก
2.2. มีการกำกับ ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.82	0.66	0.17	5.00	2.00	-.29	-.03	มาก
	ต่ำ	3.52	0.58	0.16	5.00	2.00	-.04	.10	มาก
	รวม	3.61	0.62	0.17	5.00	2.00	-.03	-.02	มาก
2.3. มีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม	สูง	3.55	0.77	0.22	5.00	1.50	-.17	-.11	มาก
	ต่ำ	3.31	0.67	0.20	5.00	1.00	-.15	.05	ปานกลาง
	รวม	3.38	0.71	0.21	5.00	1.00	-.09	.02	ปานกลาง

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน	สูง	3.85	0.64	0.17	5.00	1.89	-.56*	.59	มาก
	ต่ำ	3.64	0.51	0.14	5.00	1.89	-.30*	1.12*	มาก
	รวม	3.70	0.56	0.15	5.00	1.89	-.28*	.81*	มาก
3.1. มีครูประจำวิชาต่าง ๆ ที่สามารถร่วมงานหรือร่วมมือกัน ในการให้ความช่วยเหลือหรือแนะนำนักเรียนและนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม	สูง	3.73	0.73	0.19	5.00	1.33	-.33	.06	มาก
	ต่ำ	3.51	0.62	0.18	5.00	1.33	-.34*	.94*	มาก
	รวม	3.57	0.66	0.18	5.00	1.33	-.26*	.58*	มาก
3.2. มีครูที่ตระหนัก เห็นคุณค่า มีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม พร้อมให้ความร่วมมือซึ่งกันและกันในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.92	0.65	0.17	5.00	2.00	-.63*	.69	มาก
	ต่ำ	3.73	0.58	0.16	5.00	2.00	-.25*	.49*	มาก
	รวม	3.78	0.61	0.16	5.00	2.00	-.33*	.44*	มาก
3.3. มีครูที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็ม สามารถเป็นแบบอย่างในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู	สูง	3.90	0.68	0.18	5.00	2.00	-.53*	.29	มาก
	ต่ำ	3.67	0.53	0.14	5.00	2.00	-.31*	1.02*	มาก
	รวม	3.73	0.59	0.16	5.00	2.00	-.26*	.64*	มาก
4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	สูง	3.88	0.53	0.14	5.00	2.78	.12	-.69	มาก
	ต่ำ	3.65	0.47	0.13	5.00	1.00	-.61*	2.83*	มาก
	รวม	3.71	0.50	0.13	5.00	1.00	-.25*	1.66*	มาก
4.1. เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงเรียนได้โดยสะดวก	สูง	4.14	0.51	0.12	5.00	3.00	-.32	-.15	มาก
	ต่ำ	3.92	0.56	0.14	5.00	1.00	-.34*	1.67*	มาก
	รวม	3.98	0.55	0.14	5.00	1.00	-.36*	1.23*	มาก
4.2. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดีและทันสมัยสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มหรือสร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนสะเต็มได้	สูง	3.87	0.64	0.16	5.28	2.33	.06	-.62	มาก
	ต่ำ	3.60	0.56	0.16	5.00	1.00	-.64*	1.90*	มาก
	รวม	3.68	0.59	0.16	5.28	1.00	-.29*	1.12*	มาก
4.3. มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู	สูง	3.65	0.70	0.19	5.00	2.00	.29	-.76	มาก
	ต่ำ	3.42	0.58	0.17	5.00	1.00	-.14	1.12*	ปานกลาง
	รวม	3.48	0.62	0.18	5.00	1.00	.13	.53*	ปานกลาง
5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ	สูง	3.66	0.73	0.20	5.00	1.00	-.62*	.83*	มาก
	ต่ำ	3.43	0.63	0.18	5.00	1.00	-.50*	.49*	ปานกลาง
	รวม	3.50	0.67	0.19	5.00	1.00	-.46*	.56*	ปานกลาง
5.1. มีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	สูง	3.68	0.78	0.21	5.00	1.00	-.42*	.39	มาก
	ต่ำ	3.44	0.65	0.19	5.00	1.00	-.32*	.46	ปานกลาง
	รวม	3.51	0.70	0.20	5.00	1.00	-.27*	.42*	มาก
5.2. มีห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรมให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม จากการเรียนรู้ การสอนสะเต็มได้	สูง	3.71	0.76	0.20	5.00	1.00	-.66*	.65	มาก
	ต่ำ	3.46	0.65	0.19	5.00	1.00	-.42*	.34	ปานกลาง
	รวม	3.53	0.69	0.20	5.00	1.00	-.42*	.37	มาก

การส่งเสริม/สนับสนุนของโรงเรียน	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
5.3. มีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	สูง	3.55	0.74	0.21	5.00	1.00	-.53*	.46	มาก
	ต่ำ	3.39	0.69	0.20	5.00	1.00	-.37*	.10	ปานกลาง
	รวม	3.44	0.71	0.21	5.00	1.00	-.39*	.17	ปานกลาง
6. การสนับสนุนเทคโนโลยี	สูง	3.63	0.67	0.18	5.00	2.00	-.25	-.44	มาก
	ต่ำ	3.46	0.61	0.18	5.00	1.00	-.34*	.63*	ปานกลาง
	รวม	3.51	0.63	0.18	5.00	1.00	-.27*	.26	มาก
6.1. มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักเรียน	สูง	3.61	0.68	0.19	5.00	2.00	-.23	-.36	มาก
	ต่ำ	3.49	0.65	0.19	5.00	1.00	-.33*	.39	ปานกลาง
	รวม	3.52	0.66	0.19	5.00	1.00	-.28*	.16	มาก
6.2. มีเทคโนโลยีที่หลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	สูง	3.65	0.72	0.20	5.00	2.00	-.13	-.51	มาก
	ต่ำ	3.48	0.63	0.18	5.00	1.00	-.38*	.61*	ปานกลาง
	รวม	3.53	0.66	0.19	5.00	1.00	-.24*	.24	มาก
6.3. มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนเพิ่มเติม	สูง	3.62	0.70	0.19	5.00	2.00	-.10	-.69	มาก
	ต่ำ	3.44	0.64	0.19	5.00	1.00	-.16	.31	ปานกลาง
	รวม	3.49	0.66	0.19	5.00	1.00	-.11	-.02	ปานกลาง
การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน	สูง	3.79	0.55	0.14	5.00	2.47	-.28	-.19	มาก
	ต่ำ	3.57	0.46	0.13	5.00	1.83	-.22	.55*	มาก
	รวม	3.63	0.49	0.14	5.00	1.83	-.12	.24	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

ผลการวิเคราะห์บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมสูงและต่ำมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ครูพี่เลี้ยงในภาพรวมอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน โดยนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมสูง ($M = 3.86$, $SD = 0.58$) มีค่าเฉลี่ยบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมต่ำ ($M = 3.67$, $SD = 0.45$)

เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงรายข้อพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมสูงและกลุ่มต่ำมีบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงทุกข้ออยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน โดยนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมสูงมีบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงทุกข้อสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมต่ำทุกข้อ รายละเอียดดังตาราง 4.27

ตาราง 4.27 สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง จำแนกตามระดับสมรรถนะครูเพิ่มเติม

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง	สูง	3.86	0.58	0.15	5.00	2.40	.01	-.33	มาก
	ต่ำ	3.67	0.45	0.12	5.00	2.30	-.36*	.08	มาก
	รวม	3.72	0.49	0.13	5.00	2.30	-.06	.16	มาก

ตัวแปร	กลุ่ม	M	SD	C.V.	Max	Min	Sk	Ku	ระดับ
1.1. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	สูง	3.83	0.59	0.15	5.00	2.67	.27	-.63	มาก
	ต่ำ	3.64	0.48	0.13	5.00	2.00	-.15	-.27	มาก
	รวม	3.69	0.52	0.14	5.00	2.00	.11	-.16	มาก
1.2. มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	สูง	3.82	0.63	0.16	5.00	2.00	.06	-.25	มาก
	ต่ำ	3.64	0.47	0.13	5.00	2.00	-.28*	-.02	มาก
	รวม	3.69	0.52	0.14	5.00	2.00	.02	.20	มาก
1.3. สนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม	สูง	4.01	0.61	0.15	5.00	2.67	-.18	-.50*	มาก
	ต่ำ	3.82	0.54	0.14	5.00	2.00	-.13	-.56*	มาก
	รวม	3.87	0.57	0.15	5.00	2.00	-.09	-.51*	มาก
1.4. กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอน เพิ่มเติมได้	สูง	3.86	0.57	0.15	5.00	2.33	.07	.11	มาก
	ต่ำ	3.67	0.52	0.14	5.00	2.00	-.16	.22	มาก
	รวม	3.73	0.54	0.14	5.00	2.00	-.03	.26	มาก
1.5. สามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครู นำแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้	สูง	3.86	0.67	0.17	5.00	2.00	-.16	.03	มาก
	ต่ำ	3.64	0.52	0.14	5.00	2.00	-.47*	1.10*	มาก
	รวม	3.70	0.57	0.15	5.00	2.00	-.19	.78*	มาก
1.6. สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	3.81	0.63	0.16	5.00	2.33	-.06	-.10	มาก
	ต่ำ	3.67	0.54	0.15	5.00	2.00	-.24	.14	มาก
	รวม	3.71	0.57	0.15	5.00	2.00	-.12	.12	มาก
1.7. สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	3.86	0.63	0.16	5.00	2.00	-.13	.12	มาก
	ต่ำ	3.64	0.53	0.15	5.00	2.00	-.44*	.80*	มาก
	รวม	3.70	0.57	0.15	5.00	2.00	-.22*	.63*	มาก
1.8. สามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการเพิ่มเติมที่ถูกต้องให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	3.83	0.62	0.16	5.00	2.33	.02	-.50	มาก
	ต่ำ	3.65	0.51	0.14	5.00	2.00	-.41*	.05	มาก
	รวม	3.70	0.55	0.15	5.00	2.00	-.14	.01	มาก
1.9. สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	สูง	3.86	0.65	0.17	5.00	2.33	.12	-.72	มาก
	ต่ำ	3.66	0.53	0.14	5.00	2.00	-.04	-.17	มาก
	รวม	3.72	0.57	0.15	5.00	2.00	.12	-.24	มาก
1.10. สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	สูง	3.82	0.66	0.17	5.00	2.00	.01	-.39	มาก
	ต่ำ	3.65	0.53	0.15	5.00	2.00	-.32*	.09	มาก
	รวม	3.70	0.57	0.16	5.00	2.00	-.09	.06	มาก

หมายเหตุ : * $p < .05$; สูง $n = 152$, standard error of skewness = 0.197, standard error of kurtosis = 0.391; ต่ำ $n = 385$, standard error of skewness = 0.124, standard error of kurtosis = 0.248; รวม $n = 537$, standard error of skewness = 0.105, standard error of kurtosis = 0.210

2.6. ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน

การเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งศึกษาในหลักสูตรผลิตครูที่มีความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร มีการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงแตกต่างกัน อีกทั้งในส่วนนี้มีการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกันด้วย เพื่อศึกษาผลของความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร การให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยง และระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

โดยการนำเสนอผลการวิจัยในส่วนนี้มีการนำเสนอเป็น 3 ส่วน 1) การจำแนกกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน 2) การจำแนกระดับความพร้อมของการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม 3) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน 4) สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีระดับความพร้อมแตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

1) การจำแนกกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน

ในการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน มีการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็น 2 กลุ่มตามระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิด ซึ่งในการจำแนกใช้คะแนนที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 70 ในการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูเป็นนิสิตนักศึกษาครูที่มีเจตคติต่อสะเต็มสูงและต่ำ และเป็นนิสิตนักศึกษาครูที่มีทักษะการคิดสูงและต่ำ ผลการจำแนกพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มต่ำ และเป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดต่ำ รายละเอียดดังตาราง 4.28

ตาราง 4.28 ผลการจำแนกกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูตามระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิด (n=537)

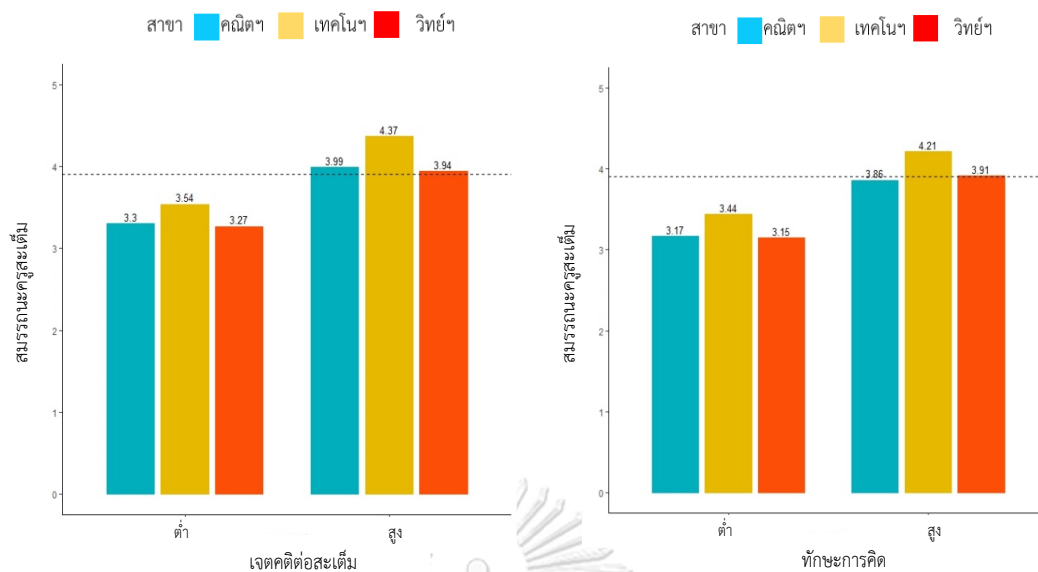
ตัวแปร	คะแนนจุดตัด (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70)	ระดับ	
		สูง (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	ต่ำ (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)
เจตคติต่อสะเต็ม	4.17	140 (26.07%)	397 (73.93%)
ทักษะการคิด	4.00	220 (40.97%)	317 (59.03%)

เมื่อนำผลการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูตามระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมาจำแนกตามสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชามีสัดส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มต่ำมากกว่าเจตคติต่อสะเต็มสูงเช่นเดียวกัน

ส่วนในด้านทักษะการคิดพบว่า นิสิตนักศึกษาครูคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีสัดส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดต่ำมากกว่าทักษะการคิดสูง แต่นิสิตนักศึกษาครูเทคโนโลยีมีสัดส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่เป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดสูงมากกว่าทักษะการคิดต่ำ รายละเอียดดังตาราง 4.29

ตาราง 4.29 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มที่มีเจตคติต่อการสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน

ตัวแปร	ระดับ	สาขา			รวม (n= 537 คน)
		คณิตฯ	วิทยาฯ	เทคโนโลยีฯ	
เจตคติต่อสะเต็ม	สูง (มากกว่า/เท่ากับ คะแนนจุดตัด)	39 (20.74%)	89 (28.16%)	12 (36.36%)	140 (26.07%)
	ต่ำ (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	149 (79.26%)	227 (71.84%)	21 (63.64%)	397 (73.93%)
ทักษะการคิด	สูง (มากกว่า/เท่ากับ คะแนนจุดตัด)	74 (39.36%)	129 (40.82%)	17 (51.52%)	220 (40.97%)
	ต่ำ (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	114 (60.64%)	187 (59.18%)	16 (48.48%)	317 (59.03%)



ภาพ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะเต็มกับระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามสาขา

ภาพ 4.8 เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกันพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาในกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดสูงมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดต่ำ

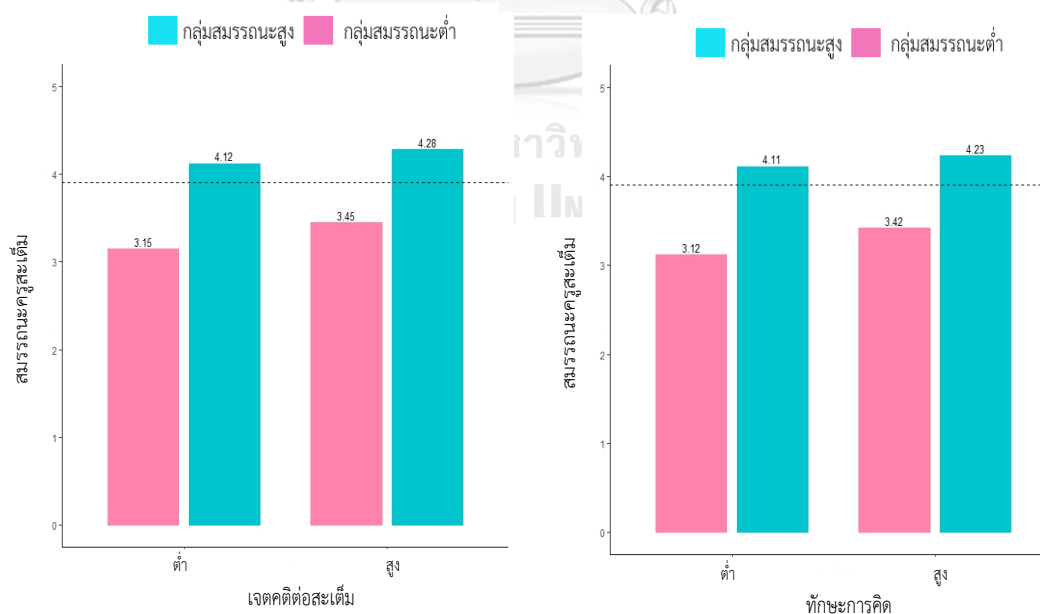
นอกจากนี้เมื่อนำผลการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูตามระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมาจำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีสัดส่วนเป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มสูงมากกว่าเจตคติต่อสะเต็มต่ำ ในทางกลับกันนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีสัดส่วนเป็นกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มต่ำมากกว่าเจตคติต่อสะเต็มสูง

ส่วนในด้านทักษะการคิดพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีสัดส่วนเป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดสูงมากกว่าทักษะการคิดต่ำ แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีสัดส่วนเป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดต่ำมากกว่าทักษะการคิดสูง รายละเอียดดังตาราง 4.30

ตาราง 4.30 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มี
เจตคติต่อการสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน

ตัวแปร	ระดับ	ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม		รวม
		สมรรถนะสูง	สมรรถนะต่ำ	
เจตคติต่อสะเต็ม	สูง (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	91 (59.87%)	49 (12.73%)	140 (26.07%)
	ต่ำ (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	61 (40.13%)	336 (87.27%)	397 (73.93%)
	รวม	152 (28.31%)	385 (71.69%)	537 (100.00%)
ทักษะการคิด	สูง (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	134 (88.16%)	86 (22.34%)	220 (40.97%)
	ต่ำ (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	18 (11.84%)	299 (77.66%)	317 (59.03%)
	รวม	152 (28.31%)	385 (71.69%)	537 (100.00%)

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ
จำแนกตามกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดแตกต่างกัน พบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มี
สมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดสูงมีสมรรถนะครูสะเต็ม สูงกว่า
นิสิตนักศึกษาครูที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดต่ำ ดังภาพ 4.9



ภาพ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะเต็มกับระดับเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิด
ของนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ

2) การจำแนกระดับความพร้อมของการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม

การจำแนกระดับความพร้อมของการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ในด้านการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงแตกต่างกัน มีการจำแนกตัวแปรในแต่ละด้านเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่พร้อมและกลุ่มที่ไม่พร้อม ซึ่งในการจำแนกใช้คะแนนที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 70 ในการจำแนกตัวแปรแต่ละตัวเป็น 2 กลุ่ม ผลการจำแนกพบว่า หลักสูตรส่วนมากไม่พร้อมในการส่งเสริมเพิ่มเติมทั้งในภาพรวมและด้านย่อยอีก 5 ด้าน อีกทั้งหลักสูตรส่วนมากมีอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู

นอกจากนี้พบว่า หมวดวิชาต่าง ๆ ในโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่พร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติมทั้งในภาพรวมและด้านย่อยอีก 6 ด้าน และครูพี่เลี้ยงจากหมวดวิชาต่าง ๆ ส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู รายละเอียดดังตาราง 4.31

ตาราง 4.31 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการส่งเสริมและสนับสนุนเพิ่มเติมของหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

ตัวแปร	คะแนนจุดตัด (เปอร์เซ็นต์ไทล์ 70)	ความพร้อม	
		พร้อม (มากกว่าเท่ากับคะแนนจุดตัด)	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)
ตัวแปรระดับหลักสูตร (n= 77 หลักสูตร)			
1. การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร	4.13	25 (32.47%)	52 (67.53%)
1.1. การบริหารหลักสูตร	4.04	23 (29.87%)	54 (70.13%)
1.2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์	4.32	23 (29.87%)	54 (70.13%)
1.3. การส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม	4.19	23 (29.87%)	54 (70.13%)
1.4. การสนับสนุนห้องเรียน/ ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์	4.18	23 (29.87%)	54 (70.13%)
1.5. การสนับสนุนเทคโนโลยี	4.04	23 (29.87%)	54 (70.13%)
2. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์	4.29	23 (29.87%)	54 (70.13%)

ตัวแปร	คะแนนจุดตัด (เปอร์เซ็นต์ 70)	ความพร้อม	
		พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)
ตัวแปรระดับโรงเรียน (n=205 หมวดวิชา)			
3. การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน	3.89	59 (28.78%)	146 (71.22%)
3.1. การสนับสนุนของผู้บริหาร	4.25	62 (30.24%)	143 (69.76%)
3.2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอน เพิ่มเติม	4.00	66 (32.20%)	139 (67.80%)
3.3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูใน โรงเรียน	4.00	77 (37.56%)	128 (62.44%)
3.4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	4.00	69 (33.66%)	136 (66.34%)
3.5. การสนับสนุนห้องเรียน/ ห้องปฏิบัติการ	3.83	64 (31.22%)	141 (68.78%)
3.6. การสนับสนุนเทคโนโลยี	3.89	60 (29.27%)	145 (70.73%)
4. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง	4.00	76 (37.07%)	129 (62.93%)

เมื่อนำผลการจำแนกระดับความพร้อมของการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูเป็นกลุ่มที่พร้อมและไม่พร้อมในการส่งเสริมและสนับสนุนเพิ่มเติมมาจำแนกตามสาขาวิชาของหลักสูตรและหมวดวิชาในโรงเรียนต่าง ๆ พบว่า หลักสูตรทุกสาขาวิชาส่วนใหญ่ไม่พร้อมในการส่งเสริมเพิ่มเติม อีกทั้งหลักสูตรทุกสาขาวิชาส่วนใหญ่มีอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู รายละเอียดดังตาราง 4.32

นอกจากนี้พบว่า หมวดวิชาทุกสาขาวิชาในโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่พร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติมและครูที่เลี้ยงจากหมวดวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู แต่ครูที่เลี้ยงจากหมวดวิชาเทคโนโลยีส่วนมากมีความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู รายละเอียดดังตาราง 4.33

ตาราง 4.32 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการส่งเสริมของหลักสูตรตามสาขาวิชา

ตัวแปร	ความพร้อม	สาขา			รวม (77 หลักสูตร)
		คณิตา (n= 30)	วิทยา (n= 36)	เทคโนโลยี (n= 11)	
1. การส่งเสริม เพิ่มเติมของ หลักสูตร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	9 (30.00%)	14 (38.89%)	2 (18.18%)	25 (32.47%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	21 (70.00%)	22 (61.11%)	9 (81.82%)	52 (67.53%)

ตัวแปร	ความพร้อม	สาขา			รวม (77 หลักสูตร)
		คณิตา (n= 30)	วิทยาศาสตร์ (n= 36)	เทคโนโลยี (n= 11)	
1.1. การบริหาร หลักสูตร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	8 (26.67%)	14 (38.89%)	1 (9.09%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	22 (73.33%)	22 (61.11%)	10 (90.91%)	54 (70.13%)
1.2. ศักยภาพ และความ ร่วมมือของ คณาจารย์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	8 (26.67%)	13 (36.11%)	2 (18.18%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	22 (73.33%)	23 (63.89%)	9 (81.82%)	54 (70.13%)
1.3. การส่งเสริม ความรู้และ ทักษะ เพิ่มเติม	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	10 (33.33%)	13 (36.11%)	0 (00.00%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	20 (66.67%)	23 (63.89%)	11 (100.00%)	54 (70.13%)
1.4. การ สนับสนุน ห้องเรียน/ ห้องปฏิบัติ- การ วัสดุ และอุปกรณ์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	9 (30.00%)	11 (30.56%)	3 (27.27%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	21 (70.00%)	25 (69.44%)	8 (72.73%)	54 (70.13%)
1.5. การ สนับสนุน เทคโนโลยี	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	7 (23.33%)	12 (33.33%)	4 (36.36%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	23 (76.67%)	24 (66.67%)	7 (63.64%)	54 (70.13%)
2. บทบาทการให้ คำปรึกษา ของอาจารย์ นิเทศก์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	8 (26.67%)	10 (27.78%)	5 (45.45%)	23 (29.87%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	22 (73.33%)	26 (72.22%)	6 (54.55%)	54 (70.13%)

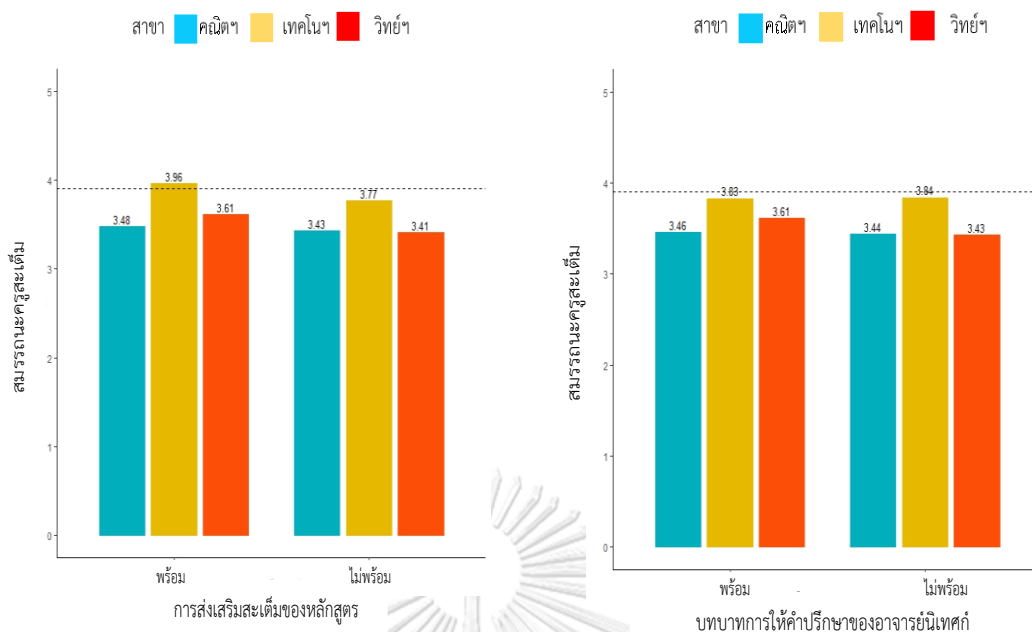
ตาราง 4.33 ผลการจำแนกระดับความพร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนฝึกประสบการณ์
วิชาชีพครูตามสาขาวิชา

ตัวแปร	ความพร้อม	สาขา			รวม (205 หมวดวิชา)
		คณิตา (n= 75)	วิทยาศาสตร์ (n= 109)	เทคโนโลยี (n= 21)	
1. การสนับสนุน เพิ่มเติมของ โรงเรียน	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	19 (25.33%)	33 (30.28%)	7 (33.33%)	59 (28.78%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	56 (74.67%)	76 (69.72%)	14 (66.67%)	146 (71.22%)
1.1. การ สนับสนุน ของ ผู้บริหาร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	22 (29.33%)	33 (30.28%)	7 (33.33%)	62 (30.24%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	53 (70.67%)	76 (69.72%)	14 (66.67%)	143 (69.76%)

ตัวแปร	ความพร้อม	สาขา			รวม (205 หมวดวิชา)
		คณิตฯ (n= 75)	วิทยาฯ (n= 109)	เทคโนโลยีฯ (n= 21)	
1.2. การส่งเสริม การจัดการ เรียนการ สอนสะเต็ม	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	19 (25.33%)	37 (33.94%)	10 (47.62%)	66 (32.20%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	56 (74.67%)	72 (66.06%)	11 (52.38%)	139 (67.80%)
1.3. ศักยภาพ และความ ร่วมมือของ ครูใน โรงเรียน	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	23 (30.67%)	46 (42.20%)	8 (38.10%)	77 (37.56%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	52 (69.33%)	63 (57.80%)	13 (61.90%)	128 (62.44%)
1.4. การ สนับสนุน เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	25 (33.33%)	37 (33.94%)	7 (33.33%)	69 (33.66%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	50 (66.67%)	72 (66.06%)	14 (66.67%)	136 (66.34%)
1.5. การสนับสนุน ห้องเรียน/ ห้องปฏิบัติ- การ	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	23 (30.67%)	33 (30.28%)	8 (38.10%)	64 (31.22%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	52 (69.33%)	76 (69.72%)	13 (61.90%)	141 (68.78%)
1.6. การ สนับสนุน เทคโนโลยี	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	24 (32.00%)	28 (25.69%)	8 (38.10%)	60 (29.27%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	51 (68.00%)	81 (74.31%)	13 (61.90%)	145 (70.73%)
2. บทบาทการให้ คำปรึกษา ของครูที่ เกี่ยวข้อง	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	21 (28.00%)	44 (40.37%)	11 (52.38%)	76 (37.07%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	54 (72.00%)	65 (59.63%)	10 (47.62%)	129 (62.93%)

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มระดับความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่มีความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็มมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่ไม่มีความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็มมีสมรรถนะครูสะเต็ม

อีกทั้งพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสาขาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อม แต่นิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมและขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มใกล้เคียงกัน ดังภาพ 4.10

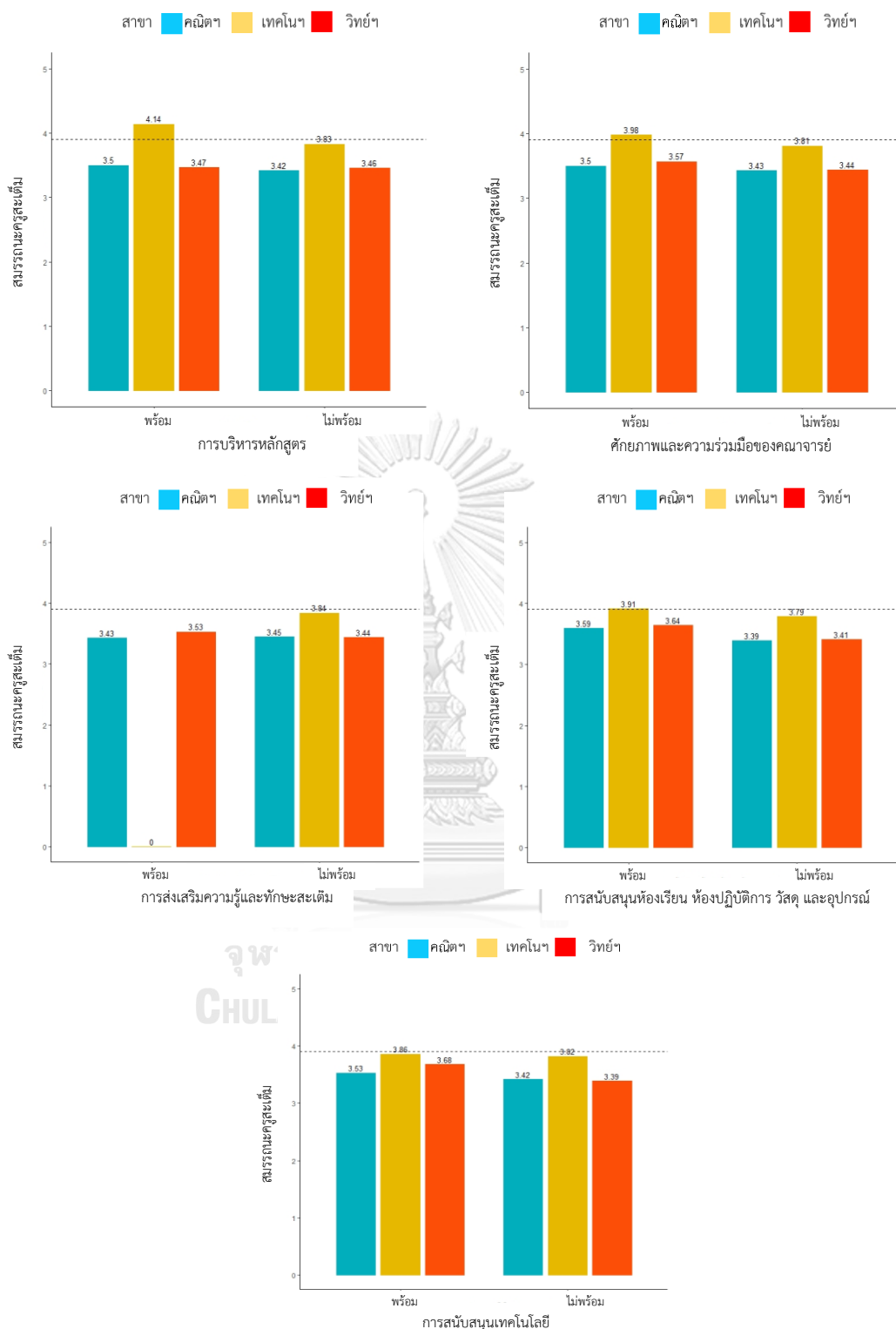


ภาพ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมระดับของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์จำแนกตามสาขา

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มระดับความพร้อมในการส่งเสริมระดับของหลักสูตรรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่มีความพร้อมในการส่งเสริมระดับทุกด้านมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่ไม่มีความพร้อมในการส่งเสริมระดับมีสมรรถนะครูสะท้อน

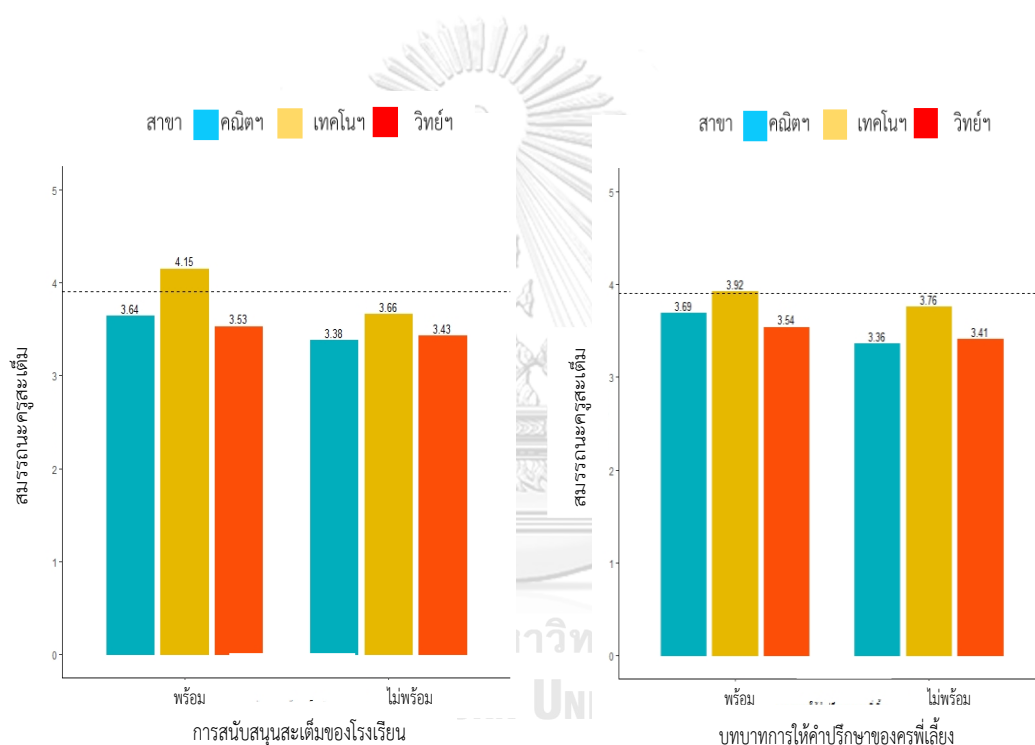
แต่นิสิตนักศึกษาครูคณิตศาสตร์กลุ่มที่ได้รับการส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน และนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่มีการบริหารหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน

ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าในด้านการส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อนไม่มีนิสิตนักศึกษาครูเทคโนโลยีที่ได้รับการส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อม แสดงว่าหลักสูตรเทคโนโลยีมีการส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อนให้แก่นิสิตนักศึกษาครูสะท้อนไม่มากเท่าที่ควร ดังภาพ 4.11



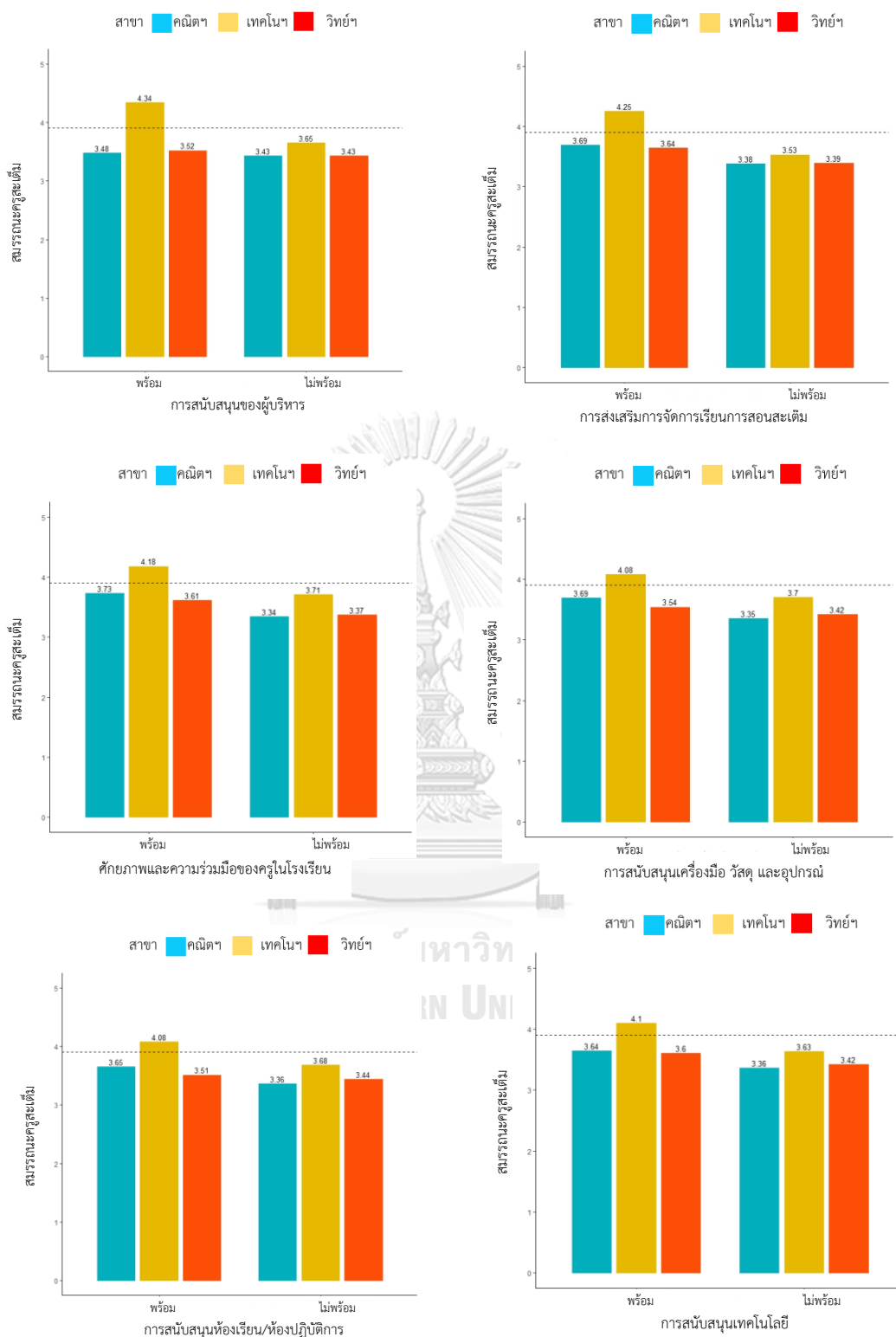
ภาพ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมเพิ่มเติมของ
หลักสูตรรายด้านจำแนกตามสาขา

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มระดับความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ไม่มีความพร้อมในการส่งเสริมสะท้อนมีสมรรถนะครูสะท้อน และนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม ดังภาพ 4.12



ภาพ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงจำแนกตามสาขา

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชาจำแนกตามกลุ่มระดับความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนทุกด้านมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ไม่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนในแต่ละด้าน ดังภาพ 4.13



ภาพ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะเต็มกับความพร้อมของการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนรายด้านจำแนกตามสาขา

นอกจากนี้เมื่อนำผลการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูตามระดับความพร้อมแต่ละตัวแปรมาจำแนกตามระดับสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า ในทุกตัวแปรกลุ่มที่มีความพร้อมมีสัดส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงมากกว่ากลุ่มสมรรถนะต่ำ และกลุ่มที่ไม่พร้อมทุกตัวแปรมีสัดส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำมากกว่าสมรรถนะสูง

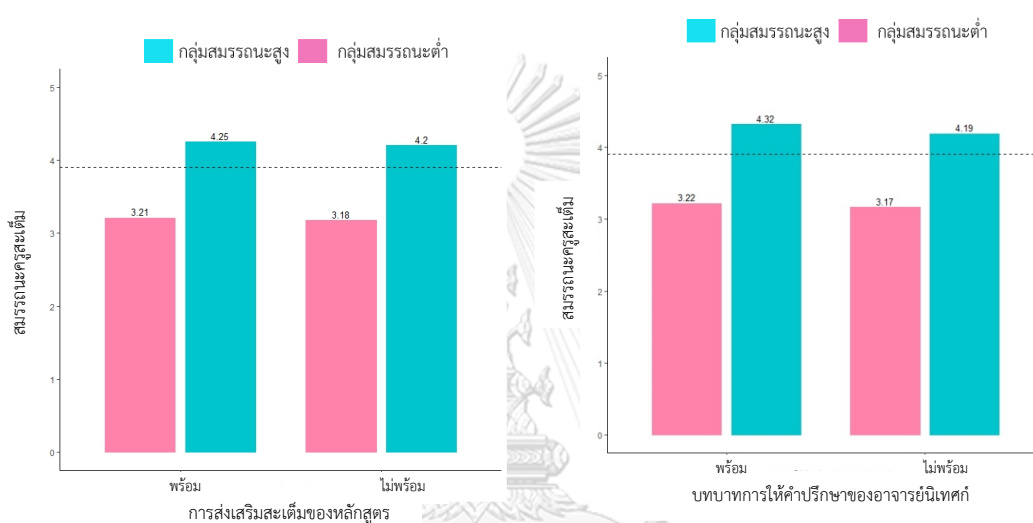
แสดงให้เห็นว่าถ้านิสิตนักศึกษาครูได้รับการเตรียมความพร้อมที่ดีจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมมีโอกาสทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่าได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ไม่พร้อมในแต่ละด้าน รายละเอียดดังตาราง 4.34

ตาราง 4.34 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมแตกต่างกันในแต่ละตัวแปร

ตัวแปร	ความพร้อม	ระดับสมรรถนะครูสะท้อน		รวม (n= 537 คน)
		สมรรถนะสูง (n= 152 คน)	สมรรถนะต่ำ (n= 385 คน)	
ตัวแปรระดับหลักสูตร				
1. การส่งเสริมสะท้อนของหลักสูตร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	53 (34.87%)	88 (22.86%)	141 (26.26%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	99 (65.13%)	297 (77.14%)	396 (73.74%)
1.1. การบริหารหลักสูตร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	42 (27.63%)	89 (23.12%)	131 (24.39%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	110 (72.37%)	296 (76.88%)	406 (75.61%)
1.2. ศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	33 (21.71%)	66 (17.14%)	99 (18.44%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	119 (78.29%)	319 (82.86%)	438 (81.56%)
1.3. การส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อน	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	42 (27.63%)	97 (25.19%)	139 (25.88%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	110 (72.37%)	288 (74.81%)	398 (74.12%)
1.4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวัสดุ และอุปกรณ์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	49 (32.24%)	87 (22.60%)	136 (25.33%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	103 (67.76%)	298 (77.40%)	401 (74.67%)
1.5. การสนับสนุนเทคโนโลยี	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	49 (32.24%)	82 (21.30%)	131 (24.39%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	103 (67.76%)	303 (78.70%)	406 (75.61%)

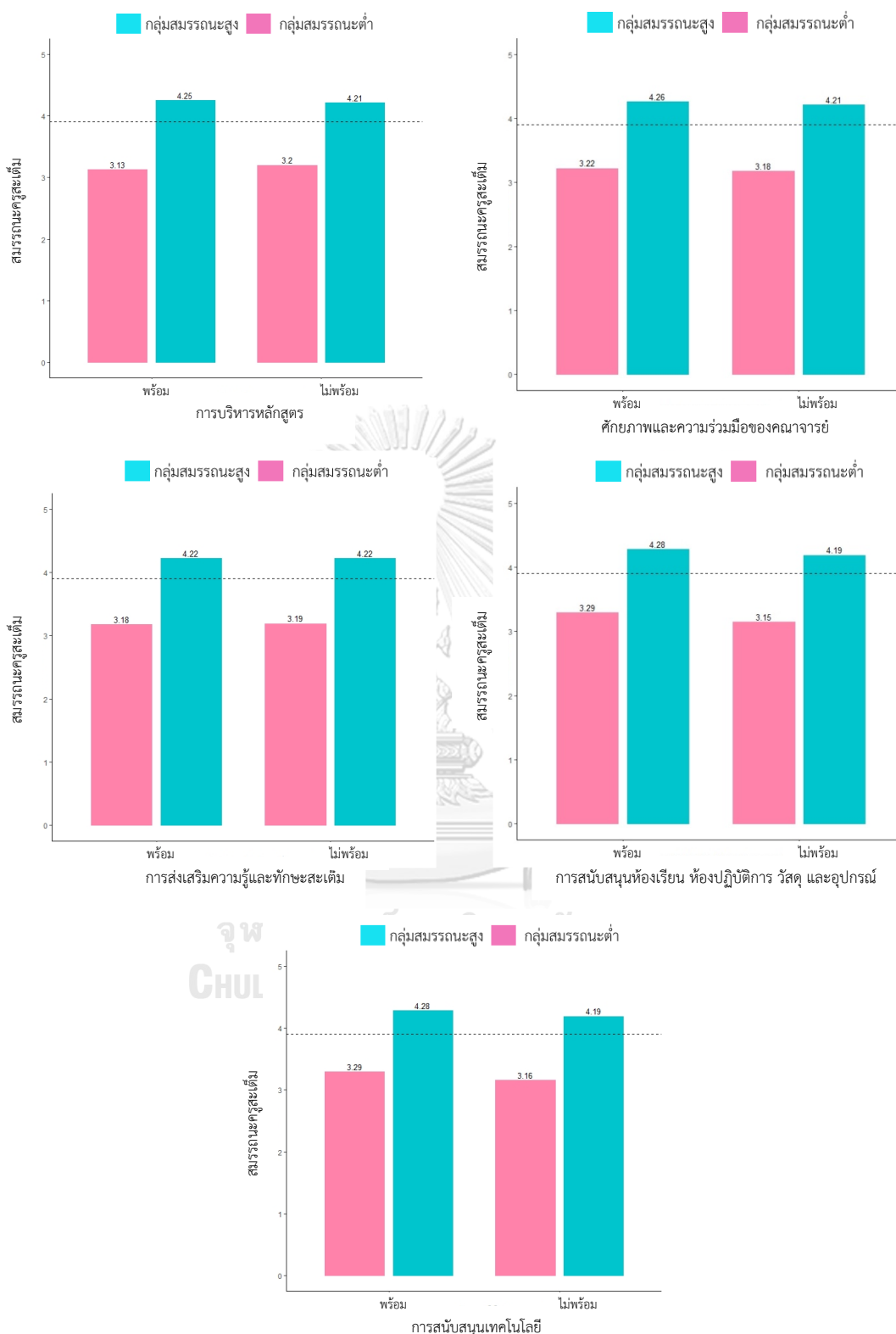
ตัวแปร	ความพร้อม	ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม		รวม (n= 537 คน)
		สมรรถนะสูง (n= 152 คน)	สมรรถนะต่ำ (n= 385 คน)	
2. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	34 (22.37%)	79 (20.52%)	113 (21.04%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	118 (77.63%)	306 (79.48%)	424 (78.96%)
ตัวแปรระดับโรงเรียน				
3. การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	62 (40.79%)	91 (23.64%)	153 (28.49%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	90 (59.21%)	294 (76.36%)	384 (71.51%)
3.1. การสนับสนุนของผู้บริหาร	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	55 (36.18%)	99 (25.71%)	154 (28.68%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	97 (63.82%)	286 (74.29%)	383 (71.32%)
3.2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	62 (40.79%)	84 (21.82%)	146 (27.19%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	90 (59.21%)	301 (78.18%)	391 (72.81%)
3.3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	74 (48.68%)	108 (28.05%)	182 (33.89%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	78 (51.32%)	277 (71.95%)	355 (66.11%)
3.4. การสนับสนุนเครื่องมือวัสดุ อุปกรณ์	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	67 (44.08%)	106 (27.53%)	173 (32.22%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	85 (55.92%)	279 (72.47%)	364 (67.78%)
3.5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	62 (40.79%)	107 (27.79%)	169 (31.47%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	90 (59.21%)	278 (72.21%)	368 (68.53%)
3.6. การสนับสนุนเทคโนโลยี	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	61 (40.13%)	84 (21.82%)	145 (27.00%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	91 (59.87%)	301 (78.18%)	392 (73.00%)
4. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง	พร้อม (มากกว่า/เท่ากับคะแนนจุดตัด)	71 (46.71%)	117 (30.39%)	118 (35.01%)
	ไม่พร้อม (น้อยกว่าคะแนนจุดตัด)	81 (53.29%)	268 (69.61%)	349 (64.99%)

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ จำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมและไม่พร้อมในการส่งเสริมสะท้อนของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่มีความพร้อมและไม่พร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน และนิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่่านิสิตนักศึกษาที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อม ดังภาพ 4.14



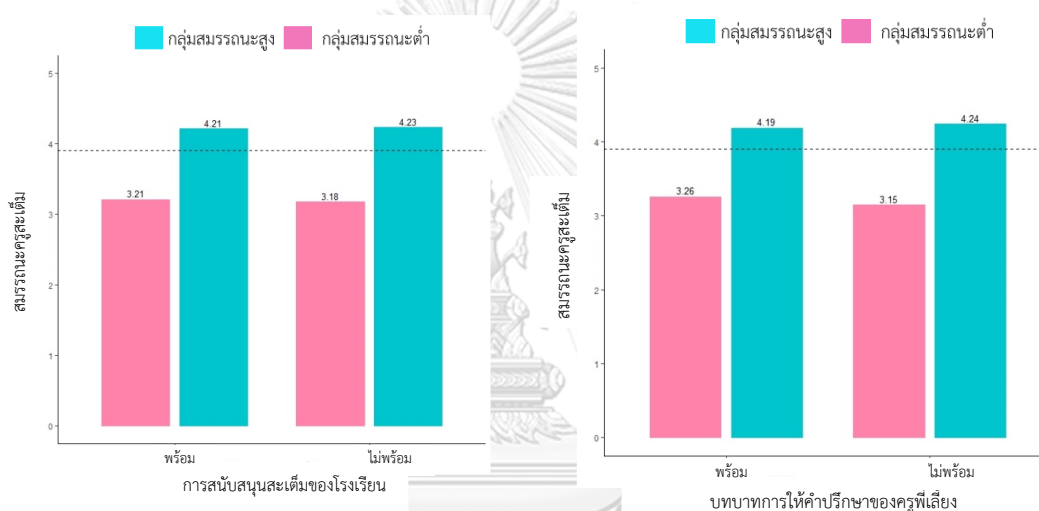
ภาพ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการส่งเสริมสะท้อนของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์จำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ จำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมและไม่พร้อมในการส่งเสริมสะท้อนของหลักสูตรรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่มีความพร้อมในการส่งเสริมสะท้อนทุกด้านมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่่านิสิตนักศึกษาที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อม ยกเว้นด้านการบริหารหลักสูตรและด้านการส่งเสริมความรู้และทักษะสะท้อนที่นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำที่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรที่มีความพร้อมและขาดความพร้อมในด้านดังกล่าวมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน ดังภาพ 4.15



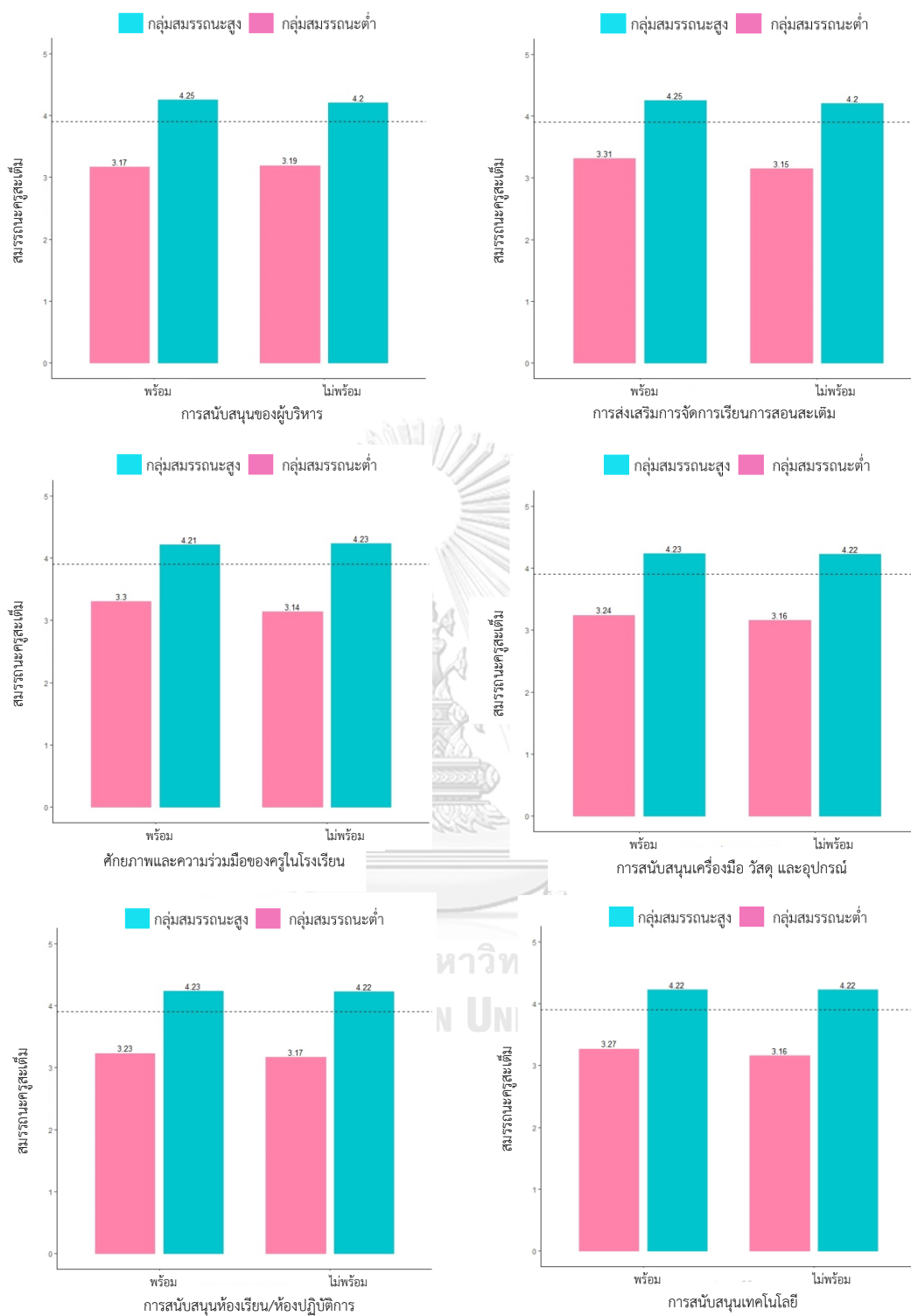
ภาพ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะเต็มกับความพร้อมของการส่งเสริมสะเต็มของ
หลักสูตรรายด้านจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมและไม่พร้อมในการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำที่ได้รับการสนับสนุนสะท้อนจากโรงเรียนที่มีความพร้อมและไม่พร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อม ดังภาพ 4.16



ภาพ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะท้อนกับความพร้อมของการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำ

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงและต่ำจำแนกตามกลุ่มที่มีความพร้อมและไม่พร้อมในการสนับสนุนสะท้อนของโรงเรียนรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนสูงที่ได้รับการสนับสนุนสะท้อนจากโรงเรียนที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะท้อนทุกด้านมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกับนิสิตนักศึกษาที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่มีความพร้อมทุกด้านมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อม ยกเว้นด้านการสนับสนุนของผู้บริหารที่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่มีความพร้อมและขาดความพร้อมในด้านดังกล่าวมีสมรรถนะครูสะท้อนใกล้เคียงกัน ดังภาพ 4.17



ภาพ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสมรรถนะครูสะเต็มกับความพร้อมของการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนรายด้านจำแนกตามกลุ่มสมรรถนะครูสะเต็มสูงและต่ำ

3) ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน โดยใช้ Independent t-test พบว่า นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็ม ($t(282.873)=13.698$, $p<.01$) และทักษะการคิด ($t(353)=16.359$, $p<.01$) สูงมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

อีกทั้งพบว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($t(353)=2.637$, $p<.01$) เมื่อพิจารณาการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อมในด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ ($t(353)=3.676$, $p<.01$) และด้านการสนับสนุนเทคโนโลยี ($t(353)=3.865$, $p<.01$) มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมในด้านดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($t(353)=1.428$, $p=.077$)

นอกจากนี้พบว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($t(353)=3.150$, $p<.01$) เมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนรายด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมทุกด้านมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ทุกด้าน

และพบว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์ครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($t(353)=3.577$, $p<.01$) รายละเอียดดังตาราง 4.35

ตาราง 4.35 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่มีระดับเจตคติต่อสะเต็ม
ทักษะการคิด และได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึก
ประสบการณ์วิชาชีพแตกต่างกัน

ระดับ	n (537)	สมรรถนะครู สะเต็ม		Levene's Test		Independent t-test			ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย	ผลการเปรียบเทียบ
		M	SD	F	P	t	df	P (one-tail)		
1. เจตคติต่อสะเต็ม^ก										
สูง	140	3.99	.49	4.190	.041	13.698	282.873	.000	.69	สูง > ต่ำ*
ต่ำ	397	3.30	.58							
2. ทักษะการคิด^ก										
สูง	220	3.92	.52	.151	.697	16.359	535	.000	.75	สูง > ต่ำ*
ต่ำ	317	3.17	.52							
3. การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร^ข										
พร้อม	141	3.60	.63	.419	.518	2.637	535	.005	.17	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	396	3.43	.63							
3.1. การบริหารหลักสูตร										
พร้อม	131	3.49	.68	2.150	.143	.193	535	.424	.02	-
ไม่พร้อม	406	3.47	.62							
3.2. คักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์										
พร้อม	99	3.57	.67	.007	.935	1.524	535	.064	.11	-
ไม่พร้อม	438	3.46	.63							
3.3. การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม										
พร้อม	139	3.49	.66	.417	.519	.341	535	.367	.02	-
ไม่พร้อม	398	3.47	.63							
3.4. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์										
พร้อม	136	3.65	.59	.341	.559	3.676	535	.000	.23	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	401	3.42	.64							
3.5. การสนับสนุนเทคโนโลยี										
พร้อม	131	3.66	.60	.238	.626	3.865	535	.000	.24	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	406	3.42	.64							
4. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศ^ข										
พร้อม	113	3.55	.66	.425	.515	1.428	535	.077	.09	-
ไม่พร้อม	424	3.46	.63							
5. การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน^ก										
พร้อม	153	3.61	.66	.682	.409	3.150	535	.001	.19	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	384	3.42	.62							
5.1. การสนับสนุนของผู้บริหาร										
พร้อม	154	3.56	.68	3.127	.078	1.841	535	.033	.11	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	383	3.45	.61							

ระดับ	n (537)	สมรรถนะครู สะเต็ม		Levene's Test		Independent t-test			ความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย	ผลการเปรียบเทียบ
		M	SD	F	P	t	df	P (one-tail)		
5.2. การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม										
พร้อม	146	3.71	.61	.198	.657	5.278	535	.000	.32	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	391	3.39	.62							
5.3. ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน										
พร้อม	182	3.67	.60	.740	.390	5.198	535	.000	.29	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	355	3.38	.63							
5.4. การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์										
พร้อม	173	3.62	.65	.645	.422	3.732	535	.000	.21	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	364	3.41	.62							
5.5. การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ										
พร้อม	169	3.60	.65	.420	.517	2.931	535	.002	.18	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	368	3.42	.62							
5.6. การสนับสนุนเทคโนโลยี										
พร้อม	145	3.67	.63	.005	.942	4.300	535	.000	.26	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	392	3.41	.62							
6. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง*										
พร้อม	188	3.61	.62	.275	.600	3.577	535	.000	.20	พร้อม > ไม่พร้อม*
ไม่พร้อม	349	3.41	.63							

หมายเหตุ : * $p < .05$, n= ตัวแปรระดับนิสิตนักศึกษาครู; ข= ตัวแปรระดับหลักสูตร; ค= ตัวแปรระดับโรงเรียน

4) สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีระดับความพร้อมแตกต่างกัน

นิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนที่ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูแต่ละโรงเรียนอาจเป็นนิสิตนักศึกษาครูที่มาจากหลักสูตรต่างกัน ดังนั้นนิสิตนักศึกษาครูที่ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในโรงเรียนเดียวกันจะได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนเช่นเดียวกัน แต่จะได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรแตกต่างกัน อีกทั้งนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนจะมีครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมในการนิเทศก์ที่แตกต่างกัน ผลการวิจัยในส่วนนี้จึงนำเสนอผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีระดับความพร้อมแตกต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ผลการจำแนกนิสิตนักศึกษาครูตามระดับความพร้อมของตัวแปรระดับหลักสูตรและโรงเรียน

เมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรกับระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรและการสนับสนุนเพิ่มเติมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุด และเมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรกับระดับบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรกับบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุด รายละเอียดดังตาราง 4.36

ตาราง 4.36 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรแตกต่างกันจำแนกตามการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง

ตัวแปร		การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร		รวม (n= 537 คน)
		พร้อม	ไม่พร้อม	
การสนับสนุนเพิ่มเติม ของโรงเรียน	พร้อม	39 (25.49%)	114 (74.51%)	153 (100.00%)
	ไม่พร้อม	102 (26.56%)	282 (73.44%)	384 (100.00%)
บทบาทการให้คำปรึกษา ของอาจารย์นิเทศก์	พร้อม	70 (61.95%)	43 (38.05%)	113 (100.00%)
	ไม่พร้อม	71 (16.75%)	353 (83.25%)	424 (100.00%)
บทบาทการให้คำปรึกษา ของครูพี่เลี้ยง	พร้อม	49 (26.06%)	139 (73.94%)	188 (100.00%)
	ไม่พร้อม	92 (26.36%)	257 (73.64%)	349 (100.00%)

เมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนกับบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุด และเมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนกับบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุดเช่นเดียวกัน รายละเอียดดังตาราง 4.37

ตาราง 4.37 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนเพิ่มเติมจากโรงเรียนแตกต่างกันจำแนกตามระดับการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง

ตัวแปร		การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน		รวม (n= 537 คน)
		พร้อม	ไม่พร้อม	
บทบาทการให้คำปรึกษา ของอาจารย์นิเทศก์	พร้อม	27 (23.89%)	86 (76.11%)	113 (100.00%)
	ไม่พร้อม	126 (29.72%)	298 (70.28%)	424 (100.00%)
บทบาทการให้คำปรึกษา ของครูพี่เลี้ยง	พร้อม	123 (65.43%)	65 (34.57%)	188 (100.00%)
	ไม่พร้อม	30 (8.60%)	319 (91.40%)	349 (100.00%)

เมื่อพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์กับบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสัดส่วนมากที่สุด รายละเอียดดังตาราง 4.38

ตาราง 4.38 จำนวนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่แตกต่างกันจำแนกตามระดับ การให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

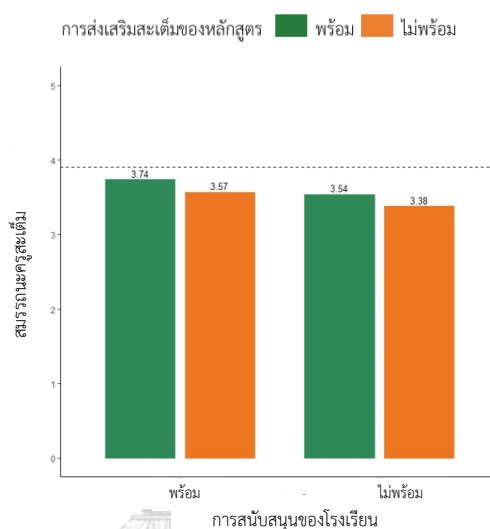
ตัวแปร		บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์		รวม (n= 537 คน)
		พร้อม	ไม่พร้อม	
บทบาทการให้คำปรึกษา ของครูพี่เลี้ยง	พร้อม	30 (15.96%)	158 (84.04%)	188 (100.00%)
	ไม่พร้อม	83 (23.78%)	266 (76.22%)	349 (100.00%)

ผลการพิจารณาจำนวนนิสิตนักศึกษาครูจำแนกตามระดับความพร้อมแต่ละตัวแปรดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูได้รับการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติมไม่เพียงพอในแต่ละด้าน ทั้งการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม

สมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติมต่างกัน

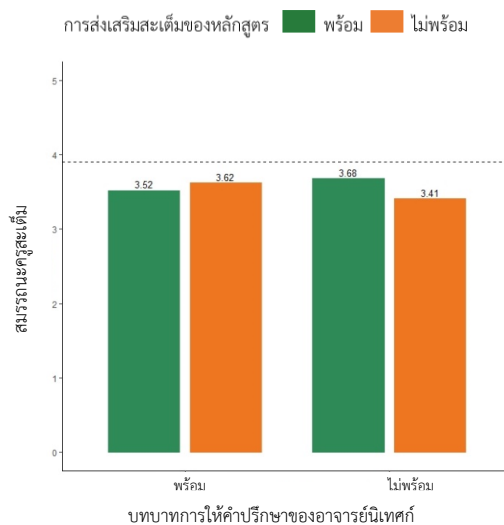
ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมเพิ่มเติมจากหลักสูตร การให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่แตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการสนับสนุนของโรงเรียนพบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรและการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่ไม่พร้อมแต่ได้รับการสนับสนุนสะท้อนจากโรงเรียนที่พร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรและการสนับสนุนจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำที่สุด ดังภาพ 4.18



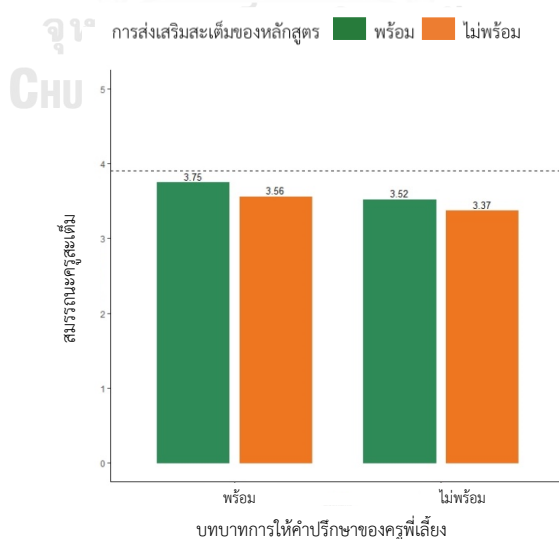
ภาพ 4.18 สมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการสนับสนุนของโรงเรียน

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะท้อนของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ พบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่พร้อมแต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมแต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะท้อนจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะท้อนต่ำที่สุด ดังภาพ 4.19



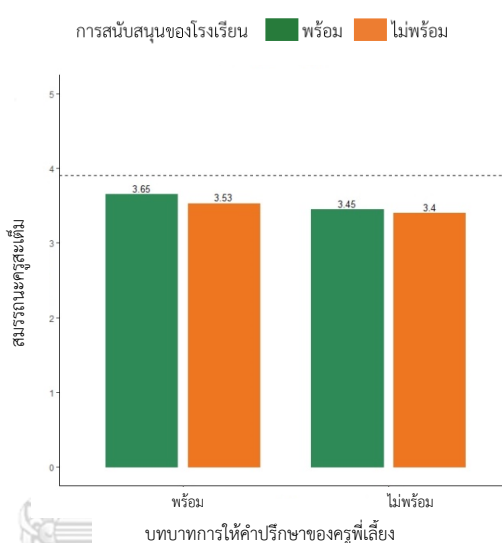
ภาพ 4.19 สมรรถนะครูสละเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสละเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง พบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่พร้อมมีสมรรถนะครูสละเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรที่ไม่พร้อมแต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่พร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสละเต็มต่ำที่สุด ดังภาพ 4.20



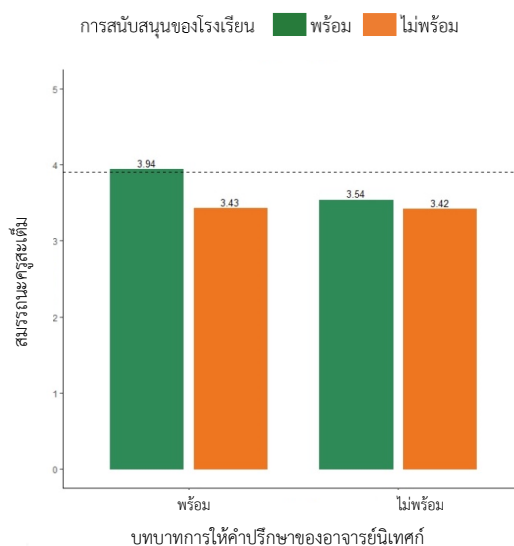
ภาพ 4.20 สมรรถนะครูสละเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสละเต็มจากหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากครูที่เลี้ยงที่พร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่ไม่พร้อม แต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูที่เลี้ยงที่พร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากครูที่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำที่สุด ดังภาพ 4.21



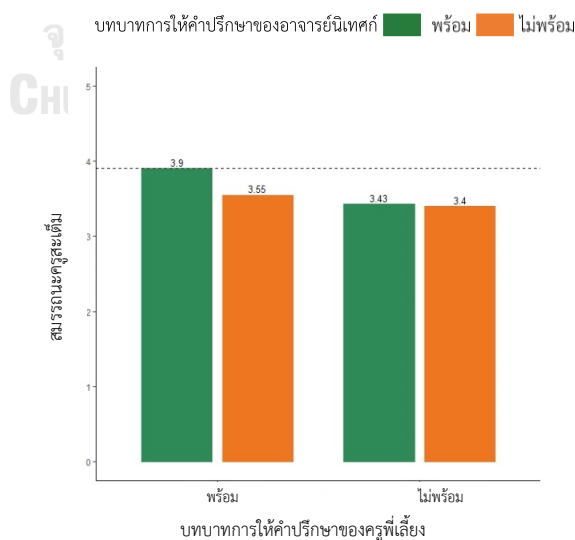
ภาพ 4.21 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ พบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมแต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำที่สุด ทั้งที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อมและขาดความพร้อม ดังภาพ 4.22



ภาพ 4.22 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

เมื่อวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศและครูพี่เลี้ยงที่พร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่พร้อมแต่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อม ส่วนนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำที่สุด ดังภาพ 4.23



ภาพ 4.23 สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่พร้อมและไม่พร้อมจำแนกตามระดับความพร้อมในการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

จะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อม ก็ต่อเมื่อได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อม และนิสิตนักศึกษาครูทั้งที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่พร้อมหรือขาดความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ถ้าได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อม

ตอนที่ 3 การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ในระยะนี้ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม และผลการศึกษาระดับสมรรถนะ ครูสะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุน จากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 และข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย กับการผลิตครูสะเต็ม มาใช้ในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ โดยมีการนำเสนอเป็น 2 ส่วน คือ 1) แนวคิดการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม 2) แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม มีรายละเอียดดังนี้

3.1. แนวคิดการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

แนวคิดการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มเป็นแนวคิดที่ได้จากการวิเคราะห์ และสังเคราะห์ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม : โมเดลทุกระดับ จำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) และผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครู สะเต็ม เจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด รวมทั้งสภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในด้านการส่งเสริมสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษา ของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง จากการวิจัยในระยะที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สมรรถนะครูสะเต็มที่ต้องได้รับการพัฒนา

ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะ ครูสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง และนิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่เป็นนิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะ ครูสะเต็มต่ำ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องกับการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มควรปรับปรุง พัฒนาระบบการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มเพื่อพัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีขึ้น เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มแต่ละด้านพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มมีความรู้ความสามารถ ด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาความรู้ และทักษะสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่มีความรู้และทักษะด้าน

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง โดยความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมเป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครุมีต่ำกว่าด้านอื่น ๆ รายละเอียดดังตาราง 4.39

สะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครุมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มไม่ดีเท่าที่ควร และนิสิตนักศึกษาครุมีความรู้และทักษะสะเต็มทุกด้านไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมที่นิสิตนักศึกษาครุมีน้อยกว่าด้านอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคในการต่อยอดการสร้างนวัตกรรมจากการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีประสิทธิภาพได้

ดังนั้นหลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องจึงควรปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมครูสะเต็มโดยควรเน้นการพัฒนาความรู้และทักษะทางเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และควรมีการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครุมีความรู้และทักษะการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้องทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยอาจพิจารณาเพิ่มรายวิชาหรือผลักดันให้มีการบูรณาการความรู้และทักษะวิศวกรรมในรายวิชาต่าง ๆ เป็นพิเศษ

ตาราง 4.39 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครุ

สมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย
ภาพรวม	<ol style="list-style-type: none"> 1) นิสิตนักศึกษาครุทุกสาขาวิชามีสมรรถนะครูสะเต็มในระดับปานกลาง 2) นิสิตนักศึกษาครุส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.69) เป็นนิสิตนักศึกษาครุกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำ 3) นิสิตนักศึกษาครุสาขาวิชาเทคโนโลยีมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือนิสิตนักศึกษาครุสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ
สมรรถนะ TPACK	<ol style="list-style-type: none"> 1) นิสิตนักศึกษาครุมี P-STEM และ C-STEM อยู่ในระดับมาก แต่มี T-STEM อยู่ในระดับปานกลาง
ความรู้และทักษะสะเต็ม	<ol style="list-style-type: none"> 1) ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครุมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก แต่มีความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับปานกลาง 2) นิสิตนักศึกษาครุมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์สูงที่สุด รองลงมาคือ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ ส่วนความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมเป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครุมีต่ำกว่าด้านอื่น ๆ 3) นิสิตนักศึกษาครุกลุ่มสมรรถนะต่ำมีค่าเฉลี่ยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง 4) นิสิตนักศึกษาครุกลุ่มสมรรถนะต่ำมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์สูงที่สุด รองลงมาคือความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ ส่วนความรู้และทักษะด้านวิศวกรรมเป็นด้านที่นิสิตนักศึกษาครุกลุ่มสมรรถนะต่ำมีน้อยที่สุด

2) ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม

จากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถนะครูสะเต็มที่พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับนิสิตนักศึกษาครุมี 2 ตัวแปรคือ ทักษะการคิด ($B=0.486$) และเจตคติต่อสะเต็ม ($B=0.268$) ระดับโรงเรียน คือ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน ($B=0.319$) ระดับหลักสูตรคือ บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ($B=0.308$) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวแปรการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่งผ่านตัวแปร ทักษะการคิด และพบว่า การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($B=0.265$) ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มมากที่สุด คือ ทักษะการคิด รองลงมาคือ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ เจตคติต่อสะเต็ม ตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในด้านการส่งเสริมสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงชี้ให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครุที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดสูง ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครุที่มีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดต่ำ และได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม รายละเอียดดังตาราง 4.40

ดังนั้นในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มหลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรครูสะเต็มควรพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้แก่ นิสิตนักศึกษาครุจนเกิดความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม โดยควรเน้นการพัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครุมีทักษะการคิดที่ดี มีการพัฒนาส่งเสริมให้โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูสนับสนุนสะเต็มอย่างมีประสิทธิภาพ มุ่งพัฒนาให้อาจารย์นิเทศก์มีบทบาทในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ นิสิตนักศึกษาครุอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง รวมทั้งควรมีการจัดการเรียนการสอนหรือสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ทำให้ นิสิตนักศึกษาครุมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม ซึ่งหลักสูตรควรมีการส่งเสริมและพัฒนาปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

นอกจากนี้จากข้อค้นพบที่พบว่าปัจจัยด้านการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ชี้ให้เห็นว่าหลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็มควรมีการปรับปรุงและยกระดับการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงให้ดีขึ้นเช่นกัน เนื่องจากปัจจัยทั้งสองเป็นปัจจัยที่มีงานวิจัยหลายงานระบุว่า เป็นปัจจัยที่ช่วยพัฒนาความพร้อมของครูสะเต็ม อีกทั้งผลการวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มยังชี้ให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรและได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรและได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 4.40 ผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย
ทักษะการคิด	<ol style="list-style-type: none"> 1) ทักษะการคิดมีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.486) (CCSEM) 2) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีทักษะการคิดสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 3) นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีทักษะการคิดในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แต่นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีทักษะการคิดในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง (SURVEY) 4) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีทักษะการคิดสูงมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีทักษะการคิดต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY)
การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน	<ol style="list-style-type: none"> 1) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.319) (CCSEM) 2) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูสะเต็ม โดยส่งผ่านทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.319) (CCSEM) 3) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.265) (CCSEM) 4) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน สูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 5) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมทุกด้านมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 6) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ทั้งที่มีความพร้อมและไม่มีความพร้อม ถ้าได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนที่มีความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนขาดความพร้อม (SURVEY) 7) นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มทุกด้านมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ไม่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มในแต่ละด้าน (SURVEY)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย
บทบาทการให้คำปรึกษาของ อาจารย์นิเทศก์	<ol style="list-style-type: none"> 1) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($B=0.308$) (CCSEM) 2) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 3) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 4) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อม ก็ต่อเมื่อได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อม (SURVEY)
เจตคติต่อสะเต็ม	<ol style="list-style-type: none"> 1) เจตคติต่อสะเต็มมีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($B=0.268$) (CCSEM) 2) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีเจตคติต่อสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 3) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มสูงมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีเจตคติต่อสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY)
การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร	<ol style="list-style-type: none"> 1) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 2) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY)
บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่ เลี้ยง	<ol style="list-style-type: none"> 1) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 2) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์ครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 3) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตร การส่งเสริมสะเต็มจากโรงเรียน และการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ทั้งที่มีความพร้อมและไม่มีความพร้อม ถ้าได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม (SURVEY)

หมายเหตุ : ตัวอักษรในวงเล็บ คือ ที่มาของผลการวิจัย (CCSEM = การวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม; SURVEY = การวิเคราะห์สภาพตัวแปรต่าง ๆ ด้วยสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง)

3) แนวคิดการพัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

แนวคิดการพัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มเป็นการนำผลการวิเคราะห์ระดับเจตคติต่อสะเต็ม ทักษะการคิด สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในด้านการสนับสนุนจาก

หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง ที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 มาสังเคราะห์แนวคิดในการพัฒนาปัจจัยแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม 6 ปัจจัย เพื่อนำไปใช้เป็นแนวคิดในการกำหนดแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพต่อไป ผลการสังเคราะห์ดังกล่าวทำให้ได้แนวคิดในการพัฒนาปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยดังตาราง 4.41

ตาราง 4.41 แนวคิดการพัฒนาปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย	แนวคิดการพัฒนา
ทักษะการคิด	<p>1) นิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีทักษะการคิดสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (SURVEY)</p> <p>2) นิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ดีมีแนวโน้มที่จะมีทักษะการคิดที่ดีกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีน้อย (INTERVIEW)</p> <p>3) ทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้ รองลงมาคือ สามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ส่วนความสามารถคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้องเป็นทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด</p> <p>4) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.265) (CCSEM)</p> <p>5) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูสะเต็ม โดยส่งผ่านทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (B=0.319) (CCSEM)</p>	<p>1) พัฒนาทักษะการคิดผ่านการรู้เทคโนโลยี เพิ่มขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เพิ่มพูนความรู้และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรม</p> <p>2) พัฒนาทักษะการคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการบริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนตามบริบทของห้องเรียนต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายได้อย่างเหมาะสม</p> <p>3) สร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้หรือสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีในโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูในโรงเรียน ครูพี่เลี้ยง และนิสิตนักศึกษาครู</p>
การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน	<p>1) โรงเรียนทุกโรงเรียนมีการสนับสนุนของผู้บริหารสูงสุด รองลงมาคือมีศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และการสนับสนุนเทคโนโลยี ตามลำดับ</p>	<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีนโยบายที่ชัดเจนในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม โดยผู้บริหารโรงเรียนควรมีการกำหนดแนวทางหรือมอบหมายให้ครูมีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างจริงจัง</p>

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย	แนวคิดการพัฒนา
	<p>ส่วนด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (SURVEY)</p> <p>2) โรงเรียนต่าง ๆ มีการสนับสนุนของผู้บริหาร การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ อยู่ในระดับมาก แต่มีการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ และการสนับสนุนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง (SURVEY)</p> <p>3) การที่โรงเรียนมีนโยบายที่ชัดเจน ผู้บริหารให้ความสำคัญกับการส่งเสริมสะเต็มอย่างรอบด้าน เป็นสิ่งที่มีผลทำให้ครูในโรงเรียนให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เมื่อนิสิตนักศึกษาครูเข้ามาอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวจึงเกิดความสนใจ ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มมากขึ้น จึงมีการพัฒนาสมรรถนะสะเต็มของตนเองได้ (INTERVIEW)</p> <p>4) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มสูงมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนอยู่ในระดับมากทุกด้าน ส่วนกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนอยู่ในระดับมากทุกด้าน ยกเว้นด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ และการสนับสนุนเทคโนโลยีที่อยู่ในระดับปานกลาง (SURVEY)</p> <p>5) นิสิตนักศึกษาครูทั้งที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่พร้อมหรือขาดความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ถ้าได้รับการให้คำปรึกษาจากครูที่เลี้ยงที่มีความพร้อม (SURVEY)</p> <p>6) ทุกหมวดวิชาที่มีการสนับสนุนของโรงเรียนไม่แตกต่างกัน (SURVEY)</p> <p>7) หมวดวิชาทุกสาขาวิชาในโรงเรียนส่วนใหญ่ไม่พร้อมในการสนับสนุนสะเต็ม (SURVEY)</p> <p>8) นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชากลุ่มที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มทุกด้านมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ไม่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มในแต่ละด้าน (SURVEY)</p>	<p>และต่อเนื่อง รวมทั้งจัดสรรหรือเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ในโรงเรียนให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ทั้งด้านการบริหารจัดการ วิชาการ บุคลากร งบประมาณ สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีอย่างครบถ้วน</p> <p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการให้มีความทันสมัย เอื้อต่อการให้ครู นิสิตนักศึกษาครูและนักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมจากการจัดการเรียนการสอนหรือการจัดกิจกรรมสะเต็มได้โดยสะดวก</p> <p>3) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัย หลากหลาย และเพียงพอต่อการใช้งานของครู นิสิตนักศึกษาครูและนักเรียนในการใช้ค้นหาความรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>4) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูพัฒนาครูที่เลี้ยงในโรงเรียนให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อให้ครูที่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเพียงพอในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างมีคุณภาพเหมาะสม</p>

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย	แนวคิดการพัฒนา
บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์	1) อาจารย์นิเทศก์มีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มมากที่สุด รองลงมาคือ สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและเหมาะสมได้ ตามลำดับ (SURVEY) 2) อาจารย์นิเทศก์สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้น้อยที่สุด รองลงมาคือสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ (SURVEY) 3) การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ของแต่ละหลักสูตรไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY) 4) หลักสูตรทุกสาขาวิชาส่วนใหญ่มีอาจารย์นิเทศก์ที่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครู (SURVEY)	1) หลักสูตรควรพัฒนาให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้อง และสนับสนุนให้อาจารย์นิเทศก์ใช้สะเต็มในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ที่ถูกต้องและมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม อันจะส่งผลให้อาจารย์นิเทศก์สามารถแนะนำ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็มได้อย่างมีถูกต้องและเหมาะสม 2) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลายทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และเทคโนโลยีที่ใช้ในการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครู เพื่อให้อาจารย์นิเทศก์สามารถให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครูได้ต่อเนื่องสม่ำเสมอ 3) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์เรียนรู้และแสวงหาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อนำมาแนะนำให้นิสิตนักศึกษาครูประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของตนเองได้
เจตคติต่อสะเต็ม	1) นิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขาวิชามีเจตคติต่อสะเต็มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (SURVEY) 2) นิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ดีมีแนวโน้มที่จะมีเจตคติต่อสะเต็มที่ดีกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีน้อย (INTERVIEW) 3) เจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือ รู้สึกว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้ได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ และต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 2 ข้อ รองลงมาคือ คิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียน และต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	1) สร้างความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักให้นิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ เข้าใจว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มเป็นแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ได้เป็นวิธีการเรียนการสอนเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น 2) พัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลาย สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีร่วมกับความรู้และทักษะที่ตนเองมีในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งนวัตกรรมที่ประโยชน์ต่อคนหมู่มาก 3) ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีประสบการณ์ในการสร้างนวัตกรรมจากการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูรับรู้ถึงประโยชน์ของการสร้างนวัตกรรมอันเป็นประโยชน์ต่อคนหมู่มากและสามารถใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้จริงผ่านประสบการณ์จริง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย	แนวคิดการพัฒนา
	<p>ในรายวิชาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ตามลำดับ ส่วนการพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็มเป็นเจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด (SURVEY)</p> <p>4) นิสิตนักศึกษาครูกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำมีเจตคติเรื่องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนสามารถสร้างนวัตกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้ การพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการสะเต็ม และการพยายามใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับปานกลาง (SURVEY)</p>	<p>4) ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มหลากหลายวิธีในบริบทที่แตกต่างกันได้ เพื่อให้ นิสิตนักศึกษาครูเห็นประโยชน์และเกิดความต้องการที่จะจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างหลากหลาย</p>
<p>การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร</p>	<p>1) หลักสูตรทุกหลักสูตรมีศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์สูงที่สุด รองลงมาคือ การส่งเสริมความรู้ และทักษะสะเต็ม ลำดับต่อมาคือ การสนับสนุนห้องเรียนห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ และการสนับสนุนเทคโนโลยี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ส่วนด้านที่มีน้อยที่สุดคือด้านการบริหารหลักสูตร (SURVEY)</p> <p>2) สาขาวิชาที่อื่น ๆ ที่ไม่ใช่สาขาวิทยาศาสตร์ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการสอนสะเต็มเท่าที่ควร มีการส่งเสริมสะเต็มที่ไม่เพียงพอ ทำให้ครูหรือนิสิตนักศึกษาครูจากสาขานั้น ๆ มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม (INTERVIEW)</p> <p>3) หลักสูตรวิทยาศาสตร์มีการส่งเสริมสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือหลักสูตรคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี (SURVEY)</p> <p>4) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อมในด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ และด้านการสนับสนุนเทคโนโลยีมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมในด้านดังกล่าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY)</p> <p>5) นิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อม ก็ต่อเมื่อได้รับการให้</p>	<p>1) หลักสูตรต่าง ๆ ที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องกับคณาจารย์และนิสิตนักศึกษาครูสาขาของตนว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มไม่ได้จำกัดเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ และควรผลักดันให้คณาจารย์แต่ละสาขานำแนวคิดสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อเป็นแบบอย่างที่ดีแก่นิสิตนักศึกษาครู อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์จริงเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>2) หลักสูตรต่าง ๆ ควรมีนโยบายในการบริหารหลักสูตรเกี่ยวกับการส่งเสริมสะเต็มที่ชัดเจน โดยมีการมอบหมายให้คณาจารย์จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม กำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และมีการกำกับติดตาม และประเมินผล การจัดการเรียนการสอนสะเต็มของคณาจารย์อย่างต่อเนื่อง</p> <p>3) หลักสูตรต่าง ๆ ควรมีการพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการของตนเองให้สามารถใช้ในการเรียนการสอนหรือจัดกิจกรรมสะเต็มได้อย่างสะดวก และควรจัดสรรหรือเตรียมพร้อมวัสดุ อุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ ให้มีความทันสมัยเพียงพอ และเอื้อต่อการออกแบบสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาครู</p>

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม	ผลการวิจัย	แนวคิดการพัฒนา
	<p>คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อม (SURVEY)</p> <p>6) ไม่มีนิสิตนักศึกษาครูเทคโนโลยีที่ได้รับการส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็มจากหลักสูตรที่พร้อม (SURVEY)</p> <p>7) บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยงไม่แตกต่างกันตามหมวดวิชาที่นัยสำคัญทางสถิติ (SURVEY)</p>	<p>4) หลักสูตรต่าง ๆ ควรพัฒนาอาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ความสามารถเพียงพอในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างถูกต้องเหมาะสม</p>
<p>บทบาทการให้คำปรึกษาของครูที่เลี้ยง</p>	<p>1) ในภาพรวมครูที่เลี้ยงทุกหมวดมีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มสูงสุด รองลงมาคือ กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนสะเต็มได้ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม รองลงมาคือมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม และสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ (SURVEY)</p> <p>2) ครูที่เลี้ยงจากหมวดวิทยาศาสตร์เป็นหมวดที่มีบทบาทการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูสูงสุด รองลงมาคือ ครูที่เลี้ยงจากหมวดเทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ (SURVEY)</p>	<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพระดับครูควรส่งเสริมพัฒนาให้ครูที่เลี้ยงและครูในโรงเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มและการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม โดยการจัดกิจกรรมสร้างร่วมมือกับหลักสูตรหรือองค์กรภายนอกในการพัฒนาขีดความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มและความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มแก่ครูที่เลี้ยงและครูในโรงเรียนให้สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มและให้คำแนะนำแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม</p> <p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพระดับครูควรส่งเสริมพัฒนาให้ครูที่เลี้ยงและครูในโรงเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัยหรือจัดอบรมความรู้ทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้แก่ครูที่เลี้ยงและครูในโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ครูในโรงเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่หลากหลายและทันสมัยและสามารถนำความรู้นั้นมาแนะนำให้แก่นิสิตนักศึกษาครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างเหมาะสม</p>

หมายเหตุ : ตัวอักษรในวงเล็บ คือ ที่มาของผลการวิจัย (SURVEY = การวิเคราะห์สภาพตัวแปรต่าง ๆ ด้วยสถิติบรรยายและสถิติอ้างอิง; INTERVIEW = การสัมภาษณ์)

3.2. แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่สร้างขึ้นในการวิจัยนี้เป็นแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่ได้จากการนำแนวคิดในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มที่สังเคราะห์ได้จากผลการวิจัยในระยะที่ 2 มาใช้เป็นแนวคิดหลักในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูให้มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการกำหนดแนวทางปฏิบัติ

ตามแต่ละแนวคิดจากการให้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็มร่วมแสดงความคิดเห็น และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นมีทั้งหมด 7 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู คือ 1) การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม 2) การพัฒนาทักษะการคิด 3) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู 4) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ 5) การพัฒนาเจตคติต่อสะเต็ม 6) การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และ 7) บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง โดยแต่ละส่วนมีแนวทางปฏิบัติของหลักสูตร และ/หรือโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในการพัฒนาการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ดังนี้

1) การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
หลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องจึงควรปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมครูสะเต็มโดยควรเน้นการพัฒนาความรู้ และทักษะทางเทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (1) และควรมีการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้องทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (2) โดยอาจพิจารณาเพิ่มรายวิชาหรือผลักดันให้มีการบูรณาการความรู้และทักษะวิศวกรรมในรายวิชาต่าง ๆ เป็นพิเศษ (3)	<p>1) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม โดยเป็นวิชาที่เน้นการสร้างความเข้าใจแนวคิดสะเต็ม และวิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและลึกซึ้ง ซึ่งมีไม่เพียงการสอนให้นิสิตนักศึกษาครูรู้จักสะเต็มแต่เพียงเท่านั้น (2)</p> <p>2) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาการพัฒนานวัตกรรมหรือรายวิชาเกี่ยวกับความรู้ทางวิศวกรรม โดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้เชิงวิศวกรรมที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ (3)</p> <p>3) หลักสูตรควรมอบหมายให้แต่ละรายวิชาจัดการเรียนการสอนสะเต็มโดยเน้นการบูรณาการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาของนิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ กับศาสตร์การสอนที่ประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขา (2)</p> <p>4) หลักสูตรควรมอบหมายให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันโดยบูรณาการเนื้อหาทักษะวิชาของตนกับความรู้เนื้อหาทักษะจากวิชาอื่น ๆ (2)</p> <p>5) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์แต่ละรายวิชานำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาของตนเอง (1)</p> <p>6) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรวางแผนการจัดการเรียนการสอนร่วมกันเพื่อส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถสร้างนวัตกรรมจากการบูรณาการความรู้จากวิชาต่าง ๆ ที่ถูกต้อง (2)</p> <p>7) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรสอดแทรกการคิดเชิงวิศวกรรม การออกแบบ การคิดอย่างเป็นระบบ การบริหารจัดการ การวางแผน การทำงานเป็นทีม และการคิดสร้างสรรค์ให้แก่นิสิตนักศึกษาครูในกระบวนการสร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนสะเต็ม (3)</p> <p>8) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรเปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูร่วมเสนอและวิพากษ์เทคโนโลยีที่ควรนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชานั้น ๆ โดยมุ่งเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการใช้</p>

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
	เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนที่มากขึ้น และสามารถเชื่อมโยงเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนแต่ละเนื้อหารายวิชาได้อย่างเหมาะสม (1) 9) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนสะเต็มโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูนำความรู้ทางวิศวกรรมมาใช้สร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมตามเนื้อหาวิชาตามสาขาของตน (3)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

2) การพัฒนาทักษะการคิด

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) พัฒนาทักษะการคิดผ่านการรู้เทคโนโลยี เพิ่มขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพิ่มพูนความรู้ และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรม</p> <p>2) พัฒนาทักษะการคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการบริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนตามบริบทของห้องเรียนต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายได้อย่างเหมาะสม</p> <p>3) สร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้หรือสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีในโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างครูในโรงเรียน ครูพี่เลี้ยง และนิสิตนักศึกษาครู</p>	<p>1) หลักสูตรควรส่งเสริมให้รายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรมีการบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีการสอดแทรกความรู้ในการใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ พร้อมทั้งแนะนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ใหม่ ๆ ให้แก่นิสิตนักศึกษาครู (1)</p> <p>2) หลักสูตรควรมอบหมายให้อาจารย์วิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขา เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาต่าง ๆ หรือสถานการณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ในการจัดการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน (2)</p> <p>3) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่หลากหลายและทันสมัยในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนแต่ละรายวิชา (1)</p> <p>4) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูเชื่อมโยงความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่ตนเองมีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน และการสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในการทำงานครูหรือแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน ไม่ควรสอนแค่ความรู้ในแต่ละรายวิชาเท่านั้น (2)</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมอบหมายให้ครูในโรงเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนิสิตนักศึกษาครูในการบูรณาการความรู้ในวิชาชีพครูต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน (2,3)</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรผลักดันให้ครูในโรงเรียน ครูพี่เลี้ยง และนิสิตนักศึกษาครูร่วมกันออกแบบแนวทางการจัดการเรียนการสอนร่วมกัน โดยครูในโรงเรียนและครูพี่เลี้ยงต้องเปิดใจและรับฟังความคิดเห็น พร้อมทั้งให้คำแนะนำและสนับสนุนความคิดของนิสิตนักศึกษาครู (3)</p> <p>7) ครูพี่เลี้ยงควรกระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูกิจการด้านปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน และแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ไขปัญหาโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่ครูและนิสิตนักศึกษาครูแต่ละคนมี มาใช้คิดแนวทางในการบริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนให้เหมาะสมกับแต่ละบริบท (2,3)</p>

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

3) การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีนโยบายที่ชัดเจนในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม โดยผู้บริหารโรงเรียนควรมีการกำหนดแนวทางหรือมอบหมายให้ครูมีการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างจริงจังและต่อเนื่อง รวมทั้งจัดสรรหรือเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ในโรงเรียนให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม ทั้งด้านการบริหารจัดการ วิชาการ บุคลากรงบประมาณ สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีอย่างครบถ้วน</p> <p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการให้มีความทันสมัย เอื้อต่อการให้ครู นิสิตนักศึกษาครูและนักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมจากการจัดการเรียนการสอนหรือการจัดกิจกรรมเพิ่มเติมได้โดยสะดวก</p> <p>3) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการพัฒนาเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัย หลากหลาย และเพียงพอต่อการใช้งานของครู นิสิตนักศึกษาครูและนักเรียนในการใช้ค้นหาความรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม</p> <p>4) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรพัฒนาครูที่ เลี้ยงในโรงเรียนให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อให้ครูที่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเพียงพอในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างมีถูกต้องเหมาะสม</p>	<p>1) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรกำหนดนโยบายการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนให้ครูและนิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดเพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอน โดยมอบหมายครูทุกหมวดวิชามีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม มิใช่เป็นความรับผิดชอบของครูวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว (1)</p> <p>2) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรตระหนักเห็นคุณค่าและให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน นำเพิ่มเติมมาเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการจัดการเรียนการสอนของครูและนิสิตนักศึกษาครูในโรงเรียน เป็นคุณลักษณะ ทักษะ หรือตัวบ่งชี้ที่มุ่งให้เกิดกับนักเรียน (1)</p> <p>3) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีนโยบายสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมในด้านงบประมาณ โดยมีการวางแผนโครงการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมประจำปี เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาตั้งงบประมาณสนับสนุนทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ บุคลากร รวมทั้งเทคโนโลยี (1)</p> <p>4) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรจัดอบรมพัฒนาครูที่เลี้ยงในโรงเรียนให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อให้ครูที่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเพียงพอในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างมีถูกต้องเหมาะสม (4)</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของครู รวมทั้งประเมินผลที่เกิดกับนักเรียนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง (1)</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการจัดประกวดผลงานของนักเรียน ครู และนิสิตนักศึกษาครู หรือประกวดนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อเป็นการสร้างแรงบันดาลใจและกำลังใจให้แก่ นักเรียน ครู และนิสิตนักศึกษาครูในโรงเรียน (1)</p> <p>7) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการสำรวจความต้องการของครูและนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อจัดสรรงบประมาณได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ (1,2)</p> <p>8) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรศึกษาดูงานจากโรงเรียนต้นแบบเพิ่มเติมแล้วนำมาปรับปรุงห้องเรียน ห้องปฏิบัติการให้มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม (2)</p> <p>9) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรจัดห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้มีพื้นที่ในการทำกิจกรรมในการออกแบบนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่แออัดเกินไป โดยอาจมีโต๊ะที่สามารถเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงลักษณะการนั่งทำงานของนักเรียนได้สะดวก มีกระดานให้นักเรียนสามารถหาคำคิดต่าง ๆ ได้ รวมทั้งควรมีวัสดุ อุปกรณ์พื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ได้ (2)</p> <p>10) ฝ่ายวิชาการของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการจัดตารางเรียนวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้มีช่วงเวลาที่เหมาะสมอย่างน้อย 2</p>

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
	<p>คาบเรียนติดต่อกัน และกำหนดให้เป็นช่วงเวลาเช้าหรือบ่ายที่มีใช้คาบเรียนสุดท้ายของวัน (1)</p> <p>11) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูทรวจัดสรรเทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนการสอนเพิ่มเติม โดยอย่างน้อยควรมีอินเทอร์เน็ตไร้สายและคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถหาความรู้เพิ่มเติมนอกชั้นเรียนได้ (3)</p> <p>12) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูทรวจัดสรรบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีคอยให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้เทคโนโลยีให้กับครู นิสิตนักศึกษาครู และนักเรียนในโรงเรียน (1,3)</p> <p>13) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูทรวให้การสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครู โดยสอบถามความต้องการของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องการใช้ในการจัดการเรียนการสอน และจัดหาให้นิสิตนักศึกษาครู หรืออนุญาตให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์ของโรงเรียนได้อย่างอิสระ โดยมีครูที่เลี้ยงหรือครูในโรงเรียนคอยให้คำแนะนำ (1)</p> <p>14) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูทรวสร้างความร่วมมือกับหลักสูตรผลิตครู ในการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนนิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม การจัดสรรวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู รวมทั้งการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในโรงเรียน (1,2,3,4)</p>

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

4) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) หลักสูตรควรพัฒนาให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้อง และสนับสนุนให้อาจารย์นิเทศก์ใช้เพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ที่ถูกต้องและมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม อันจะส่งผลให้อาจารย์นิเทศก์สามารถแนะนำ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูเพิ่มเติมได้อย่างมีถูกต้องและเหมาะสม</p> <p>2) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลายทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม และเทคโนโลยีที่ใช้ในการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครู เพื่อให้อาจารย์นิเทศก์สามารถให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครูได้ต่อเนื่องสม่ำเสมอ</p>	<p>1) หลักสูตรควรจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมมาให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม และความรู้เกี่ยวกับเพิ่มเติมที่ถูกต้อง อย่างต่อเนื่อง (1)</p> <p>2) หลักสูตรควรมีการประเมินความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของอาจารย์ก่อนและหลังการอบรมในแต่ละครั้งเพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถและพัฒนาการเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของอาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์ (1)</p> <p>3) หลักสูตรควรมอบหมายให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม (1)</p> <p>4) หลักสูตรควรนำการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมไปเป็นส่วนหนึ่งในเกณฑ์การประเมินการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์ และควรมีการกำกับติดตามผลการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่อง (1,3)</p> <p>5) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์ถอดบทเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อนำผลการปฏิบัติงานดังกล่าวมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของตนเองให้ดียิ่งขึ้น (1)</p>

<p>3) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์เรียนรู้และแสวงหาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อนำมาแนะนำให้นิสิต นักศึกษาครูประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้</p>	<p>6) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์ทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม หรือผลิตนวัตกรรมตามแนวคิดเพิ่มเติม (3)</p> <p>7) หลักสูตรควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมหรือเทคโนโลยี/นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการปฏิบัติการวิชาชีพครูให้แก่คณาจารย์ (2)</p> <p>8) หลักสูตรควรผลักดันให้คณาจารย์นำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาปรับใช้กับการจัดการเรียนการสอนของตน รวมทั้งนำไปแนะนำให้กับนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลของตนได้รู้จักและเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของตนเองได้ (2)</p> <p>9) หลักสูตรควรประเมินความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของอาจารย์นิเทศก์ เพื่อคัดเลือกอาจารย์นิเทศก์ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมไปให้คำปรึกษาแก่นิสิต นักศึกษาครูเพิ่มเติม (1)</p> <p>10) หลักสูตรควรจัดสรรและมอบหมายให้อาจารย์นิเทศก์ใช้เทคโนโลยีในการกำกับ ติดตาม ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูอย่างเป็นปัจจุบัน (real time) (2)</p> <p>11) หลักสูตรควรจัดสรรบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีคอยช่วยแนะนำและให้ความช่วยเหลือคณาจารย์ในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมและการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม (2)</p>
--	--

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

5) การพัฒนาเจตคติต่อเพิ่มเติม

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) สร้างความรู้ความเข้าใจ และความตระหนักให้นิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ เข้าใจว่าการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ได้เป็นวิธีจัดการเรียนการสอนเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น</p> <p>2) พัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลาย สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีร่วมกับความรู้และทักษะที่ตนเองมีในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่มีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งนวัตกรรมที่ประโยชน์ต่อคนหมู่มาก</p> <p>3) ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีประสบการณ์ในการสร้างนวัตกรรมจากการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้นิสิต</p>	<p>1) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาเกี่ยวกับเพิ่มเติมหรือมอบหมายให้อาจารย์สาขาต่าง ๆ หรือรายวิชาต่าง ๆ ที่นอกเหนือจากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ จัดการเรียนการสอนโดยบูรณาการแนวคิดเพิ่มเติมในรายวิชาของตน โดยมุ่งสร้างความรู้ความเข้าใจกับนิสิตนักศึกษาครูว่าเพิ่มเติมเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถใช้ประยุกต์ใช้ได้กับทุกรายวิชาไม่จำกัดเพียงรายวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น (1)</p> <p>2) หลักสูตรควรจัดกิจกรรมประกวดนวัตกรรมจากการบูรณาการเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครู โดยมีการมอบหมายโจทย์ในการสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนหรือสังคม เช่น การพัฒนาสื่อการจัดการเรียนการสอนที่ทันสมัย ใช้งานได้จริง และมีคุณภาพโดยใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น, การพัฒนานวัตกรรม การให้ข้อมูลป้อนกลับแบบเป็นปัจจุบัน (real time) แก่นักเรียนโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเข้าถึงได้ง่าย (2,3)</p> <p>3) หลักสูตรควรส่งเสริมให้รายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรมีการบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีการสอดแทรกความรู้ในการใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ พร้อมทั้งแนะนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ใหม่ ๆ แก่นิสิตนักศึกษาครู (2)</p>

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>นักศึกษาครูรับรู้ถึงประโยชน์ของการสร้างนวัตกรรมอันเป็นประโยชน์ต่อคนหมู่มากและสามารถใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้จริงผ่านประสบการณ์จริง</p> <p>4) ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมหลากหลายวิธีในบริบทที่แตกต่างกันได้ เพื่อให้นิสิตนักศึกษาครูเห็นประโยชน์และเกิดความต้องการที่จะจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้อย่างหลากหลาย</p>	<p>4) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาต้องจัดการเรียนการสอนรายวิชาของตนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติมเพื่อเป็นแบบอย่างและสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู (1)</p> <p>5) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรมอบหมายให้นิสิตนักศึกษาครูใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่หลากหลายและทันสมัยในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนแต่ละรายวิชาตามความสนใจของนิสิตนักศึกษาครูโดยอิสระ แต่ควรมีประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนหรือประโยชน์ต่อคนหมู่มาก (2)</p> <p>6) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรสืบค้นและหาความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนและคนหมู่มากที่มีความเกี่ยวข้องกับรายวิชาของตน มากเป็นตัวอย่างเป็นให้นิสิตนักศึกษาครูได้เห็นประโยชน์ของนวัตกรรมต่าง ๆ พร้อมทั้งอธิบายความรู้ที่นำมาใช้สร้างนวัตกรรมขึ้นนั้น ๆ ตามแนวคิดเพิ่มเติม (3)</p> <p>7) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรเปิดโอกาสให้นิสิตได้มีส่วนร่วมในการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติมในรายวิชานั้น ๆ ซึ่งอาจจัดกลุ่มนิสิตนักศึกษาครูจากหลายสาขาวิชาได้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมตามเนื้อหาต่าง ๆ ร่วมกัน แล้วให้นิสิตนักศึกษาครูแต่ละกลุ่มนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมตามแต่ละเนื้อหามาแลกเปลี่ยนข้อดี ข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่นิสิตนักศึกษาครูแต่ละกลุ่มได้ออกแบบขึ้น (4)</p> <p>8) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรนำวิธีการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ออกแบบร่วมกับนิสิตนักศึกษาครูมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชานั้น ๆ พร้อมทั้งให้นิสิตนักศึกษาครูสังเกตและศึกษาผลที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนวิธีดังกล่าว ให้นิสิตนักศึกษาครูได้เรียนรู้การออกแบบการเรียนการสอน และการปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอนในแต่ละบริบทจากสถานการณ์จริง (4)</p>

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

6) การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) หลักสูตรต่าง ๆ ที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องกับคณาจารย์และนิสิตนักศึกษาครูสาขาของตนว่าการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมไม่ได้จำกัดเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ และควรผลักดันให้คณาจารย์แต่ละสาขานำแนวคิดเพิ่มเติมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นแบบอย่างที่ดีแก่นิสิตนักศึกษาครู อีกทั้งเป็นการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้รับประสบการณ์จริงเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม</p> <p>2) หลักสูตรต่าง ๆ ควรมีนโยบายในการบริหารหลักสูตรเกี่ยวกับการส่งเสริม</p>	<p>1) หลักสูตรควรมีการอบรมให้ความรู้แก่คณาจารย์ทุกสาขาวิชาเกี่ยวกับแนวคิดเพิ่มเติมและการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดเพิ่มเติมและการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่คณาจารย์ทุกสาขา ไม่เฉพาะอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์เท่านั้น (1,4)</p> <p>2) หลักสูตรควรกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม โดยมอบหมายให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยประยุกต์ใช้แนวคิดเพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง (1,2)</p> <p>3) หลักสูตรควรมีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติมของคณาจารย์อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง พร้อมทั้งนำผลการประเมินมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงหลักสูตรและข้อมูลให้คณาจารย์ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม (1,2)</p>

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>เต็มที่ชัดเจน โดยมีการมอบหมายให้คณาจารย์จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และมีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของคณาจารย์อย่างต่อเนื่อง</p> <p>3) หลักสูตรต่าง ๆ ควรมีการพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการของตนเองให้สามารถใช้ในการเรียนการสอนหรือจัดกิจกรรมสะเต็มได้อย่างสะดวก และควรจัดสรรหรือเตรียมพร้อมวัสดุ อุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ ให้มีความทันสมัยเพียงพอ และเอื้อต่อการออกแบบสร้างนวัตกรรมของนิสิตนักศึกษาครู</p> <p>4) หลักสูตรต่าง ๆ ควรพัฒนาอาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้ความสามารถเพียงพอในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างถูกต้องเหมาะสม</p>	<p>4) หลักสูตรควรมอบหมายให้คณาจารย์ประจำวิชาต่าง ๆ เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูมีส่วนร่วมในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม โดยอาจารย์ประจำวิชาควรรับฟังความคิดเห็นของนิสิตนักศึกษาครู แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และนำเอาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ออกแบบร่วมกันมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริงในรายวิชานั้น ๆ (1)</p> <p>5) หลักสูตรควรนำความรู้ ความสามารถ และสมรรถนะในการสอนสะเต็มมาเป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการผลิตครู ให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มสามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ก่อนสำเร็จการศึกษา (2)</p> <p>6) หลักสูตรควรมีการประเมินความรู้ ความสามารถ และสมรรถนะในการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลมาใช้วางแผนปรับปรุงและพัฒนาความรู้ ทักษะ และสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูให้มีมาตรฐาน (2)</p> <p>7) หลักสูตรควรพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็มหรือการสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครู โดยห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการควรมีพื้นที่ในการทำกิจกรรมในการออกแบบนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่แออัดเกินไป อาจมีโต๊ะที่สามารถเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลงลักษณะการนั่งทำงานของนักเรียนได้สะดวก มีกระดานให้นักเรียนสามารถทดความคิดต่าง ๆ ได้ รวมทั้งควรมีวัสดุ อุปกรณ์พื้นฐานที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ได้ และควรมีเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการหาความรู้เพิ่มเติม ออกแบบนวัตกรรม หรือผลิตนวัตกรรมให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู (3)</p> <p>8) หลักสูตรควรจัดสรรบุคลากรหรือหน่วยงานที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเทคโนโลยีคอยให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และแนะนำการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนและในการสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมจากการบูรณาการสะเต็ม รวมทั้งคอยแนะนำและนำเสนอเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อนิสิตนักศึกษาครูและคณาจารย์ประจำหลักสูตรให้มีความรู้เท่าทันเทคโนโลยี รู้จักและสามารถใช้เทคโนโลยีที่เป็นปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (3)</p>

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

7) บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรส่งเสริมพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงและครูในโรงเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มและการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม โดยการจัดกิจกรรมสร้างความร่วมมือกับหลักสูตรหรือองค์กรภายนอกในการพัฒนาขีด</p>	<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ครูในโรงเรียนและครูพี่เลี้ยงโดยเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนสะเต็มจากองค์กรภายนอกหรือจากหลักสูตรผลิตครูมาให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม การจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ครูอย่างต่อเนื่อง (1)</p>

แนวคิด	แนวทางปฏิบัติ
<p>ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมและความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเพิ่มเติมแก่ครูพี่เลี้ยงและครูในโรงเรียนให้สามารถจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมและให้คำแนะนำแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม</p> <p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงและครูในโรงเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัยหรือจัดอบรมความรู้ทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้แก่ครูพี่เลี้ยงและครูในโรงเรียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ครูในโรงเรียนมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ หลากหลายและทันสมัยและสามารถนำความรู้นั้นมาแนะนำแก่นิสิตนักศึกษาครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้อย่างเหมาะสม</p>	<p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมให้ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้เหมาะสมกับรายวิชาของตนเอง ที่มีใช้แก่การอบรมกิจกรรมที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมเพิ่มเติมเท่านั้น (1)</p> <p>3) หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีข้อตกลงร่วมกันในการมอบหมาย กำกับติดตาม ให้ครูพี่เลี้ยงส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม (1)</p> <p>4) หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมให้ครูพี่เลี้ยงทำวิจัยร่วมกับนิสิตนักศึกษาครูในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมให้อาจารย์และนิสิตนักศึกษาครูเกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และเกิดความร่วมมือร่วมพลังในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม (1)</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรจัดอบรมให้ครูมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ โดยเชิญวิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีภายนอกมาให้ความรู้แก่ครูในโรงเรียน หรือมอบหมายให้ครูหรือบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ให้แก่ครูในโรงเรียน ให้ครูในโรงเรียนมีการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ (2)</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการจัดสรรและปรับปรุงเทคโนโลยีของโรงเรียนให้มีความทันสมัยและพร้อมใช้งานอยู่เสมอ (2)</p> <p>7) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรศึกษาดูงานจากโรงเรียนที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหรือระดมความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัยและตอบรับการใช้งานของครูในโรงเรียนได้อย่างเหมาะสม แต่ควรคำนึงถึงความเหมาะสมและความจำเป็นของเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ในโรงเรียน เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่โรงเรียน (2)</p>

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บ คือ หมายเลขแนวคิดที่มาของแนวทางปฏิบัติ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม: การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม” มีวัตถุประสงค์ 4 ข้อ คือ 1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม 3) เพื่อวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 4) เพื่อพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม มี การดำเนินการวิจัย 3 ระยะ คือ 1) การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) การศึกษาสภาพ และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม และ 3) การพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

ระยะที่ 1 เป็นการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถใช้วัดการรับรู้เกี่ยวกับความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครูตามกรอบ TPACK-STEM ในระยะนี้ผู้วิจัยจะนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนิสิตนักศึกษาครู แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 3 ด้าน คือ 1) ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยใช้การวิพากษ์เครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญและทรงคุณวุฒิด้านการวิจัย จำนวน 5 ท่าน และการประเมินความถูกต้องสอดคล้องของเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดประเมิน ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้าน TPACK จำนวน 3 ท่าน จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณค่า IOC 2) ความเที่ยงแบบสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) โดยนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูตามกรอบ TPACK-STEM ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 310 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ด้วยโปรแกรม R package MBESS และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 22 และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์โอเมกา (Omega coefficient) ด้วยโปรแกรม R package MBESS 3) ความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ซึ่งมีทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิติ (unidimensional confirmatory factor analysis: unidimensional CFA) และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ (multidimensional

confirmatory factor analysis: multidimensional CFA) โดยใช้โปรแกรม Mplus เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลเชิงประจักษ์กับทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ

ระยะที่ 2 เป็นการศึกษาในระดับสมรรถนะครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู สภาพการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ พหุระดับของสมรรถนะครูที่มีลักษณะเป็นโมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ที่มีการศึกษาตัวแปรปัจจัยที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูเพิ่มเติมในสองระดับ ซึ่งมีระดับที่หนึ่งคือนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 ประกอบด้วยตัวแปรผล คือ สมรรถนะครูเพิ่มเติม ตัวแปรเหตุ คือ เจตคติต่อเพิ่มเติม และทักษะการคิด ส่วนระดับที่สองคือ หลักสูตร และโรงเรียน ซึ่งระดับหลักสูตรประกอบด้วยตัวแปรเหตุ 2 ตัวแปรคือ การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ระดับโรงเรียนประกอบด้วยตัวแปรเหตุ 2 ตัวแปรเช่นกัน คือ การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

ในการวิเคราะห์โมเดลเชิงพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มในระยะที่ 2 มีการเก็บรวบรวมข้อมูลกับตัวอย่างวิจัยสองระดับที่มีข้อมูลซ้อนกัน (nested) คือระดับที่หนึ่งเก็บข้อมูลจากนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีจำนวน 537 คน ด้วยแบบสอบถามสมรรถนะครูเพิ่มเติมที่มีการเก็บข้อมูลตัวแปร สมรรถนะครูเพิ่มเติม เจตคติต่อเพิ่มเติม และทักษะการคิด

ส่วนระดับที่สองเก็บข้อมูลหลักสูตรจากอาจารย์นิเทศก์แต่ละสาขาของนิสิตนักศึกษาครูในระดับที่หนึ่ง ด้วยแบบสอบถามการนิเทศก์ครูเพิ่มเติมของอาจารย์นิเทศก์ที่มีการเก็บข้อมูลตัวแปร การส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ แล้วนำข้อมูลที่ได้มารวมค่า (aggregated data) เป็น 77 หลักสูตร จาก 37 มหาวิทยาลัยทั่วประเทศ และเก็บข้อมูลโรงเรียนจากครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาครูในระดับที่หนึ่ง ด้วยแบบสอบถามการนิเทศก์ครูเพิ่มเติมของครูพี่เลี้ยงที่มีการเก็บข้อมูลตัวแปรการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน และบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์ครูพี่เลี้ยง แล้วนำข้อมูลที่ได้มารวมค่า (aggregated data) เป็น 205 หมวดวิชา จาก 124 โรงเรียนทั่วประเทศ

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สภาพระดับสมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการเตรียมความพร้อมจากสถาบันผลิตครู วิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสถิติบรรยาย สถิติ t-test และ ANOVA ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 22 และวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ พหุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติม โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ด้วยโปรแกรม Mplus

ระยะที่ 3 เป็นการพัฒนาแนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ในระยะนี้ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการศึกษาระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม การสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 และข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม จำนวน 30 ท่าน มาใช้ในการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม สรุปได้ว่า เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นตามโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มแบบพหุมิติมี 3 องค์ประกอบหลัก คือ T-STEM, P-STEM และ C-STEM และมี 18 องค์ประกอบย่อย คือ TP-ST, TP-SE, TP-SM, TP-TE, TP-TM, TP-EM, PC-ST, PC-SE, PC-SM, PC-TE, PC-TM, PC-EM TC-ST, TC-SE, TC-SM, TC-TE, TC-TM และ TC-EM มีคุณภาพทั้งความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง รวมทั้งมีค่าความเที่ยงและอำนาจจำแนกสูง โดยมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1 มีค่า Cronbach's alpha และ Omega แต่ละด้านระหว่าง .938 - .953 และ .939 - .954 ตามลำดับ มีค่า Corrected Item-Total Correlation อยู่ระหว่าง .658 - .817 และโมเดลการวัดสมรรถนะครูสะเต็มมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ($\chi^2(93, N=310) = 97.950, p = .343, CFI = .999, TLI = .998, SRMR = .019, RMSEA = .013$) ดังนั้น เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นจึงมีคุณภาพสามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2. ผลการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะครูสะเต็ม สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และการสนับสนุนจากหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ สรุปได้ว่า

2.1. สมรรถนะครูสะเต็ม ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาที่มีสมรรถนะครูสะเต็มในระดับปานกลาง และเมื่อนำค่าเฉลี่ยสมรรถนะครูสะเต็มมาแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะเต็ม 3.90 คะแนน พบว่านิสิตนักศึกษาครูส่วนมากอยู่ในกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะเต็มต่ำร้อยละ 71.69 เมื่อพิจารณาแยกรายด้านตาม TPACK พบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชาที่มี P-STEM และ C-STEM อยู่ในระดับมาก แต่มี T-STEM อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อพิจารณาความรู้และทักษะเกี่ยวกับสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูพบว่า นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก แต่มีความรู้และทักษะทางเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับปานกลาง

2.2. ทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็ม นิสิตนักศึกษาครูส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็มต่ำ แต่ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาครูทุกสาขาวิชามีทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็มในระดับมาก โดยนิสิตนักศึกษาครูมีทักษะการคิดรายข้ออยู่ในระดับมากทุกข้อ โดยทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้ รองลงมาคือ สามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ส่วนการคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้องเป็นทักษะการคิดที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด

นิสิตนักศึกษาครูมีเจตคติต่อสะเต็มทุกข้ออยู่ในระดับมาก โดยเจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีมากที่สุดคือ รู้สึกว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้ได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ และต้องการให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รองลงมาคือ คิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียน และต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในรายวิชาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ตามลำดับ ส่วนการพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนของท่านโดยใช้การบูรณาการสะเต็มเป็นเจตคติที่นิสิตนักศึกษาครูมีต่ำที่สุด

2.3. การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร หลักสูตรส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็ม แต่ในภาพรวมหลักสูตรทุกหลักสูตรมีการส่งเสริมสะเต็มอยู่ในระดับมาก และมีการส่งเสริมสะเต็มทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยมีด้านศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์สูงที่สุด รองลงมาคือ การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม ลำดับต่อมาคือ การสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุและอุปกรณ์ และการสนับสนุนเทคโนโลยี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ส่วนด้านที่มีน้อยที่สุดคือด้านการบริหารหลักสูตร

2.4. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ อาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครู แต่ในภาพรวมอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูในระดับมาก เมื่อพิจารณารายละเอียดการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า อาจารย์นิเทศก์มีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มมากที่สุด รองลงมาคือ สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและเหมาะสมได้ ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

ให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ รองลงมาคือสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้

2.5. การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติม แต่ในภาพรวมโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต่าง ๆ มีการสนับสนุนเพิ่มเติมอยู่ในระดับมาก และมีการสนับสนุนเพิ่มเติมทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยมีด้านการสนับสนุนของผู้บริหารสูงสุด รองลงมาคือมีศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม และการสนับสนุนเทคโนโลยี ตามลำดับ ส่วนด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด

2.6. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ครูพี่เลี้ยงของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครู ในภาพรวมครูพี่เลี้ยงทุกหมวดวิชา มีบทบาทการให้คำปรึกษาเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครูอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายละเอียดของการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่า ครูพี่เลี้ยงมีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติมสูงสุด รองลงมาคือ กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

3. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลเชิงสาเหตุ ระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูเพิ่มเติม สรุปได้ว่า โมเดลเชิงสาเหตุระดับของสมรรถนะครูเพิ่มเติมมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($PPP=.446$, $df = 33$) โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับนิสิตนักศึกษาครูมี 2 ตัวแปรคือ ทักษะการคิด ($B=0.486$) และเจตคติต่อเพิ่มเติม ($B=0.268$) ระดับโรงเรียน คือ การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียน ($B=0.319$) ระดับหลักสูตรคือ บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ ($B=0.308$) นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวแปรการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูเพิ่มเติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่งผ่านตัวแปร ทักษะการคิด ($B=0.128$) และพบว่า การสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนมีอิทธิพลทางตรงต่อทักษะการคิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($B=0.265$)

4. ผลการพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติมจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ ระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูเพิ่มเติม สรุปได้ว่า แนวทางการเตรียมความพร้อมครูเพิ่มเติมให้มีสมรรถนะครูเพิ่มเติมที่ดี หลักสูตรผลิตครูและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต้องร่วมมือกันพัฒนา ส่งเสริม สนับสนุน บริหารจัดการและดำเนินการตามแนวคิดและแนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสมรรถนะครูเพิ่มเติม 7 ส่วน ดังนี้

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
1. การพัฒนา สมรรถนะครู สะเต็ม	<p>หลักสูตรและผู้เกี่ยวข้องควรปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการพัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะทางเทคโนโลยี และการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้องทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยอาจพิจารณาเพิ่มรายวิชาหรือฝึกด้นให้มีการบูรณาการความรู้และทักษะวิศวกรรมในรายวิชาต่าง ๆ เป็นพิเศษ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ที่เน้นการสร้างความเข้าใจแนวคิดสะเต็ม และวิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและลึกซึ้ง 2) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาการพัฒนานวัตกรรมหรือรายวิชาเกี่ยวกับความรู้ทางวิศวกรรม 3) หลักสูตรควรมอบหมายให้แต่ละรายวิชาจัดการเรียนการสอนสะเต็มโดยเน้นการบูรณาการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาของนิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ กับศาสตร์การสอนที่ประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มให้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา 4) หลักสูตรควรมอบหมายให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูสร้างนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน 5) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์แต่ละรายวิชานำเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน 6) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรวางแผนการจัดการเรียนการสอนร่วมกันเพื่อส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถสร้างนวัตกรรมจากการบูรณาการความรู้จากวิชาต่าง ๆ ที่ถูกต้อง 7) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรสอดแทรกทักษะและการคิดเชิงวิศวกรรม ให้แก่นิสิตนักศึกษาครูในกระบวนการสร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนสะเต็ม 8) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรเปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูร่วมเสนอและวิพากษ์เทคโนโลยีที่ควรนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชานั้น ๆ 9) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนสะเต็มโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูนำความรู้ทางวิศวกรรมมาใช้สร้างนวัตกรรมที่เหมาะสมตามเนื้อหาวิชาตามสาขาของตน
2. การพัฒนาทักษะ การคิด	<p>นิสิตนักศึกษาครูควรได้รับการพัฒนาทักษะการคิดผ่านการใช้เทคโนโลยี เพิ่มขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เพิ่มพูนความรู้และใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรม พัฒนาทักษะการคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในบริบทต่าง ๆ และการได้รับประสบการณ์จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชุมชนแห่งการเรียนรู้ของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพที่มีสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดี</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) รายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรควรมีการบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน มีการสอดแทรกความรู้ในการใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้ และแนะนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ใหม่ ๆ ให้แก่นิสิตนักศึกษาครู 2) อาจารย์วิชาต่าง ๆ ควรจัดการเรียนการสอนโดยให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของนิสิตนักศึกษาครูแต่ละสาขา เกี่ยวกับปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน 3) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่หลากหลายและทันสมัยในการออกแบบ/สร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนแต่ละรายวิชา

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
		<p>4) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นักศึกษาคูเชื่อมโยงความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่ตนเองมีมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน และการสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในการทำงานครู</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมอบหมายให้ครูในโรงเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนิสิตนักศึกษาคูในการบูรณาการความรู้ในวิชาชีพครูต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรผลักดันให้ครูในโรงเรียนครูพี่เลี้ยง และนิสิตนักศึกษาคูร่วมกันออกแบบแนวทางการจัดการเรียนการสอนร่วมกัน</p> <p>7) ครูพี่เลี้ยงควรกระตุ้นให้นักศึกษาคูคิดคาดการณ์ปัญหาและแลกเปลี่ยนวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอน</p>
<p>3. การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู</p>	<p>โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีนโยบายที่ชัดเจนในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ควรมอบหมายให้ครูมีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างจริงจังและต่อเนื่อง จัดสรรหรือเตรียมความพร้อมด้านต่าง ๆ ในโรงเรียนให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ทั้งด้านการบริหารจัดการวิชาการ บุคลากร งบประมาณ สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยีอย่างครบถ้วน โดยเน้นการพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ เทคโนโลยี ให้มีความทันสมัย เอื้อต่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมจากการจัดการเรียนการสอนหรือการจัดกิจกรรมสะเต็มได้โดยสะดวก และพัฒนาครูพี่เลี้ยงในโรงเรียนให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี</p>	<p>1) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรกำหนดนโยบายการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนให้ครูและนิสิตนักศึกษาคูทุกหมวดวิชาใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน</p> <p>2) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรตระหนักเห็นคุณค่าและให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจน นำสะเต็มมาเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานการจัดการเรียนการสอนของครูและนิสิตนักศึกษาคูในโรงเรียน เป็นคุณลักษณะ ทักษะ หรือตัวบ่งชี้ที่มุ่งให้เกิดกับผู้เรียน</p> <p>3) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในด้านงบประมาณ โดยมีการวางแผนโครงการจัดการเรียนการสอนสะเต็มประจำปี เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาตั้งงบประมาณสนับสนุนทั้งในด้านวัสดุ อุปกรณ์ สถานที่ บุคลากร และเทคโนโลยี</p> <p>4) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพควรจัดการอบรมพัฒนาครูพี่เลี้ยงในโรงเรียนให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของครู รวมทั้งประเมินผลที่เกิดกับผู้เรียนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการจัดประกวดผลงานของนักเรียน ครู และนิสิตนักศึกษาคู หรือประกวดนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p>

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
	 <p>จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY</p>	<p>7) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรมีการสำรวจความต้องการของครูและนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อจัดสรรงบประมาณได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้</p> <p>8) ผู้บริหารโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรรักษาคุณภาพจากโรงเรียนต้นแบบสะเต็มแล้วนำมาปรับปรุงห้องเรียนห้องปฏิบัติการให้มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>9) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรจัดห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีพื้นที่ในการทำกิจกรรมในการออกแบบนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ไม่แออัดเกินไป</p> <p>10) ฝ่ายวิชาการของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรมีการจัดตารางเรียนวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มีช่วงเวลาที่เหมาะสม</p> <p>11) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรจัดสรรเทคโนโลยีที่ช่วยให้นักเรียนสามารถหาความรู้เพิ่มเติมนอกชั้นเรียนได้</p> <p>12) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรจัดสรรบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีคอยให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้เทคโนโลยีให้กับครู นิสิตนักศึกษาครู และนักเรียนในโรงเรียน</p> <p>13) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรสอบถามความต้องการของนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ ที่ต้องการใช้ในการจัดการเรียนการสอน และจัดหานิสิตนักศึกษาครู หรืออนุญาตให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์ของโรงเรียนได้อย่างอิสระ</p> <p>14) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูควรสร้างร่วมมือกับหลักสูตรผลิตครู ในการจัดสรรงบประมาณ จัดสรรวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ นิสิตนักศึกษาครู รวมทั้งการพัฒนาศักยภาพบุคลากรในโรงเรียน</p>
<p>4. บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์</p>	<p>หลักสูตรควรสนับสนุนให้อาจารย์นิเทศก์ใช้สะเต็มในการจัดการเรียนการสอน พัฒนาให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้อง และมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่หลากหลายทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และเทคโนโลยีที่ใช้ในการให้คำปรึกษาแก่นิสิต</p>	<p>1) หลักสูตรควรจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์อย่างต่อเนื่อง</p> <p>2) หลักสูตรควรมีการประเมินความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของอาจารย์ก่อนและหลังการอบรมในแต่ละครั้ง</p> <p>3) หลักสูตรควรมอบหมายให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม</p>

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
	<p>นักศึกษาครู รวมทั้ง ส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์เรียนรู้และแสวงหาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 4) หลักสูตรควรนำการจัดการเรียนการสอนสะเต็มไปเป็นส่วนหนึ่งในเกณฑ์การประเมินการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์ และควรมีการกำกับติดตามผลการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์อย่างต่อเนื่อง 5) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์ถอดบทเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน 6) หลักสูตรควรส่งเสริมให้อาจารย์ประจำหลักสูตรและอาจารย์นิเทศก์ทำวิจัยในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม หรือผลิตนวัตกรรมตามแนวคิดสะเต็ม 7) หลักสูตรควรมีการจัดอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่คณาจารย์ 8) หลักสูตรควรผลักดันให้คณาจารย์นำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาปรับใช้กับการจัดการเรียนการสอนของตน รวมทั้งนำไปแนะนำให้กับนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลของตนได้รู้จักและเรียนรู้เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ 9) หลักสูตรควรคัดเลือกอาจารย์นิเทศก์ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มไปให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็ม 10) หลักสูตรควรจัดสรรและมอบหมายให้อาจารย์นิเทศก์ใช้เทคโนโลยีในการกำกับ ติดตาม ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่ นิสิตนักศึกษาครูอย่างเป็นปัจจุบัน 11) หลักสูตรควรจัดสรรบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีคอยช่วยแนะนำและให้ความช่วยเหลือคณาจารย์ในการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มและการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครู
<p>5. การพัฒนา เจตคติต่อสะเต็ม</p>	<p>นิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ ควรได้รับการส่งเสริมให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ไม่ได้จำกัดเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น และมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี ที่หลากหลาย สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีร่วมกับความรู้และทักษะที่ตนเองมีในการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมที่มีประโยชน์ และรับรู้ถึงประโยชน์ของการสร้างนวัตกรรม รวมทั้งมีประสบการณ์ใน</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) หลักสูตรควรเพิ่มรายวิชาเกี่ยวกับสะเต็มหรือมอบหมายให้อาจารย์สาขาต่าง ๆ หรือรายวิชาต่าง ๆ มุ่งสร้างความรู้ความเข้าใจกับนิสิตนักศึกษาครูว่าสะเต็มเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่สามารถใช้ประยุกต์ใช้ได้กับทุกรายวิชา 2) หลักสูตรควรจัดกิจกรรมประกวดนวัตกรรมจากการบูรณาการสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู โดยมีการมอบหมายโจทย์ในการสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนหรือสังคม 3) หลักสูตรควรส่งเสริมให้รายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรมีการบูรณาการเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน และสอดแทรกความรู้ในการใช้เทคโนโลยีในการแสวงหาความรู้

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
	<p>การจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ หลากหลายอย่างต่อเนื่อง</p>	<p>พร้อมทั้งแนะนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ใหม่ ๆ ให้แก่นิสิต นักศึกษาครู</p> <p>4) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาต้องจัดการเรียนการสอนรายวิชา ของตนโดยใช้แนวคิดสะเต็มเพื่อเป็นแบบอย่างและสร้างความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องให้แก่นิสิตนักศึกษาครู</p> <p>5) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรมอบหมายให้นิสิตนักศึกษาครูใช้ ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่หลากหลายและทันสมัยใน การออกแบบ/สร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนแต่ละรายวิชา</p> <p>6) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรสืบค้นและหาความรู้เกี่ยวกับ นวัตกรรมใหม่ ๆ มากเป็นตัวอย่างให้นิสิตนักศึกษาครูได้เห็น ประโยชน์ของนวัตกรรมต่าง ๆ พร้อมทั้งอธิบายความรู้ที่ นำมาใช้สร้างนวัตกรรมชิ้นนั้น ๆ ตามแนวคิดสะเต็ม</p> <p>7) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรเปิดโอกาสให้นิสิตได้มีส่วนร่วม ในการออกแบบการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มใน รายวิชานั้น ๆ</p> <p>8) อาจารย์แต่ละสาขา/รายวิชาควรนำวิธีการเรียนการสอนสะ เต็มที่ออกแบบร่วมกับนิสิตนักศึกษาครูมาใช้ในการจัดการ เรียนการสอนวิชานั้น ๆ พร้อมทั้งให้นิสิตนักศึกษาครูสังเกต และศึกษาผลที่ได้จากการจัดการเรียนการสอนวิธีดังกล่าว</p>
<p>6. การส่งเสริม สะเต็มของ หลักสูตร</p>	<p>หลักสูตรต่าง ๆ ที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์ ควรสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องกับ คณาจารย์และนิสิตนักศึกษาครูสาขาของ ตนว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ไม่ได้จำกัดเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ ควร ผลักดันให้คณาจารย์แต่ละสาขานำ แนวคิดสะเต็มไปใช้ในการจัดการเรียน การสอน โดยมอบหมายให้คณาจารย์ จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม กำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการ ผลิตนิสิตนักศึกษาครูสะเต็ม มีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียน การสอนสะเต็มของคณาจารย์อย่าง ต่อเนื่อง อีกทั้งควรพัฒนาห้องเรียน/ ห้องปฏิบัติการของตนเองให้สามารถใช้ในการ เรียนการสอนหรือจัดกิจกรรมสะเต็ม ได้อย่างสะดวก มีวัสดุ อุปกรณ์ และ เทคโนโลยีต่าง ๆ ให้มีความทันสมัยเพียงพอ และเอื้อต่อการออกแบบสร้างนวัตกรรม</p>	<p>1) หลักสูตรควรมีการอบรมให้ความรู้แก่คณาจารย์ทุกสาขาวิชา มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดสะเต็มและการจัดการ เรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>2) หลักสูตรควรมอบหมายให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการ เรียนการสอนโดยประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มอย่างต่อเนื่อง</p> <p>3) หลักสูตรควรมีการกำกับ ติดตาม และประเมินผลการจัดการ เรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มของคณาจารย์อย่างเป็น ระบบและต่อเนื่อง พร้อมทั้งนำผลการประเมินมาเป็นข้อมูลใน การปรับปรุงหลักสูตรและข้อมูลให้คณาจารย์ในการพัฒนาการ จัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>4) หลักสูตรควรมอบหมายให้คณาจารย์ประจำวิชาต่าง ๆ เปิด โอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูมีส่วนร่วมในการออกแบบการ จัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็ม</p> <p>5) หลักสูตรควรนำความรู้ ความสามารถ และสมรรถนะในการ สอนสะเต็มมาเป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการผลิตครู</p> <p>6) หลักสูตรควรมีการประเมินความรู้ ความสามารถ และ สมรรถนะในการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำข้อมูลมาใช้วางแผนปรับปรุงและพัฒนาความรู้ ทักษะ</p>

องค์ประกอบ การพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็ม	แนวคิด	แนวปฏิบัติ
	<p>ของนิสิตนักศึกษาครู และควรพัฒนาอาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p>	<p>และสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูให้มีมาตรฐาน</p> <p>7) หลักสูตรควรพัฒนาห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการให้เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็มหรือการสร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ของนิสิตนักศึกษาครู และควรมีเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการหาความรู้เพิ่มเติม ออกแบบนวัตกรรม หรือผลิตนวัตกรรมให้แก่นิสิตนักศึกษาครู</p> <p>8) หลักสูตรควรจัดสรรบุคลากรหรือหน่วยงานที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับเทคโนโลยีคอยให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และแนะนำการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนและการสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมจากการบูรณาการสะเต็ม รวมทั้งคอยแนะนำและนำเสนอเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อนิสิตนักศึกษาครูและคณาจารย์ประจำหลักสูตร</p>
<p>7. บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง</p>	<p>โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงและครูในโรงเรียนมีความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มและการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม รวมทั้งมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่หลากหลายและทันสมัย สามารถนำความรู้นั้นมาใช้จัดการเรียนการสอนสะเต็มและแนะนำให้แก่นิสิตนักศึกษาครูใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างเหมาะสม</p>	<p>1) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรจัดอบรมความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนและการให้คำปรึกษาสะเต็มให้แก่ครูในโรงเรียนและครูพี่เลี้ยง</p> <p>2) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมให้ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้เหมาะสมกับรายวิชาของตนเอง</p> <p>3) หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีข้อตกลงร่วมกันในการมอบหมาย กำกับติดตาม ให้ครูพี่เลี้ยงส่งเสริมและสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม</p> <p>4) หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรส่งเสริมให้ครูพี่เลี้ยงทำวิจัยร่วมกับนิสิตนักศึกษาครูในประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม</p> <p>5) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรจัดอบรมให้ครูมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ</p> <p>6) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการจัดสรรและปรับปรุงเทคโนโลยีของโรงเรียนให้มีความทันสมัยและพร้อมใช้งานอยู่เสมอ</p> <p>7) โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรศึกษาดูงานจากโรงเรียนที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหรือระดมความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงเทคโนโลยีในโรงเรียนให้มีความทันสมัยและตอบรับการใช้งานของครูในโรงเรียนได้อย่างเหมาะสม</p>

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยเป็นการอภิปรายประเด็นต่าง ๆ ที่พบจากการวิจัย จำแนกออกเป็น 9 ประเด็น คือ 1) เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม 2) อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม 3) สภาพระดับสมรรถนะครูสะเต็ม 4) สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร 5) สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ 6) สภาพการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู 7) สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง 8) แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม และ 9) การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

การนำกรอบ TPACK-STEM มาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มทำให้ได้เครื่องมือที่สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของครูได้ทั้งเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ เนื่องจาก TPACK เป็นกรอบสมรรถนะที่ครูควรมีในการจัดการเรียนการสอน (Chai, 2019; Mishra, Koehler, 2006) ซึ่งเน้นกระบวนการนำเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และเนื้อหาบูรณาการร่วมกัน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนความรู้เรื่องต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน ที่ครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบการเรียนการสอนจนถึงการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ส่วน STEM เป็นแนวคิด องค์ความรู้ หรือบริบทที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง (Breiner, Harkness, Johnson, & Koehler, 2012) ครูที่สอนสะเต็มจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาและทักษะในส่วนต่าง ๆ ของการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้องและครอบคลุม เพื่อนำไปใช้ถ่ายทอดให้นักเรียนของตนสามารถบูรณาการสะเต็มได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เห็นได้ว่า TPACK เป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนของครู ส่วน STEM เป็นบริบทที่มุ่งให้เกิดกับผู้เรียน ดังนั้นในการวัดสมรรถนะครูสะเต็ม ถ้าหากวัด TPACK หรือ STEM แยกกันจะทำให้สารสนเทศที่ได้จากการวัดไม่ครอบคลุมสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของครูในทุกมิติ ดังนั้นการนำแนวคิด TPACK-STEM มาใช้ร่วมกันในการสร้างเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มจึงมีความเหมาะสม ทำให้สามารถวัดสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ (Chai, 2019; Rahman, Krishnan, & Kapila, 2017; Štuitkys, & Burbaitė, 2018)

เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิด TPACK-STEM เป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพมีความตรงและความเที่ยงที่ดีตามมาตรฐาน อีกทั้งยังมีความยาวหรือจำนวนข้อคำถามที่ไม่มากเกินไป สามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในการพัฒนาเครื่องมือมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างรอบคอบ มีการนำแนวคิดการสร้างข้อคำถามแบบพหุมิติภายในข้อคำถาม (multidimensional within item) มาใช้ เพื่อลดข้อจำกัดเรื่องความซ้ำซ้อน

ของการบูรณาการทั้ง TPACK และ STEM ที่แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันยากต่อการแยกแต่ละมิติออกจากกันได้ง่าย (Brantley-Dias, & Ertmer, 2013; Valtonen et al., 2017) ทำให้ข้อคำถามมีความครอบคลุมและสอดคล้องกับธรรมชาติของการบูรณาการ TPACK-STEM ที่เน้นการบูรณาการไม่แยกองค์ประกอบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบเดี่ยว นอกจากนี้ในการสร้างข้อคำถามยังเป็นการบูรณาการ TPACK และ STEM อย่างละ 2 มิติ ในแต่ละข้อ ซึ่งเป็นการบูรณาการที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป แต่หากใช้จำนวนมิติในการสร้างข้อคำถามมากกว่านี้ อาจจะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือแบบสอบถามที่สร้างขึ้นอาจมีจำนวนข้อที่น้อยลง แต่ข้อเสียคือ เนื้อความและภาษาที่ใช้ในแต่ละข้อคำถามอาจไม่กระชับ มีใจความที่ซับซ้อนจนอาจส่งผลกระทบต่อความเข้าใจของผู้ตอบได้ ดังนั้นการสร้างข้อคำถามแบบพหุมิติที่ใช้องค์ประกอบของ TPACK และ STEM อย่างละ 2 มิติภายในหนึ่งข้อคำถาม ทำให้ได้เครื่องมือที่มีความยาวที่เหมาะสม มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะครูเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้สิ่งที่สะท้อนประสิทธิภาพของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูเสริมที่พัฒนาขึ้น คือ องค์ประกอบย่อยพหุมิติของแบบวัดสมรรถนะครูเสริมที่สร้างขึ้นสามารถสะท้อนความสัมพันธ์เชิงเส้นกับองค์ประกอบหลักได้ทุกองค์ประกอบ ซึ่งองค์ประกอบย่อยหนึ่งองค์ประกอบ มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักสององค์ประกอบ โดยองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบจะมีการกระจายของค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับสององค์ประกอบหลัก ทำให้ผลรวมของค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของแต่ละองค์ประกอบย่อยมีค่าไม่เกิน 1 เห็นได้จาก องค์ประกอบย่อย TP-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบหลัก T-STEM ระหว่าง .614-.725 และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับ P-STEM ระหว่าง .340-.376 องค์ประกอบย่อย TC-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบหลัก T-STEM ระหว่าง .198-.440 และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับ C-STEM ระหว่าง .524-.704 และองค์ประกอบย่อย PC-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบหลัก P-STEM ระหว่าง .377-.664 และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับ C-STEM ระหว่าง .339-.512 ถึงแม้ว่าองค์ประกอบย่อยพหุมิติบางองค์ประกอบจะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบหลักไม่สูงมากนัก แต่เป็นลักษณะโดยธรรมชาติของการสร้างข้อคำถามและการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุมิติ (Abad, Sorrel, Garcia, & Aluja, 2018) ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของโมเดลการวัดสมรรถนะครู TPACK-STEM อีกทั้งในภาพรวมทุกองค์ประกอบย่อยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นและมีความแปรปรวนร่วมกับองค์ประกอบหลักได้ร้อยละ 55.2-78.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าองค์ประกอบย่อยพหุมิติทุกองค์ประกอบสามารถใช้วัดสมรรถนะครู TPACK-STEM ได้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ ดังนั้นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปใช้วัดสมรรถนะครูเสริมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็ม

ในส่วนของการนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นไปใช้ งานวิจัยนี้มีการนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมรรถนะครูสะเต็มในแต่ละด้าน ซึ่งการรวมคะแนนเฉลี่ยแต่ละด้านใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยจากผลการตอบของนิสิตนักศึกษาครูทุกข้อในแต่ละด้านโดยกำหนดให้มีน้ำหนักความสำคัญเท่ากันทุกข้อ เนื่องจากในการสร้างข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นแบบพหุมิติผู้วิจัยสร้างข้อคำถามแต่ละข้อโดยให้ความสำคัญกับการบูรณาการแต่ละส่วนเท่า ๆ กัน และเมื่อวิเคราะห์ความเที่ยงแต่ละด้านของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มพบว่าแต่ละด้านมีค่าความเที่ยงสูง ซึ่งมีความเหมาะสมและยอมรับได้ในการรวมคะแนนโดยกำหนดให้แต่ละข้อคำถามมีน้ำหนักเท่ากัน (Meade, & Kroustalis, 2005) ผู้วิจัยจึงใช้การรวมคะแนนแต่ละด้านโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการตอบคำถามทุกข้อในแต่ละด้านโดยมีน้ำหนักเท่ากันทุกข้อ นอกจากนี้การรวมคะแนนในลักษณะดังกล่าวเป็นวิธีที่สะดวกต่อการนำเครื่องมือสะเต็มที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในวงกว้าง ครู นิสิตนักศึกษาครู หลักสูตรโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู หรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็มสามารถนำไปใช้ได้ง่าย

แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยืนยันพหุมิติของเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นพบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามในองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบที่มีต่อองค์ประกอบหลักแต่ละองค์ประกอบมีค่าแตกต่างกันระดับหนึ่ง เช่น ข้อคำถามในองค์ประกอบย่อย TP-STEM มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับองค์ประกอบหลัก T-STEM ระหว่าง .614-.725 และมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบกับ P-STEM ระหว่าง .340-.376 สะท้อนให้เห็นว่าข้อคำถามในองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบอาจมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับองค์ประกอบหลักแต่ละองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังนั้นในการรวมคะแนนองค์ประกอบแต่ละด้านอาจมีการพิจารณาใช้การรวมคะแนนโดยใช้สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ ดังที่แสดงในภาคผนวก จ. มาใช้ในการคำนวณแทนการคำนวณโดยกำหนดให้องค์ประกอบย่อยทุกองค์ประกอบมีค่าน้ำหนักเท่ากัน ซึ่งการรวมคะแนนโดยใช้สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบนี้เป็นวิธีที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการรวมคะแนนแต่ละองค์ประกอบน้อยกว่าการคำนวณโดยกำหนดให้องค์ประกอบย่อยทุกองค์ประกอบมีค่าน้ำหนักเท่ากัน ในเงื่อนไขที่ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อคำถามในองค์ประกอบย่อยแต่ละองค์ประกอบที่มีต่อองค์ประกอบหลักแต่ละองค์ประกอบมีค่าแตกต่างกัน (Cole, Perkins, & Zelkowitz, 2016)

ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวมคะแนนองค์ประกอบยังไม่พบข้อเสนอแนะหรือวิธีการที่ชัดเจนว่าการรวมคะแนนองค์ประกอบแบบใดให้ผลที่ดีกว่า (Little, Cunningham, Shahar, & Widaman, 2002; Little, Rhemtulla, Gibson, & Schoemann, 2013; Matsunaga, 2008) ดังนั้นในการนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นไปใช้ นักวิจัย ครู นิสิต

นักศึกษาครู หลักสูตร โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพรู หรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็ม จึงควรรวมคะแนนแต่ละด้านตามความเหมาะสมของบริบทการใช้เครื่องมือของตนเอง

2) อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 คือ ทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็ม (ระดับนิสิตนักศึกษาครู) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน (ระดับโรงเรียน) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ (ระดับหลักสูตร) และพบว่าตัวแปรการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อสมรรถนะครูสะเต็มโดยส่งผ่านตัวแปรทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครู แต่ตัวแปรการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มที่มีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า ทักษะการคิดและเจตคติต่อสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม สอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยที่ผ่านมา (Bozkurt Altan, & Ercan, 2016; Kim, & Bolger, 2017; Lin, & Williams, 2016; Margot, & Kettler, 2019; Nite, Capraro, Capraro, & Bicer, 2017; Shahali et al., 2015; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017) ดังนั้นถ้านิสิตนักศึกษาครูได้รับการพัฒนาให้มีทักษะการคิดเชิงบูรณาการ การคิดสร้างสรรค์ หรือการคิดแก้ปัญหาที่ดี รวมทั้งได้รับการส่งเสริมหรือปลูกฝังให้มีเจตคติต่อสะเต็มที่ดี ตระหนักเห็นคุณค่าและประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มได้ดีมากยิ่งขึ้น

ผลการวิจัยยังชี้ว่าการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู สอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยที่ผ่านมา (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Margot, & Kettler, 2019) และการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนยังเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทักษะการคิดของนิสิตนักศึกษาครู (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018) เห็นได้ว่าการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม หากนิสิตนักศึกษาครูได้ฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโรงเรียนที่มีความพร้อม มีการสนับสนุนสะเต็มที่ดีทั้งด้านการบริหารจัดการ วิชาการ บุคลากร สถานที่งบประมาณ ทรัพยากร วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ มีบรรยากาศการทำงานที่ดี เอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนและการเรียนรู้สะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูจะทำให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม เกิดความต้องการเรียนรู้และใช้สะเต็มในการจัดการเรียนการสอน ย่อมส่งผลทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มและทักษะการคิดที่ดีขึ้น (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Horvath, Goodell, & Kostea, 2018; Margot, & Kettler, 2019) และเมื่อนิสิตนักศึกษาครูมีเจตคติต่อสะเต็มและทักษะการคิดที่ดี จะส่งผลทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีพัฒนาการและเกิดการพัฒนาสมรรถนะ

ครูสะเต็มของตนเองให้ดีขึ้นได้ ดังนั้นหลักสูตรผลิตครูจึงควรให้ความสำคัญกับการคัดเลือกโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่ดี มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครู และควรวางแผนหรือทำโครงการร่วมกับโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในการพัฒนาศักยภาพการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูให้มีความพร้อมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการบริหารจัดการให้โรงเรียนมีการสนับสนุนสะเต็มที่ดีในทุก ๆ ด้าน เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของโรงเรียนให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อโรงเรียน นักเรียน ครู บุคลากร รวมทั้งนิสิตนักศึกษาครูอีกด้วย

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังชี้ว่าบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู สอดคล้องกับผลการวิจัยของงานวิจัยที่ผ่านมา (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017) ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่า การที่นิสิตนักศึกษาครูได้รับการส่งเสริม กระตุ้นให้จัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม การแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ได้คำแนะนำและข้อมูลป้อนกลับที่ดีจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็ม จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดพัฒนาในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม จนทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดี ดังนั้นหลักสูตรผลิตครูจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์มีความรู้และทักษะการให้คำปรึกษาสะเต็มที่ดีต่อนิสิตนักศึกษาครู เพื่อให้ทำให้อาจารย์นิเทศก์สามารถให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูให้ดียิ่งขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัยกลับพบว่า ตัวแปรการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและตัวแปรบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งประเด็นการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรไม่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มอาจมีสาเหตุมาจากความไม่ต่อเนื่องและคุณภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร (กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และ ณิชกุล แจ็งอักษร, 2561; นุชนภา ราชนิยม; 2558; รัฐวิภา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559) โดยงานวิจัยของ กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และ ณิชกุล แจ็งอักษร (2561) ระบุว่า ยังไม่พบรายวิชาที่เน้นการจัดการเรียนการสอนสะเต็มโดยเฉพาะ การส่งเสริมสะเต็มมีการจัดขึ้นผ่านการอบรมเป็นครั้งคราว ด้วยเหตุที่กล่าวมาอาจเป็นผลทำให้การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรยังสอดรับกับการเตรียมพร้อมและพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นหลักสูตรควรให้ความสำคัญกับการบริหารจัดการหลักสูตรให้มีการส่งเสริมสะเต็มอย่างจริงจังและต่อเนื่อง หลักสูตรควรพัฒนาให้คณาจารย์มีความรู้ความสามารถที่ดีเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม (Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017) เพื่อให้คณาจารย์สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็ม

ให้แก่บัณฑิตนักศึกษาคูได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งหลักสูตรควรมีการส่งเสริม มอบหมาย และกำกับติดตาม ให้คณาจารย์ใช้แนวคิดสะสมเต็มในการจัดการเรียนการสอนอย่างถูกต้องและต่อเนื่อง (รัฐฎีกา ตังพุทธิพงศ์, 2559) หากหลักสูตรสามารถดำเนินการได้ดังที่กล่าวมาอาจทำให้นักศึกษาคูมีการพัฒนา และมีสมรรถนะครูสะสมเต็มที่ดีขึ้นได้ นอกจากนี้ถึงแม้ว่าผลการวิจัยนี้จะพบว่าการส่งเสริมสะสมเต็มของหลักสูตรอยู่ในระดับมาก แต่ผลการวิจัยเป็นการประเมินการส่งเสริมสะสมเต็มด้านต่าง ๆ ในภาพรวม ยังมิได้ศึกษาเฉพาะเจาะจงเฉพาะถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนและการส่งเสริมสะสมเต็มของหลักสูตรเชิงวิชาการอย่างลึกซึ้ง ซึ่งควรมีการวิจัยในครั้งต่อไปเพื่อนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับการส่งเสริมสะสมเต็มของหลักสูตรเชิงวิชาการมาใช้ในการพัฒนาการส่งเสริมสะสมเต็มของหลักสูตรให้สามารถพัฒนาบัณฑิตนักศึกษาคูให้มีสมรรถนะครูสะสมเต็มสูงขึ้นได้

ส่วนประเด็นบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงไม่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะสมเต็มของนิสิตนักศึกษาคูอาจมีสาเหตุมาจากครูพี่เลี้ยงอาจจะมีรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะสมเต็มมากระดับหนึ่งแต่อาจยังไม่เพียงพอต่อการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาคูอย่างมีประสิทธิภาพ (นุชนภา ราชนิยม; 2558; รัฐฎีกา ตังพุทธิพงศ์, 2559) เห็นได้จากผลการวิจัยที่พบว่าครูพี่เลี้ยงจะมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะสมแก่นิสิตนักศึกษาคูในภาพรวมระดับมาก แต่ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าครูพี่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็มระดับหนึ่ง ซึ่งอาจจะยังไม่เพียงพอต่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แนะนำ และให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาคู ดังนั้นโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็มให้แก่ครูพี่เลี้ยงของนิสิตนักศึกษาคู โดยอาจร่วมมือกับหลักสูตรผลิตครูในการจัดการอบรมและพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็มให้แก่ครูพี่เลี้ยงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งควรพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงมีทักษะในการให้คำปรึกษา การให้ข้อมูลป้อนกลับที่ดี (Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Margot, & Kettler, 2019; Nite et al., 2017) เพื่อทำให้ครูพี่เลี้ยงสามารถให้คำปรึกษาและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะสมเต็มแก่นิสิตนักศึกษาคูได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลทำให้นักศึกษาคูเกิดการพัฒนาและมีสมรรถนะครูสะสมเต็มที่สูงขึ้นได้

3) สภาพระดับสมรรถนะครูสะสมเต็ม

ในภาพรวมนิสิตนักศึกษาคูทุกสาขาวิชามีสมรรถนะครูสะสมเต็มในระดับปานกลาง และเมื่อนำค่าเฉลี่ยสมรรถนะครูสะสมเต็มมาแบ่งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำตามคะแนนจุดตัดสมรรถนะครูสะสมเต็ม 3.90 คะแนน พบว่านิสิตนักศึกษาคูส่วนมากอยู่ในกลุ่มที่มีสมรรถนะครูสะสมเต็มต่ำร้อยละ 71.69 สะท้อนให้เห็นว่า นิสิตนักศึกษาคูยังมีสมรรถนะครูสะสมเต็มไม่มากเท่าที่ควร ผลดังกล่าวมีทิศทางเดียวกับข้อค้นพบในงานวิจัยของ กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร (2561) ที่พบว่า นิสิตนักศึกษาคูส่วนใหญ่มีสมรรถนะครูสะสมเต็มอยู่ในระดับปานกลาง ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาคู

อาจได้รับการเตรียมความพร้อมให้มีสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มระดับหนึ่ง ซึ่งยังไม่ครอบคลุมสมรรถนะครูสะเต็มทุกด้านเท่าที่ควร ดังนั้นนิสิตนักศึกษาครูจึงควรได้รับการเตรียมความพร้อมและการพัฒนาให้มีสมรรถนะครูสะเต็มให้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาสมรรถนะครูสะเต็มรายด้าน พบว่า นิสิตนักศึกษาครูทั้งกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำมีรูปแบบสมรรถนะ TPACK-STEM เหมือนกันคือ มี P-STEM สูงกว่า C-STEM และ T-STEM ตามลำดับ และผลการพิจารณาสมรรถนะ TPACK-STEM ยังพบว่า นิสิตนักศึกษาครูทุกสาขามีสมรรถนะ P-STEM และ C-STEM อยู่ในระดับมาก แต่มี T-STEM ในระดับปานกลาง สะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูยังมีความรู้ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ไม่มากเท่าที่ควร อาจเป็นเพราะนิสิตนักศึกษาครูส่วนมากจะให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะทางของตนเอง มีการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มแค่ในระดับพื้นฐาน ซึ่งนิสิตนักศึกษาครูควรให้ความสำคัญและควรได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งผลการวิจัยยังพบว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ยิ่งเป็นการสะท้อนให้เห็นความสำคัญของการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี และความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีมีแนวโน้มที่จะมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีกว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีน้อย (Saltan, & Arslan, 2017) ดังนั้นความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มจึงเป็นสิ่งที่หลักสูตรหรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็มควรให้ความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู (Martin, 2015; Rinke et al., 2016)

นอกจากนี้ถึงแม้ว่านิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะ P-STEM และ C-STEM อยู่ในระดับมากแต่ค่าเฉลี่ยทั้งสองด้านไม่สูงมาก อาจเป็นเพราะการเรียนการสอนของหลักสูตรผลิตครูต่าง ๆ มีการจัดการเรียนการสอนโดยมีการบูรณาการสะเต็มในเนื้อหาแต่ละวิชาไม่มากนัก นิสิตนักศึกษาครูจึงมีความรู้ความสามารถทางด้าน P-STEM และ C-STEM ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งถ้าหากหลักสูตรผลิตครูให้ความสำคัญกับการนำแนวคิดสะเต็มมาบูรณาการเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาต่าง ๆ อาจทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มแต่ละด้านสูงยิ่งขึ้น เห็นได้ว่านอกจากความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม นิสิตนักศึกษาครูควรได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการศาสตร์การสอนและเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มเช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มดีขึ้นทุกด้าน ด้วยเหตุนี้หลักสูตรหรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็ม จึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มอย่างรอบด้าน ทั้งทางด้านเทคโนโลยี ศาสตร์การสอน และเนื้อหา เพื่อให้มีความรู้ความสามารถใน

การจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างรอบด้าน อันจะส่งผลให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Chai, 2019; Eckman et al., 2016; Margot, & Kettler, 2019; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019; Štuikys, & Burbaitė, 2018)

ผลการวิจัยยังพบว่า นิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเทคโนโลยีมีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน ส่วนนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน โดยนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม สูงกว่านิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์ แต่นิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์มีความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์สูงกว่านิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ เป็นที่น่าสังเกตว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีความรู้และทักษะสะเต็มแต่ละด้านสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาจมีสาเหตุจากนิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีโอกาสได้เรียนรู้หรือบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ มีโอกาสได้ฝึกหรือเรียนรู้การนำเทคโนโลยีไปใช้ออกแบบสื่อการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมต่าง ๆ มากกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ที่ต้องเรียนรู้เนื้อหาวิชาเอกของตนอย่างลึกซึ้ง จึงอาจมีโอกาสนำมาบูรณาการเนื้อหาวิชาของตนกับวิชาอื่น และเรียนรู้ใช้เทคโนโลยีไม่มากเท่าที่ควร รวมทั้งอาจมีโอกาสดูแลเรียนรู้อย่างไม่มากเท่าที่ควร (Saltan, & Arslan, 2017; กนิษฐศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร, 2561; รัฐภิกษา ตั้งพุทธพิงศ์, 2559) โดยเฉพาะนิสิตนักศึกษาครุสาขาคณิตศาสตร์ที่มีความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมน้อยที่สุด ยิ่งสะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูได้รับการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้มีความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาของตนอย่างลึกซึ้ง แต่ไม่ได้เน้นการบูรณาการเนื้อหาวิชาของตนกับศาสตร์ด้านอื่น ๆ ดังนั้นในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ อาจพิจารณาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นิสิตนักศึกษาครูนำความรู้ความสามารถในเนื้อหาวิชาของตนไปบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ มากยิ่งขึ้น

4) สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร

หลักสูตรส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็ม แต่ในภาพรวมหลักสูตรทุกหลักสูตรมีการสนับสนุนสะเต็มอยู่ในระดับมากทุกด้าน โดยหลักสูตรทุกหลักสูตรมีศักยภาพและความร่วมมือของคณาจารย์สูงสุด รองลงมาคือ การส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็ม และการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ วัสดุ และอุปกรณ์ และการสนับสนุนเทคโนโลยี ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ส่วนด้านที่มีน้อยที่สุดคือด้านการบริหารหลักสูตร ซึ่งในด้านการบริหารหลักสูตรพบว่า หลักสูตรคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีการบริหารหลักสูตรและการส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็มในระดับมาก แต่หลักสูตรเทคโนโลยีมีการบริหารหลักสูตรและการส่งเสริมความรู้และทักษะสะเต็มในระดับปานกลาง อีกทั้งใน

ภาพรวมพบว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์มีการส่งเสริมสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือหลักสูตรคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ตามลำดับ

ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าหลักสูตรผลิตครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีต่าง ๆ ในประเทศไทย มีการส่งเสริมสะเต็มที่มากยิ่งขึ้น แต่ยังคงขาดความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็ม ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาการส่งเสริมสะเต็มให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะด้านการบริหารหลักสูตร ซึ่งหลักสูตรต่าง ๆ ควรมีการกำหนดเป้าหมาย วางแผนหรือออกแบบหลักสูตรโดยบูรณาการสะเต็มเข้าเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตบัณฑิต และควรดำเนินการให้ต่อเนื่องในระยะยาว (กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร, 2561) เพราะที่ผ่านมามีผลการวิจัยของ รัฎฎีกา ตั้งพุทธพิงศ์ (2559) ระบุว่าอุปสรรคในการส่งเสริมและพัฒนาครูสะเต็มในประเทศไทยคือ ความไม่ต่อเนื่องของนโยบาย หากหลักสูตรต่าง ๆ ในประเทศไทยให้ความสำคัญกับการบริหารหลักสูตรเกี่ยวกับสะเต็มให้มากยิ่งขึ้น อาจทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะสะเต็มที่ดี และมีการพัฒนาตนเองในการจัดการเรียนการสอนลักษณะต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Lin, & Williams, 2016; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017)

ส่วนในด้านอื่น ๆ หลักสูตรต่าง ๆ มีการส่งเสริมสะเต็มในระดับมากซึ่งเป็นสิ่งที่ดี ที่ควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาต่อไปให้ดียิ่งขึ้น เพราะหากหลักสูตรมีการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้เกี่ยวกับสะเต็มที่ดี มีการสนับสนุนทรัพยากรต่าง ๆ มีการอำนวยความสะดวกและจัดหาสิ่งจำเป็นต่อการเรียนรู้สะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูที่ดี จะส่งผลทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีเจตคติที่ดีต่อสะเต็มและเกิดความต้องการที่จะพัฒนาตนเองให้มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ดีมากยิ่งขึ้น (Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Ryu, Mentzer, & Knobloch, 2019)

นอกจากนี้ข้อสังเกตว่า หลักสูตรทั้ง 3 หลักสูตรมีค่าเฉลี่ยรายละเอียดในการส่งเสริมสะเต็มแต่ละด้านส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก แต่หลักสูตรเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยรายละเอียดเรื่องการมอบหมายหรือส่งเสริมให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม การกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม การมีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของคณาจารย์ การมีอาจารย์ประจำวิชาหรือสาขาต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม การมีรายวิชาที่เกี่ยวกับหรือเน้นให้นิสิตมีความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านวิธีการหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและหลากหลาย และการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทดลองสอนหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มอย่างเพียงพอต่อการนำไปใช้จริงในระดับปานกลาง ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าหลักสูตรต่าง ๆ ที่มีใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์อาจจะยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับสะเต็มเท่าที่ควร ซึ่งหลักสูตรต่าง ๆ ควรสร้างความเข้าใจ

ว่าสะเต็มเป็นแนวคิดการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ได้เฉพาะเจาะจงสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์เท่านั้น (Koehler, 2012 ; Bybee, 2010) แต่แนวคิดนี้สามารถประยุกต์ได้กับทุกวิชา (Morrison, 2006; Radloff, & Guzey, 2016) ดังนั้นหลักสูตรผลิตครูสาขาต่าง ๆ ควรพัฒนาความรู้สร้างความเข้าใจพร้อมทั้งสร้างเจตคติที่ดีต่อสะเต็มให้แก่คณาจารย์ เพื่อประโยชน์ในการบริหารหลักสูตรและการส่งเสริมสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครูให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ประเด็นข้อสังเกตเกี่ยวกับการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร

จากผลการวิจัยที่พบว่านิสิตนักศึกษาครูทั้งที่ได้รับการส่งเสริมจากหลักสูตรที่มีความพร้อมและขาดความพร้อม ที่ได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่มีความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่าได้รับการสนับสนุนสะเต็มจากโรงเรียนที่ขาดความพร้อม และนิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่ขาดความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรที่มีความพร้อม ก็ต่อเมื่อได้รับการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อม รวมทั้งผลการวิจัยที่พบว่านิสิตนักศึกษาครูที่ได้รับการส่งเสริมสะเต็มจากหลักสูตรและการให้คำปรึกษาจากอาจารย์นิเทศก์ทั้งที่มีความพร้อมและไม่มีความพร้อม ถ้าได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมจะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูได้รับการสนับสนุนจากโรงเรียนและการให้คำปรึกษาจากครูพี่เลี้ยงที่ขาดความพร้อม ผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู การให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ และการให้คำปรึกษาของอาจารย์พี่เลี้ยง มีความสำคัญต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู (Craig, Evans, & Stokes, 2017; El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Margot, & Kettler, 2019) เพราะหากหลักสูตรผลิตครูขาดความพร้อมในการส่งเสริมสะเต็ม แต่ถ้านิสิตนักศึกษาครูในหลักสูตรได้ออกฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูกับโรงเรียนที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็ม มีอาจารย์นิเทศก์ที่มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม มีความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครู จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่สูงได้

ดังนั้นหลักสูตรผลิตครู หรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูจึงควรให้ความสำคัญกับการคัดเลือกโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่มีความพร้อมในการสนับสนุนสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครู หรือสร้างข้อตกลง/ความร่วมมือกับโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในการสนับสนุนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูที่ดีในทุกด้าน (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ring et al., 2017) อีกทั้งควรจัดสรรอาจารย์นิเทศก์ที่มีความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็ม และคัดเลือกครูพี่เลี้ยงที่มีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครูสะเต็ม ทั้งนี้หากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงที่มีความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มมีไม่เพียงพอต่อนิสิตนักศึกษาครูสะเต็มทุกคน หลักสูตรควรมุ่งพัฒนาอาจารย์นิเทศและครูพี่เลี้ยงให้มีความรู้ความสามารถในการจัด

การเรียนการสอนเพิ่มเติม สามารถให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิต นักศึกษาครูได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อยกระดับการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศและครู พี่เลี้ยงให้มีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะครูเพิ่มเติมของนิสิตนักศึกษาครูให้มีความ ยั่งยืนได้ (Allen, Webb, & Matthews, 2016; Craig, Evans, & Stokes, 2017; Ejiwale, 2013)

นอกจากนี้ มีประเด็นข้อสังเกตเกี่ยวกับการส่งเสริมเพิ่มเติมของหลักสูตรจากผลการวิจัยที่ พบว่า นิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์กลุ่มที่ได้รับการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมจากหลักสูตรที่ พร้อมและไม่พร้อมมีสมรรถนะครูเพิ่มเติมใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจมีสาเหตุมาจากนิสิตนักศึกษา ครุคณิตศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ไม่เพียงพอ มีความเข้าใจว่า การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นสำหรับครุวิทยาศาสตร์เพียง เท่านั้น (Adams et al., 2014) นิสิตนักศึกษาครุคณิตศาสตร์จึงอาจไม่ให้ความสำคัญกับการพัฒนา สมรรถนะครูเพิ่มเติมของตนเองมากเท่าที่ควร ถึงแม้ว่าหลักสูตรจะส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ดังนั้นหลักสูตรต่าง ๆ จึงควรเร่งสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน เพิ่มเติมที่ถูกต้องให้แก่ นิสิตนักศึกษาครูสาขาต่าง ๆ โดยเฉพาะสาขาวิทยาศาสตร์ และจากผลการวิจัยที่ พบว่า ไม่มีนิสิตนักศึกษาครูเทคโนโลยีที่ได้รับการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมจากหลักสูตรที่ พร้อม สะท้อนให้เห็นว่าหลักสูตรต่าง ๆ อาจมีความเข้าใจและให้ความสำคัญเกี่ยวกับการจัดการเรียน การสอนเพิ่มเติมไม่เพียงพอ ทำให้มีการส่งเสริมความรู้และทักษะเพิ่มเติมให้นิสิตนักศึกษาครูสาขาของ ตนไม่มากเท่าที่ควร ฉะนั้นหลักสูตรต่าง ๆ จึงควรทำความเข้าใจและให้ความสำคัญกับการจัด การเรียนการสอนเพิ่มเติมให้มากยิ่งขึ้น (Eckman, Williams, & Silver-Thorn, 2016; Ring et al., 2017) เพราะการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมเป็นแนวคิดหนึ่งที่สามารถทำให้นิสิตนักศึกษาครูแต่ละ คนมีความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งถ้านิสิตนักศึกษาครูมีความรู้และทักษะ เหล่านี้มากเพียงพอ จะทำให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถจัดการเรียนการสอนเนื้อหาต่าง ๆ โดย ประยุกต์ใช้แนวคิดเพิ่มเติมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Bowsher, Sparks, & Hoyer, 2018; DiBenedetto, & Myers 2016; Rinke et al., 2016; Valtonen, 2017; Voogt et al., 2013)

อีกประเด็นหนึ่งที่น่าสังเกตคือจากผลการวิจัยที่พบว่า นิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์กลุ่มที่ ได้รับการเตรียมความพร้อมจากหลักสูตรที่มีการบริหารจัดการหลักสูตรที่พร้อมและไม่พร้อมมี สมรรถนะครูเพิ่มเติมใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะนิสิตนักศึกษาครูสาขาวิทยาศาสตร์ส่วนมากมี ความสนใจและตระหนักถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมในระดับหนึ่ง จึงทำให้เกิด ความต้องการเรียนรู้และพัฒนาตนเองให้สามารถจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้มีประสิทธิภาพ ไม่ว่า หลักสูตรจะมีการบริหารหลักสูตร มีการมอบหมายให้คณาจารย์จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม มี การกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานการผลิตครูเพิ่มเติม หรือมีการกำกับติดตาม และประเมินผล การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของคณาจารย์หรือไม่ก็ตาม จึงไม่ส่งผลต่อการพัฒนาสมรรถนะครู

สะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์แต่ละคน เนื่องจากนิสิตนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์มีการรับรู้และตระหนักถึงประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (Craig, Evans, & Stokes, 2017; Rinke et al., 2016; Shernoff et al., 2017) ดังนั้นหลักสูตรต่าง ๆ จึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนานิสิตนักศึกษาครูในหลักสูตรของตนให้มีเจตคติที่ดีต่อสะเต็ม มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับสะเต็ม เพื่อให้ให้นิสิตนักศึกษาครูเกิดความต้องการและพยายามพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของตนเองให้ดียิ่งขึ้น (Margot, & Kettler, 2019; Nite et al., 2017; Shernoff et al., 2017; Thomson et al., 2017)

5) สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์

อาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครู แต่ในภาพรวมอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีบทบาทการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูในระดับมาก เมื่อพิจารณารายละเอียดการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์พบว่า อาจารย์นิเทศก์มีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มมากที่สุด รองลงมาคือ สามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและเหมาะสมได้ ตามลำดับ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ สามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ รองลงมาคือสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรยังขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มซึ่งควรได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาจารย์นิเทศก์ทุกหลักสูตรมีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นสิ่งที่ดีที่หลักสูตรต่าง ๆ ควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์มีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอนต่อไป เนื่องจากถ้านิสิตนักศึกษาครูได้รับการสนับสนุนให้ใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน นิสิตนักศึกษาจะเกิดการเรียนรู้และมีประสบการณ์มากขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ซึ่งประสบการณ์ของนิสิตนักศึกษาครูเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู (El Nagdi, Leammukda, & Roehrig, 2018; Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Margot, & Kettler, 2019)

ไม่เพียงเท่านั้นการที่จะพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มอาจารย์นิเทศก์ต้องไม่เพียงแค่นับสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดสะเต็มในการสอน แต่อาจารย์นิเทศก์ควรมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม เพื่อนำความรู้ความสามารถเหล่านั้นมาใช้ในการแนะนำ ให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ แก่นิสิตนักศึกษาครู (Hardré et al., 2014; Hutchison, 2012; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Lin, & Williams, 2016; Makhmasi et al., 2012; Shernoff et al., 2017) ซึ่งจาก

ผลการวิจัยที่พบว่าอาจารย์นิเทศก์สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ และสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ เป็นสิ่งที่อาจารย์นิเทศก์มีน้อยที่สุดถึงแม้ค่าเฉลี่ยจะอยู่ในระดับมากก็ตาม แต่หลักสูตรต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการสอนให้กับอาจารย์นิเทศก์ และต้องเสริมสร้างประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้แก่อาจารย์นิเทศก์ โดยหลักสูตรอาจมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมความรู้และประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับอาจารย์นิเทศก์ให้มากยิ่งขึ้น และควรส่งเสริมให้อาจารย์นิเทศก์ใช้แนวคิดเพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอนของตนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ของตน และเป็นการเสริมสร้างความรู้ความสามารถและเจตคติต่อเพิ่มเติมที่ดีให้กับนิสิตนักศึกษาครู

โดยผลการวิจัยก่อนหน้าพบว่า คณาจารย์ประจำหลักสูตรผลิตครูมีการสอดแทรกแนวคิดเพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่ได้นำมาใช้เป็นแบบอย่าง หรือจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างจริงจัง การจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมของคณาจารย์จะใช้การบรรยาย สาธิตหรืออบรมเป็นหลัก (กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร, 2561; กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) เป็นหลักฐานที่อาจจะสะท้อนให้เห็นว่าอาจารย์นิเทศก์ของหลักสูตรผลิตครูส่วนใหญ่มีประสบการณ์จริงในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมในระดับหนึ่ง ซึ่งทำให้อาจารย์นิเทศก์สามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม และสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้ไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นหลักสูตรต่าง ๆ จึงควรส่งเสริมให้คณาจารย์มีการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมอย่างจริงจังเพื่อเป็นการพัฒนาสมรรถนะของคณาจารย์และนิสิตนักศึกษาครูให้มากยิ่งขึ้น

6) สภาพการสนับสนุนเพิ่มเติมของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติม แต่ในภาพรวมโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต่าง ๆ มีการสนับสนุนเพิ่มเติมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาทางด้านพบว่า โรงเรียนทุกโรงเรียนมีการสนับสนุนของผู้บริหารสูงสุด รองลงมาคือมีศักยภาพและความร่วมมือของครูในโรงเรียน การสนับสนุนเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ การส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม และการสนับสนุนเทคโนโลยี ตามลำดับ ส่วนด้านการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งด้านการสนับสนุนเทคโนโลยีและการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการเป็นสองด้านที่โรงเรียนต่าง ๆ มีอยู่ในระดับปานกลาง ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูยังขาดความพร้อมในการสนับสนุนเพิ่มเติม ซึ่งโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่วนใหญ่มีการสนับสนุนเพิ่มเติมที่ดี ผู้บริหารของโรงเรียนต่าง ๆ มีการบริหารจัดการและผลักดันให้ครูและนิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดเพิ่มเติมในการจัดการเรียนการสอน ครูใน

โรงเรียนต่าง ๆ มีศักยภาพและให้ความร่วมมือกันในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี ซึ่งเป็น การสร้างบรรยากาศการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดีให้แก่นิสิตนักศึกษาครู อันจะส่งผลทำให้นิสิต นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และเกิดการพัฒนาสมรรถนะสะเต็มของ ตนเองให้ดีขึ้นในที่สุด (Horvath, Goodell, & Kosteas, 2018; Margot, & Kettler, 2019; Shernoff et al., 2017) แต่โรงเรียนต่าง ๆ อาจพิจารณาปรับปรุงการสนับสนุนเทคโนโลยีและการสนับสนุน ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการให้ดีขึ้น เพื่อยกระดับการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนให้มีความพร้อม มากยิ่งขึ้น อันจะส่งผลทำให้สามารถพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้ดีขึ้น

นอกจากนี้ถึงแม้โรงเรียนต่าง ๆ จะมีการสนับสนุนสะเต็มในภาพรวมที่ดี แต่การสนับสนุน เทคโนโลยีและการสนับสนุนห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการเป็นสองด้านที่โรงเรียนต่าง ๆ มีอยู่ในระดับ ปานกลาง อีกทั้งเมื่อพิจารณาการสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนรายด้าน พบว่า หมวดวิชาทั้ง 3 หมวด วิชามีค่าเฉลี่ยรายละเอียดในแต่ละด้านส่วนใหญ่อยู่ในระดับมาก แต่หมวดวิชาคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ย ด้านการมีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีระยะเวลาหรือช่วงเวลา เรียนที่เหมาะสม การมีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม การมี ห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรม ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมจาก การเรียนการสอนสะเต็มได้ การมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนสะเต็ม และ การมีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียน การสอนสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนหมวดวิชาวิทยาศาสตร์มีค่าเฉลี่ยด้านการมีการจัด ตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม การมีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู การมีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียน การสอนสะเต็ม การมีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้สะเต็มของนักเรียน การมีเทคโนโลยี หลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ และการมีเทคโนโลยีที่พร้อมและ เพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง และหมวดวิชาเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยด้านการมีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้าง นวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู และการมีห้องเรียน ที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนสะเต็มอยู่ในระดับปานกลาง

สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นข้อจำกัดและข้อควรพัฒนาของการจัดการเรียนการสอนสะเต็มใน โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพว่าถึงแม้โรงเรียนต่าง ๆ จะมีการบริหารจัดการ มีการสนับสนุน สะเต็มที่ดี แต่อาจจะยังสนับสนุนได้ไม่ครอบคลุมเท่าที่ควร โดยโรงเรียนต่าง ๆ ควรให้ความสำคัญกับ การออกแบบห้องเรียน ห้องปฏิบัติการให้สอดคล้องกับการใช้งานในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม ที่ควรมีวัสดุอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่พร้อมและหลากหลาย มีห้องเรียนที่สามารถเคลื่อนย้ายที่นั่งได้

สะดวก สามารถให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงานจากการบูรณาการสะเต็ม อีกทั้งควรจัดห้องเรียนไม่แน่นมากเกินไป เพื่อเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้ได้มากที่สุด (Makhmasi et al., 2012) นอกจากนี้โรงเรียนต่าง ๆ ควรให้ความสำคัญกับการจัดตารางเวลาเรียนวิชาให้เอื้อต่อวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม (นุชนภา ราชนิยม; 2558) โดยจัดให้มีช่วงเวลาติดต่อกันอย่างน้อยสองคาบ และควรเป็นช่วงเวลาที่ไม่ใช่คาบสุดท้ายของวัน เพื่อให้ครูและนิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบกิจกรรมในการเรียนการสอนได้ และนักเรียนไม่เหนื่อยล้าจนเกินไป ซึ่งจะทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ และเมื่อนิสิตนักศึกษาครูมีโอกาสนในการสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างเต็มที่ จะส่งผลนิสิตนักศึกษาครูเกิดพัฒนาการและมีการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของตนเองให้ดียิ่งขึ้นได้ (Kim, & Bolger, 2017; Ortiz, Bos, & Smith, 2015)

ดังนั้นโรงเรียนต่าง ๆ จึงควรส่งเสริมและพัฒนาการสนับสนุนสะเต็มอย่างรอบด้าน ทั้งทางด้านนโยบาย ศักยภาพบุคลากร งบประมาณ วิชาการ สถานที่ วัสดุ อุปกรณ์ และเทคโนโลยี เพื่อสนับสนุนให้ครูและนิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ดี ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อันจะส่งผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ต่อไป (Evagorou et al., 2015; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559)

7) สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

ครูพี่เลี้ยงของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูส่วนใหญ่ขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาแก่นิสิตนักศึกษาครู แต่ในภาพรวมครูพี่เลี้ยงทุกหมวดวิชามีบทบาทการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงรายชื่อในภาพรวมพบว่า ครูพี่เลี้ยงมีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็มสูงที่สุด รองลงมาคือ กระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนสะเต็มได้ ส่วนข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม สะท้อนให้เห็นว่า ครูพี่เลี้ยงมีการสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูใช้แนวคิดสะเต็มในการจัดการเรียนการสอน ถึงแม้ว่าครูพี่เลี้ยงส่วนใหญ่จะขาดความพร้อมในการให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครู ซึ่งครูพี่เลี้ยงอาจจะยังต้องได้รับการพัฒนาให้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการสอนสะเต็มให้มากกว่าที่เป็นอยู่ (นุชนภา ราชนิยม, 2558; อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559) เพื่อให้ครูพี่เลี้ยงสามารถให้คำปรึกษาสะเต็มแก่นิสิตนักศึกษาครูให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการสอนสะเต็ม เป็นสิ่งที่โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต่าง ๆ ควรให้ความสำคัญ หากครูพี่เลี้ยงในโรงเรียนต่าง ๆ มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการสอนสะเต็มที่ไม่เพียงพออาจส่งผลกระทบต่อให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้

สะเต็มที่ไม่เพียงพอและไม่ดีเท่าที่ควร (Horvath, Goodell, & Kostas, 2018; Jaipal-Jamani, & Angeli, 2017; Lin, & Williams, 2016; Nite et al., 2017; Ortiz, & Sriraman, 2015) อีกทั้งอาจส่งผลทำให้ครูพี่เลี้ยงไม่สามารถแนะนำแนวทางหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม และไม่สามารถเป็นแบบอย่างที่ดีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้แก่นิสิตนักศึกษาครูได้ ดังนั้นโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูต้องส่งเสริมและพัฒนาให้ครูพี่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มที่ถูกต้อง โดยอาจมีการจัดอบรมและศึกษาดูงานสะเต็มให้แก่ครูและนิสิตนักศึกษาครูในโรงเรียน อาจจัดโครงการพัฒนาความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็มให้แก่ครูพี่เลี้ยงและนิสิตนักศึกษาครู ร่วมกับมหาวิทยาลัยต่าง ๆ อย่างจริงจังและต่อเนื่อง (นุชนภา ราชนิยม, 2558; รัฎฐิกา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559) เพื่อให้ครูพี่เลี้ยงมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้อง สามารถให้คำแนะนำ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ที่ดีเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม รวมทั้งเป็นแบบอย่างที่ดีให้แก่นิสิตนักศึกษาครูได้ อันจะส่งผลดีต่อนิสิตนักศึกษาครูและนักเรียนของโรงเรียน นั้น ๆ ให้มีศักยภาพและสมรรถนะเกี่ยวกับสะเต็มที่มากยิ่งขึ้น (กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร, 2561; นุชนภา ราชนิยม, 2558)

8) แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม

แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น เป็นการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัยในระยะที่ 2 คือการวิเคราะห์สภาพสมรรถนะครูสะเต็ม การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง และจากผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุ พหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็ม และสังเคราะห์ข้อมูลจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เกี่ยวข้องกับหลักสูตรผลิตครูสะเต็ม และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกับการผลิตครูสะเต็ม มาใช้ในการกำหนดแนวคิดในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มที่เป็นแนวคิดหลักในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวคิดในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มที่ได้จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลวิจัยดังกล่าวมีทั้งหมด 7 แนวคิด คือ

- 1) การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม (TPACK-STEM)
- 2) การพัฒนาทักษะการคิด
- 3) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู
- 4) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์
- 5) การพัฒนาเจตคติต่อสะเต็ม
- 6) การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร
- และ 7) บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง

แนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดสำคัญสำหรับหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม ซึ่งแต่ละแนวคิดมีแนวทางปฏิบัติที่หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของตน เพื่อเตรียมความพร้อมนิสิตนักศึกษาครูในสังกัดของตนมีสมรรถนะครูสะเต็มที่มีมาตรฐาน สามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวคิดและแนวทางปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มทั้ง 7 ถูกลำดับความสำคัญในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็มในโมเดลเชิงสาเหตุพระระดับจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มเป็นหลัก โดยสิ่งที่ต้องได้รับการพัฒนาอันดับแรกคือ สมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ TPACK-STEM ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาให้นิสิตนักศึกษาครูมีสมรรถนะครูสะเต็มที่ได้มาตรฐานสามารถจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลำดับต่อมาคือ การพัฒนาทักษะการคิด การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียน ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ การพัฒนาเจตคติต่อสะเต็ม การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าแนวคิดและแนวทางปฏิบัติในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มได้ถูกลำดับความสำคัญไว้แล้ว แต่ควรนำแนวคิดและแนวปฏิบัติทั้ง 7 ไปใช้เป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มโดยพัฒนาไปพร้อมกันทุกส่วน ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพในการพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครูอย่างสูงที่สุด แต่หากมีข้อจำกัดหรือขาดความพร้อมในการดำเนินการ อาจดำเนินการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มตามลำดับความสำคัญของแนวคิดและแนวปฏิบัติข้างต้น เพื่อให้สามารถพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และปรับปรุงการดำเนินการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้เหมาะสมกับสภาพบริบทของหน่วยงานของตน

ดังนั้นหลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูหรือผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็มควรวางแผนการดำเนินงานร่วมกันในการนำแนวคิดและแนวทางปฏิบัติไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของตน โดยใช้แนวทางเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากงานวิจัยนี้เป็นกรอบการดำเนินงานเบื้องต้น เพื่อให้สามารถวางแผนพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกด้าน และควรมีการส่งเสริมพัฒนาและเตรียมความพร้อมครูสะเต็มอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง (กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร, 2561; รัฎฐิภา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559) เพื่อให้การเตรียมความพร้อมครูสะเต็มมีประสิทธิภาพและได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น

9) การวิเคราะห์โมเดลพระระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

การนำเทคนิคการวิเคราะห์โมเดลพระระดับจำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) มาใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลของการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ (ตัวแปรระดับหลักสูตร) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู บทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง (ตัวแปรระดับโรงเรียน) เจตคติต่อสะเต็ม และทักษะการคิด (ตัวแปรระดับนิสิตนักศึกษาครู) ที่มีต่อสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับธรรมชาติของตัวแปรที่มีการซ้อน (nested) ของข้อมูลข้ามกลุ่มกันของการวิจัยนี้ (Fielding, & Goldstein, 2006; Grady, & Beretvas, 2010; Hill, & Goldstein, 1998; Rasbash, & Goldstein, 1994; Smith, & Beretvas, 2017) ที่มีการเก็บข้อมูล 1) ตัวแปรระดับหลักสูตรจาก

อาจารย์นิเทศก์สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี 2) ตัวแปรระดับโรงเรียนจากครูพี่เลี้ยง หมวดคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และ 3) ตัวแปรระดับนิสิตนักศึกษาครูจากนิสิต นักศึกษาครูคณะครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ชั้นปีที่ 5 สาขาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่ง นิสิตนักศึกษาครูสาขาวิชาเดียวกันอาจมีครูพี่เลี้ยงและอาจารย์นิเทศก์ต่างกัน จึงทำให้ลักษณะของ ข้อมูลมีการซ้อนกันข้ามกลุ่ม ดังนั้นการใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มจึงเป็นวิธีที่ ทำให้ได้ผลการวิจัยที่ตรงกับสภาพของข้อมูลตามความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

ในการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มต้องมีการจับคู่ (matching) ข้อมูลในแต่ละระดับให้ถูกต้อง ผู้วิจัยต้องคำนึงถึงระบบการ matching ข้อมูล ที่ต้องเก็บรวบรวม ข้อมูลจากแหล่งข้อมูล 3 แหล่ง เพื่อนำมาใช้ในการจับคู่เพื่อวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม ให้ถูกต้อง ซึ่งในการวิจัยนี้มีการใช้ระบบการจับคู่สามทางคือให้ตัวอย่างวิจัยแต่ละระดับระบุรหัสแทน ตัวตนของตนเองและตัวอย่างวิจัยกลุ่มอื่นที่เกี่ยวข้องกับตน อีกทั้งยังใช้วิธีการส่งแบบสอบถามทั้งสาม ระดับไปที่นิสิตนักศึกษาครูเพื่อขอความร่วมมือมาให้อาจารย์นิเทศก์ และครูพี่เลี้ยงของตนให้ข้อมูล เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับจะครบถ้วนและสามารถจับคู่ได้อย่างถูกต้อง แต่ปัญหาที่พบคือการตอบ กลับแบบสอบถามมีเพียงร้อยละ 24.07 กล่าวคือได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ตอบกลับน้อย อีกทั้งข้อมูลที่ได้ เมื่อนำมาจับคู่แล้วพบว่าข้อมูลส่วนมากเป็นการซ้อนกันแบบ 1:1:1 ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้การรวมข้อมูล (aggregated data) ของอาจารย์พี่เลี้ยงเป็นหลักสูตรคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีจาก มหาวิทยาลัยแต่ละแห่ง และของครูพี่เลี้ยงเป็นหมวดวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จากแต่ละโรงเรียน ทำให้ข้อมูลมีการซ้อนกันอย่างเหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนก ข้ามกลุ่ม ซึ่งทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและได้สารสนเทศอันเป็นประโยชน์ใน การพัฒนาแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม เห็นได้ว่าการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับที่ ลักษณะข้อมูลมีความซับซ้อน นักวิจัยต้องวางแผนการเก็บข้อมูลให้ดี และควรมีการเก็บข้อมูลภูมิหลัง วิจัยของตัวอย่างวิจัยแต่ละระดับให้รอบคอบและครบถ้วนเพื่อใช้ในการจับคู่หรือจัดกระทำข้อมูลให้มีความเหมาะสมต่อการวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเครื่องมือวัด โมเดลเชิงสาเหตุ และแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม : การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม” ประกอบด้วย ข้อเสนอแนะ 3 ส่วน คือ 1) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ 2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป และ 3) ข้อเสนอแนะเชิงวิวิธวิทยา ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มในการวิจัยนี้ เป็นดำเนินการพัฒนาเครื่องมือแล้วนำไปใช้กับนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้น อย่างไรก็ตามการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มดังกล่าวเป็นการพัฒนาเครื่องมือตามกรอบ TPACK-STEM ซึ่งเป็นกรอบสมรรถนะขั้นพื้นฐานที่ผู้ที่ประกอบวิชาชีพครูควรมี ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงสามารถนำไปใช้กับครู นิสิตนักศึกษาครู หรือบุคลากรทางการศึกษาที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มได้ ไม่จำกัดเฉพาะนิสิตนักศึกษาครูชั้นปีที่ 5 เพียงเท่านั้น

1.2 เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้น มีเนื้อหาข้อคำถามเป็นพหุมิติที่มีการบูรณาการ TPACK และ STEM อย่างละ 2 มิติในหนึ่งข้อคำถาม ทำให้แต่ละข้อคำถามจะประกอบด้วย การบูรณาการ 4 องค์ประกอบ เช่น TP-SE, TC-EM, PC-ST ทำให้ข้อคำถามแต่ละข้อมีข้อความที่ยาว ทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ ดังนั้นการนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มไปใช้จึงควรให้ระยะเวลาในการตอบแบบสอบถามแก่ผู้ตอบอย่างเพียงพอ

1.3 ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในระดับปานกลาง และนิสิตนักศึกษาครูสาขาเทคโนโลยีมีสมรรถนะครูสะเต็มสูงกว่านิสิตนักศึกษาครูสาขาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ สะท้อนให้เห็นว่านิสิตนักศึกษาครูที่มีความรู้ความสามารถทางด้านเทคโนโลยีที่ดีมีแนวโน้มที่จะมีสมรรถนะครูสะเต็มสูง ดังนั้นหลักสูตรผลิตครูจึงควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเทคโนโลยีและการใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนให้มากยิ่งขึ้น

1.4 ในการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากการวิจัยนี้ไปใช้ หลักสูตรและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรวางแผนรวมกันในการปรับแนวทางปฏิบัติให้เหมาะสมกับบริบทของตน โดยใช้แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มนี้เป็นกรอบการดำเนินงานเบื้องต้น เพื่อให้สามารถวางแผนพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกด้าน ทั้งนี้หลักสูตรผลิตครูและโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูควรมีการส่งเสริมพัฒนาและเตรียมความพร้อมครูสะเต็มอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องเพื่อให้การเตรียมความพร้อมครูสะเต็มมีประสิทธิภาพและได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น

1.5 แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแนวคิดในการเตรียมความพร้อมครูสะเต็ม 7 แนวคิด แต่ละแนวคิดมีแนวทางปฏิบัติสำหรับหลักสูตรผลิตครูและ/หรือโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ซึ่งในการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มไปใช้หลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับการผลิตครูสะเต็มทุกหลักสูตรควรพิจารณาและปฏิบัติตามแนวคิดและแนวทางปฏิบัติทุกข้อเช่นเดียวกัน แต่หากมีข้อจำกัดหรือขาดความพร้อมในการดำเนินการ อาจพิจารณาดำเนินการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มตามลำดับความสำคัญของแนวคิดและแนวปฏิบัติ

คือ 1) การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็ม (TPACK-STEM) 2) การพัฒนาทักษะการคิด 3) การสนับสนุน สะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู 4) บทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์ 5) การพัฒนาเจตคติต่อสะเต็ม 6) การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และ 7) บทบาทการให้คำปรึกษาของ ครูพี่เลี้ยง เพื่อให้สามารถพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู และปรับปรุงการดำเนินการ เตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้เหมาะสมกับสภาพบริบทของหน่วยงานของตน ซึ่งจะทำให้การเตรียม ความพร้อมครูสะเต็มแต่ละด้านในหน่วยงานของตนมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.6. ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุจำแนกข้ามกลุ่มของสมรรถนะครูสะเต็มพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ 1) เจตคติต่อสะเต็ม 2) ทักษะ การคิด 3) การสนับสนุนสะเต็มของโรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และ 4) บทบาทการให้คำปรึกษา ของอาจารย์นิเทศก์ ดังนั้นในการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มไปใช้หลักสูตรและ โรงเรียนฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูอาจจะพิจารณาให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและพัฒนา สมรรถนะครูสะเต็มตามหลักการที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทั้ง 4 เป็นอันดับแรกเพื่อยกระดับ การพัฒนาสมรรถนะครูสะเต็มให้ดีขึ้นในระยะแรก แล้วจึงดำเนินการส่งเสริมและพัฒนาให้ครอบคลุม ทุกหลักการและแนวทางปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับ การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้ คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยง ให้ครอบคลุมในระยะต่อมา

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1. การนำกรอบ TPACK-STEM มาใช้ในการสร้างเครื่องมือทำให้ได้เครื่องมือที่สามารถวัด สมรรถนะครูสะเต็มได้อย่างครอบคลุม ซึ่งในการสร้างข้อคำถามวัดสมรรถนะครูสะเต็มแบบพหุมิติมี การนำองค์ประกอบของ TPACK และ STEM มาบูรณาการร่วมกันหลายมิติในหนึ่งข้อคำถาม อาจทำ ให้ข้อคำถามมีข้อความที่ยาว ไม่กระชับ และมีหลายใจความ อาจส่งผลให้ผู้ตอบเกิดความเข้าใจเนื้อหา ในแต่ละข้อแตกต่างกัน อีกทั้งต้องใช้ระยะเวลาในการตอบคำถามทั้งฉบับพอสมควร ดังนั้นการวิจัย ครั้งต่อไปอาจมีการพิจารณาสร้างเครื่องมือวัดสมรรถนะครูตามกรอบ TPACK-STEM โดยใช้วิธีหรือ รูปแบบอื่น ๆ ที่คาดว่าจะสามารถควบคุมปัญหาเรื่องระยะเวลาในการตอบและความเป็นปรนัย แล้ว นำมาเปรียบเทียบผลการใช้เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่สร้างขึ้นจากการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนา เครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2. จากผลการวิเคราะห์สภาพบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง พบว่า อาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงมีความสามารถในการแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มให้กับนิสิตนักศึกษาครู และมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็มน้อยกว่าด้านอื่น ๆ แต่งานวิจัยนี้มิได้วัดสมรรถนะครูสะเต็มของ อาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง ดังนั้นงานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการวัดสมรรถนะครูสะเต็มตามกรอบ

TPACK-STEM ของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง เพื่อให้ได้สารสนเทศที่บ่งชี้จุดแข็งและจุดอ่อนเกี่ยวกับความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยง ซึ่งจะนำมาซึ่งวิธีการหรือแนวทางในการพัฒนาความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงให้มีความถูกต้องและลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

2.3. การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในการวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงซึ่งพบว่า หลักสูตรต่าง ๆ มีการส่งเสริมสะเต็มและมีบทบาทการให้คำปรึกษาของอาจารย์นิเทศก์อยู่ในระดับมาก อีกทั้งโรงเรียนต่าง ๆ มีการสนับสนุนสะเต็มและมีบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงอยู่ในระดับมาก ผลการวิจัยดังกล่าวเป็นผลการวิเคราะห์สภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มจากการรับรู้ของอาจารย์นิเทศก์และครูพี่เลี้ยงเท่านั้น ซึ่งอาจให้ผลที่สูงเกินความเป็นจริง ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสภาพการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มของหลักสูตรและโรงเรียนจากการรับรู้ของนิสิตนักศึกษาครูอีกทางหนึ่ง เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์สภาพจริงของการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มให้มีความถูกต้องและตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

2.4. ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุทุกระดับจำแนกข้ามกลุ่มพบว่า การส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตร และบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 ซึ่งจากการวิเคราะห์สภาพการส่งเสริมสะเต็มของหลักสูตรและบทบาทการให้คำปรึกษาของครูพี่เลี้ยงพบว่าปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะครูสะเต็ม ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวอีกครั้งโดยละเอียด เพื่อเป็นการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวที่ส่งผลต่อสมรรถนะครูสะเต็มให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น หรืออาจทำให้ได้ทราบสาเหตุที่ปัจจัยดังกล่าวไม่มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาปัจจัยดังกล่าวให้มีอิทธิพลต่อสมรรถนะครูสะเต็มต่อไป

2.5. การวิจัยครั้งต่อไปควรมีการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มไปใช้ แล้วศึกษาผลที่เกิดขึ้นทั้งสมรรถนะครูสะเต็มของนิสิตนักศึกษาครู ปัญหาอุปสรรคของการปฏิบัติตามแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มในแต่ละส่วน ทั้งนี้การศึกษาผลการใช้แนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มควรมีการเก็บข้อมูลระยะยาว เพราะการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มต้องใช้เวลาในการปรับปรุง พัฒนา และดำเนินการ ผลที่เกิดขึ้นอาจไม่เกิดขึ้นในทันทีที่ต้องใช้เวลาในการพัฒนา ดังนั้นนักวิจัยจึงควรศึกษาผลของการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มไปใช้และควรมีการเก็บข้อมูลพัฒนาการเป็นระยะ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการนำแนวทางการเตรียมความพร้อมครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นไปใช้

3. ข้อเสนอแนะเชิงวิวิธยา

3.1. วิธีการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของตัวแปรใด ๆ ที่ตัวอย่างวิจัยระดับล่างมีโครงสร้างการซ้อนของข้อมูลข้ามกลุ่มในระดับที่สูงกว่า ซึ่งสภาพของการวิจัยหรือตัวแปรวิจัยทางสังคมศาสตร์ที่เป็นจริงในธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีลักษณะข้อมูลที่มีการซ้อนกันที่ซับซ้อนในลักษณะเช่นนี้ เช่น การที่นักเรียนแต่ละคนเรียนในโรงเรียนเดียวกัน อาจมาจากคนละพื้นที่หรืออำเภอ อาจมีเศรษฐฐานะทางครอบครัวต่างกัน หรืออาจเรียนในสาขาหรือแผนการเรียนที่แตกต่างกัน ดังนั้นการพิจารณานำการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มมาใช้ในการวิจัยที่ข้อมูลมีโครงสร้างที่ซับซ้อนเช่นนี้ จึงเป็นวิธีที่มีความเหมาะสม อันจะนำมาซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ตรงหรือสอดคล้องกับธรรมชาติและบริบทจริงของข้อมูลมากที่สุด

3.2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีโครงสร้างซ้อนข้ามกลุ่ม ต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลหลายแหล่ง และต้องจับคู่ข้อมูลหรือจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม นักวิจัยควรคิดระบบในการจัดเก็บข้อมูลให้ชัดเจน โดยอาจให้ผู้ให้ข้อมูลระบุรหัสแทนตนและผู้เกี่ยวข้องในทุกระดับเพื่อความถูกต้องในการจับคู่ข้อมูล ทั้งนี้การเก็บข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้ให้ข้อมูลหลายกลุ่ม อาจมีอัตราตอบกลับแบบสอบถามที่สามารถจับคู่กันโดยสมบูรณ์ไม่มากเท่าที่ควร หรือมีอัตราการตอบกลับต่ำ ดังนั้นนักวิจัยจึงควรหาวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ หรือคิดระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อป้องกันการสูญหาย และอาจพิจารณาส่งแบบสอบถามมากกว่าจำนวนตัวอย่างวิจัยขั้นต่ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างน้อยร้อยละ 50 นอกจากนี้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มอาจได้ข้อมูลที่มีการซ้อนกันไม่เหมาะสม หรือมีข้อมูลลักษณะ 1:1:1 มากเกินไป นักวิจัยควรมีการพิจารณาเก็บข้อมูลภูมิหลังที่สามารถนำมาใช้จัดกลุ่มข้อมูลในแต่ละระดับเพื่อให้ข้อมูลมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่ม

3.3. การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มด้วยโปรแกรม Mplus ในครั้งนี้ ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการทางสถิติแบบเบย์ (Bayesian) ซึ่งอาจให้ผลการประมาณค่าแตกต่างจากการประมาณค่าโดยใช้การประมาณค่าแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood: ML) หรือการประมาณค่าด้วยวิธีการทางสถิติแบบดั้งเดิม (classical) หรือแบบความถี่ (frequentist) อื่น ๆ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะพิจารณาใช้โปรแกรมทางสถิติอื่น ๆ ที่มีการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับจำแนกข้ามกลุ่มด้วยการประมาณค่าแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจให้ผลที่คล้ายคลึงหรือแตกต่างจากการประมาณค่าแบบเบย์ ทั้งนี้ขึ้นกับความเชื่อของนักวิจัยว่ามีความเชื่อในการประมาณค่าทางสถิติแบบใด และความเหมาะสมของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสถิติวิเคราะห์ที่ควรพิจารณาทั้งสองด้าน

บรรณานุกรม

- กนิษฐ์ ศรีเคลือบ และณัฐพล แจ้งอักษร. (2561). *การพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ของนักศึกษาคณะ: การกำหนดจุดตัดคะแนนโดยใช้การวิเคราะห์กลุ่มแฝง*. ปทุมวัน, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEM ศึกษาสำหรับนักศึกษาวิชาชีวเคมี วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18(4), 334-336.*
- ชนิดา รัชชพลเมือง. (2560). *การศึกษาสภาพและปัญหาการผลิต การใช้ และการพัฒนาครูการศึกษาขั้นพื้นฐานที่สอดคล้องกับความต้องการในอนาคต. วารสารครุศาสตร์. 45(3), 17-33.*
- นุชนภา ราชนิยม. (2558). *การศึกษาสภาพ ปัญหาและความพร้อมของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบ สะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- รัฐฎีกา ตั้งพุทธิพงศ์. (2559). *การวิเคราะห์กระบวนการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ห้องเรียน. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2558). *สถานภาพการผลิตและพัฒนาครูในประเทศไทย. บางกอกน้อย, กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.*
- สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2558). *เอกสารประกอบการพิจารณา สภาขับเคลื่อนการปฏิรูปประเทศ ด้านการศึกษา. ดุสิต, กรุงเทพฯ: สำนักการพิมพ์.*
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.*
- Abad, F. J., Sorrel, M. A., Garcia, L. F., & Aluja, A. (2018). Modeling general, specific, and method variance in personality measures: Results for ZKA-PQ and NEO-PIR. *Assessment, 25(8), 959-977.*
- Adams, A. E., Miller, B. G., Saul, M., & Pegg, J. (2014). Supporting elementary pre-service teachers to teach STEM through place-based teaching and learning experiences. *Electronic Journal of Science Education, 18(5), 1-22.*
- Adedokun, O. A., Bessenbacher, A. B., Parker, L. C., Kirkham, L. L., & Burgess, W. D. (2013). Research skills and STEM undergraduate research students' aspirations for

- research careers: Mediating effects of research self-efficacy. *Journal of Research in Science teaching*, 50(8), 940-951.
- Al-Awidi, H., & Aldhafeeri, F. (2017). Teachers' readiness to implement digital curriculum in kuwaiti schools. *Journal of Information Technology Education*, 16(1), 105-126.
- Allen, M., Webb, A. W., & Matthews, C. E. (2016). Adaptive teaching in STEM: Characteristics for effectiveness. *Theory into Practice*, 55(3), 217-224.
- Archambault, L. M., & Barnett, J. H. (2010). Revisiting technological pedagogical content knowledge: Exploring the TPACK framework. *Computers & Education*, 55(4), 1656-1662.
- Baser, D., Kopcha, T. J., & Ozden, M. Y. (2016). Developing a technological pedagogical content knowledge (TPACK) assessment for preservice teachers learning to teach English as a foreign language. *Computer Assisted Language Learning*, 29(4), 749-764.
- Bowsher, A., Sparks, D., & Hoyer, K. M. (2018). Preparation and Support for Teachers in Public Schools: Reflections on the First Year of Teaching. Stats in Brief. NCES 2018-143. *National Center for Education Statistics*.
- Altan, E. B., & Ercan, S. (2016). STEM education program for science teachers: perceptions and competencies. *Journal of Turkish Science Education*, 13(special), 103-117.
- Brantley-Dias, L., & Ertmer, P. A. (2013). Goldilocks and TPACK: Is the construct “just right?”. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(2), 103–128.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brobst, J., Markworth, K., Tasker, T., & Ohana, C. (2017). Comparing the preparedness, content knowledge, and instructional quality of elementary science specialists and self-contained teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1302-1321.

- Brown, A. L., Lee, J., & Collins, D. (2015). Does student teaching matter Investigating pre-service teachers' sense of efficacy and preparedness. *Teaching Education, 26*(1), 77-93.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30.
- Chai, C. S. (2019). Teacher professional development for science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: A review from the perspectives of technological pedagogical content (TPACK). *The Asia-Pacific Education Researcher, 28*(1), 5-13.
- Cho, Y., & Shim, S. S. (2013). Predicting teachers' achievement goals for teaching: The role of perceived school goal structure and teachers' sense of efficacy. *Teaching and teacher education, 32*, 12-21.
- Chung, H., Kim, J., Park, R., & Jean, H. (2018). The Impact of Sample Size in Cross-Classified Multiple Membership Multilevel Models. *Journal of Modern Applied Statistical Methods, 17*(1), 1-22.
- Cole, D. A., Perkins, C. E., & Zelkowitz, R. L. (2016). Impact of homogeneous and heterogeneous parceling strategies when latent variables represent multidimensional constructs. *Psychological Methods, 21*(2), 164.
- Craig, C., Evans, P., & Stokes, D. (2017). *Developing STEM teachers through both informal and formal learning experiences*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- DiBenedetto, C. A., & Myers, B. E. (2016). A conceptual model for the study of student readiness in the 21st century. *NACTA Journal, 60*(1a), 28-35.
- Drummond, A., & Sweeney, T. (2017). Can an objective measure of technological pedagogical content knowledge (TPACK) supplement existing TPACK measures. *British Journal of Educational Technology, 48*(4), 928-939.
- Dunn, E. C., Richmond, T. K., Milliren, C. E., & Subramanian, S. V. (2015). Using cross-classified multilevel models to disentangle school and neighborhood effects: an example focusing on smoking behaviors among adolescents in the United States. *Health & place, 31*, 224-232.

- Eckman, E. W., Williams, M. A., & Silver-Thorn, M. B. (2016). An integrated model for STEM teacher preparation: the value of a teaching cooperative educational experience. *Journal of STEM Teacher Education*, 51(1), 71-82.
- Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 7(2), 63-74.
- El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International journal of STEM education*, 5(1), 36.
- Evagorou, M., Dillon, J., Viiri, J., & Albe, V. (2015). Pre-service science teacher preparation in Europe: Comparing pre-service teacher preparation programs in England, France, Finland and Cyprus. *Journal of Science Teacher Education*, 26(1), 99-115.
- Fielding, A., & Goldstein, H. (2006). *Cross-classified and multiple membership structures in multilevel models: An introduction and review*. Research report RR791. Department for Education and Skills, London.
- Freak, A., & Miller, J. (2017). Magnifying pre-service generalist teachers' perceptions of preparedness to teach primary school physical education. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 22(1), 51-70.
- Gill, L., & Dalgarno, B. (2017). A qualitative analysis of pre-service primary school teachers' TPACK development over the four years of their teacher preparation programme. *Technology, Pedagogy and Education*, 26(4), 439-456.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012, August). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Congressional Research Service, Library of Congress.
- Goodwin, A. L., Smith, L., Souto-Manning, M., Cheruvu, R., Tan, M. Y., Reed, R., & Taveras, L. (2014). What should teacher educators know and be able to do Perspectives from practicing teacher educators. *Journal of Teacher Education*, 65(4), 284-302.
- Grady, M. W., & Beretvas, S. N. (2010). Incorporating student mobility in achievement growth modeling: A cross-classified multiple membership growth curve model. *Multivariate Behavioral Research*, 45(3), 393-419.

- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P., & Valtonen, T. (2017). Preparing teacher-students for twenty-first-century learning practices (PREP 21): a framework for enhancing collaborative problem-solving and strategic learning skills. *Teachers and Teaching*, 23(1), 25-41.
- Hansen, M. (2014). Characteristics of schools successful in STEM: Evidence from two states' longitudinal data. *The Journal of Educational Research*, 107(5), 374-391.
- Hardré, P. L., Ling, C., Shehab, R. L., Herron, J., Nanny, M. A., Nollert, M. U., ... & Wollega, E. D. (2014). Designing and evaluating a STEM teacher learning opportunity in the research university. *Evaluation and program planning*, 43, 73-82.
- Harris, J., Phillips, M., Koehler, M., & Rosenberg, J. (2017). TPCK/TPACK research and development: Past, present, and future directions. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 1-8.
- Hiebert, J. (2013). Transforming teacher preparation to ensure long-term improvement in STEM teaching. *Teacher Education and Practice*, 26(4), 832-846.
- Hill, P. W., & Goldstein, H. (1998). Multilevel modeling of educational data with cross-classification and missing identification for units. *Journal of Educational and Behavioral statistics*, 23(2), 117-128.
- Horvath, M., Goodell, J. E., & Kosteas, V. D. (2018). Decisions to enter and continue in the teaching profession: Evidence from a sample of US secondary STEM teacher candidates. *Teaching and Teacher Education*, 71, 57-65.
- Hox, J. J., & Mass, C. J. (2001). The accuracy of multilevel structural equation modeling with pseudobalanced groups and small samples. *Structural Equation Modeling*, 8, 157-174.
- Hudson, P., & Hudson, S. (2007). Examining Preservice Teachers' Preparedness for Teaching Art. *International Journal of Education & the Arts*, 8(5), 1-25.
- Hutchison, L. F. (2012). Addressing the STEM teacher shortage in American schools: Ways to recruit and retain effective STEM teachers. *Action in Teacher Education*, 34(5-6), 541-550.
- Jaipal-Jamani, K., & Angeli, C. (2017). Effect of robotics on elementary preservice teachers' self-efficacy, science learning, and computational thinking. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 175-192.

- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Kim, D., & Bolger, M. (2017). Analysis of Korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587-605.
- King, C. M., Lancaster, P. E., Defrance, N. L., Melin, J. A., & Cleveland, R. (2013). Curricular and Pedagogical Imperatives for Fostering Effective STEM Teacher Preparation. *Teacher Education and Practice*, 26(4), 706-721.
- Knezek, G., Christensen, R., & Tyler-Wood, T. (2011). Contrasting perceptions of STEM content and careers. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 11(1), 92-117.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Akcaoglu, M., & Rosenberg, J. M. (2013). The technological pedagogical content knowledge framework for teachers and teacher educators. *ICT integrated teacher education: A resource book*, 2-7.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Bouck, E. C., DeSchryver, M., Kereluik, K., Shin, T. S., & Wolf, L. G. (2011). Deep-play: Developing TPACK for 21st century teachers. *International Journal of Learning Technology*, 6(2), 146-163.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. AACTE committee on innovation and technology (Ed.), *The handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Koehler, M.J., Shin, T.S., & Mishra, P. (2012). How do we measure TPACK? Let me count the ways. In R.N. Ronau, C.R. Rakes, & M.L. Niess (Eds.), *Educational technology, teacher knowledge, and classroom impact: A research handbook on frameworks and approaches*. Hershey, PA: IGI Global.
- Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Tsai, C. C. (2014). Demographic factors, TPACK constructs, and teachers' perceptions of constructivist-oriented TPACK. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(1), 185-196.
- Kondakci, Y., Beycioglu, K., Sincar, M., & Ugurlu, C. T. (2017). Readiness of teachers for change in schools. *International Journal of Leadership in Education*, 20(2), 176-197.

- Law, E. L. C. (2011, June). The measurability and predictability of user experience. In *Proceedings of the 3rd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems*. ACM.
- Law, E. L. C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P., & Kort, J. (2009, April). *Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach*. In Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. ACM.
- Lin, K. Y., & Williams, P. J. (2016). Taiwanese preservice teachers' science, technology, engineering, and mathematics teaching intention. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*(6), 1021-1036.
- Liu, E., Liu, C., & Wang, J. (2015). Pre-service science teacher preparation in China: Challenges and promises. *Journal of Science Teacher Education, 26*(1), 29-44.
- Little, T. D., Cunningham, W. A., Shahar, G., & Widaman, K. F. (2002). To parcel or not to parcel: Exploring the question, weighing the merits. *Structural equation modeling, 9*(2), 151-173.
- Little, T. D., Rhemtulla, M., Gibson, K., & Schoemann, A. M. (2013). Why the items versus parcels controversy needn't be one. *Psychological methods, 18*(3), 285.
- Madden, L., Beyers, J., & O'Brien, S. (2016). The importance of STEM education in the elementary grades: Learning from pre-service and novice teachers' perspectives. *Electronic Journal of Science Education, 20*(5), 1-18.
- Maher, P. A., Bailey, J. M., Etheridge, D. A., & Warby, D. B. (2013). Preservice teachers' beliefs and confidence after working with STEM faculty mentors: An exploratory study. *Teacher Education and Practice, 26*(2), 266-284.
- Makhmasi, S., Zaki, R., Barada, H., & Al-Hammadi, Y. (2012, October). Factors influencing STEM teachers' effectiveness in the UAE. In *2012 Frontiers in Education Conference Proceedings*. IEEE.
- Marginson, S, Tytler, R, Freeman, B and Roberts, K (2013). *STEM: Country comparisons*. Victoria, Melbourne: the Australian Council of Learned Academies.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education, 6*(1), 1-16.

- Martin, B. (2015). Successful implementation of TPACK in teacher preparation programs. *International Journal on Integrating Technology in Education (IJITE)*, 4(1), 17-26.
- Matsunaga, M. (2008). Item parceling in structural equation modeling: A primer. *Communication Methods and Measures*, 2(4), 260-293.
- Mcintyre, E., Walkowiak, T., Thomson, M., Carrier, S., Lee, C., Greive, E., ... & Difrancesca, D. (2013). A STEM-focused elementary teacher preparation program: Candidate and alumni perceptions. *Teacher Education and Practice*, 26(4), 670-687.
- McPherson, S., & Anid, N. M. (2014, March). Preparing STEM teachers for K-12 classrooms: Graduate certificate evaluation and innovation. In *2014 IEEE Integrated STEM education conference*. IEEE.
- Meade, A. W., & Kroustalis, C. M. (2005). Problems of item parceling with CFA tests of measurement invariance. In *The 20 th Annual Conference of the Society for Industrial and Organizational Psychology, Los Angeles, CA*.
- Meyers, J. L., & Beretvas, S. N. (2006). The impact of inappropriate modeling of cross-classified data structures. *Multivariate Behavioral Research*, 41(4), 473-497.
- Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., Koehler, M. J., & Kereluik, K. (2009). Looking back to the future of educational technology. *TechTrends*, 53(5), 1-6.
- Morin, A. J., Arens, A. K., & Marsh, H. W. (2016). A bifactor exploratory structural equation modeling framework for the identification of distinct sources of construct-relevant psychometric multidimensionality. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 23(1), 116-139.
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM education: The student, the school, the classroom. *TIES (Teaching Institute for Excellence in STEM)*, 20, 1-7.
- Muthen, B. & Asparouhov, T. (2012). Structural Equation Modeling: a more Flexible Representation of Substantive Theory. *Psychological Methods*, 17(3), 313-335.
- Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfiester, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional

- development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157-168.
- Nite, S. B., Capraro, M. M., Capraro, R. M., & Bicer, A. (2017). Explicating the Characteristics of STEM Teaching and Learning: A Metasynthesis. *Journal of STEM Teacher Education*, 52(1), 31-53.
- O'Brien, S. (2010). Characterization of a Unique Undergraduate Multidisciplinary STEM K-5 Teacher Preparation Program. *Journal of Technology Education*, 21(2), 35-51.
- Olson, J. K., Tippet, C. D., Milford, T. M., Ohana, C., & Clough, M. P. (2015). Science teacher preparation in a north-american context. *Journal of Science Teacher Education*, 26(1), 7-28.
- Ortiz, A. M., Bos, B., & Smith, S. (2015). The power of educational robotics as an integrated STEM learning experience in teacher preparation programs. *Journal of College Science Teaching*, 44(5), 42-47.
- Ortiz, A. M., & Sriraman, V. (2015). Exploring faculty insights into why undergraduate college students leave STEM Fields of study-a three-part organizational self-study. *American Journal of Engineering Education*, 6(1), 43-60.
- Park, M. H., Dimitrov, D. M., Patterson, L. G., & Park, D. Y. (2017). Early childhood teachers' beliefs about readiness for teaching science, technology, engineering, and mathematics. *Journal of Early Childhood Research*, 15(3), 275-291.
- Park, H. C., Kim, D. K., Kho, S. Y., & Park, P. Y. (2017). Cross-classified multilevel models for severity of commercial motor vehicle crashes considering heterogeneity among companies and regions. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 305-314.
- Parker, C. E., Stylinski, C. D., Bonney, C. R., Schillaci, R., & McAuliffe, C. (2015). Examining the quality of technology implementation in STEM classrooms: Demonstration of an evaluative framework. *Journal of Research on Technology in Education*, 47(2), 105-121.
- Petko, D., Prasse, D., & Cantieni, A. (2018). The interplay of school readiness and teacher readiness for educational technology integration: A structural equation model. *Computers in the Schools*, 35(1), 1-18.
- Preacher, K. J., & Coffman, D. L. (2006). Computing power and minimum sample size for RMSEA. Computer software. Retrieved from <http://quantpsy.org>.

- Radloff, J., & Guzey, S. (2016). Investigating preservice STEM teacher conceptions of STEM education. *Journal of Science Education and Technology, 25*(5), 759-774.
- Rahman, S. M., Chacko, S. M., & Kapila, V. (2017, June). Building trust in robots in robotics-focused STEM education under TPACK framework in middle schools. In *Proc. ASEE Annual Conference*.
- Rahman, S. M., Krishnan, J. V., & Kapila, V. (2017, June). Exploring the dynamic nature of TPACK framework in teaching STEM using robotics in middle school classrooms. In *Proc. ASEE Annual Conference and Exposition*.
- Rasbash, J., & Goldstein, H. (1994). Efficient analysis of mixed hierarchical and cross-classified random structures using a multilevel model. *Journal of Educational and Behavioral statistics, 337-350*.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education, 28*(5), 444-467.
- Rinke, C. R., Gladstone-Brown, W., Kinlaw, C. R., & Cappiello, J. (2016). Characterizing STEM teacher education: Affordances and constraints of explicit STEM preparation for elementary teachers. *School Science and Mathematics, 116*(6), 300-309.
- Rock, M. L., Spooner, F., Nagro, S., Vasquez, E., Dunn, C., Leko, M., ... & Jones, J. L. (2016). 21st century change drivers: Considerations for constructing transformative models of special education teacher development. *Teacher Education and Special Education, 39*(2), 98-120.
- Ronfeldt, M., and M. Reininger. 2012. "More or Better Student Teaching?". *Teaching and Teacher Education, 28*(8), 1091-1106.
- Ryu, M., Mentzer, N., & Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology and Design Education, 29*(3), 493-512.

- Saltan, F., & Arslan, K. (2017). A comparison of in-service and pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge self-confidence. *Cogent Education*, 4(1), 1-12.
- Sanders, M. E. (2008). *Stem, stem education, stemmania*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10919/51616>
- Seidel, K., & Whitcomb, J. (2015). Exploring novice teachers' core competencies. *promoting and sustaining a quality teacher workforce (International Perspectives on Education and Society)*, 27, 197-238.
- Shahali, M., Hafizan, E., Halim, L., Rasul, S., Osman, K., Ikhsan, Z., & Rahim, F. (2015). Bitara-stem training of trainers'programme: impact on trainers'knowledge, beliefs, attitudes and efficacy towards integrated STEM teaching. *Journal of Baltic Science Education*, 14(1), 1-12.
- Sharp, L. A., Raymond, R. D., & Piper, R. (2018). The preparedness of preservice literacy teachers: viewpoints among literacy teacher educators. *Journal of Teacher Education and Educators*, 7(2), 101-122.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16.
- Silm, G., Tiitsaar, K., Pedaste, M., Zacharia, Z. C., & Papaevripidou, M. (2017). Teachers' readiness to use inquiry-based learning: An investigation of teachers' sense of efficacy and attitudes toward inquiry-based learning. *Science Education International*, 28(4), 315-325.
- Siwatu, K. O. (2011). Preservice teachers' sense of preparedness and self-efficacy to teach in America's urban and suburban schools: Does context matter. *Teaching and Teacher Education*, 27(2), 357-365.
- Smith, K. L., Rayfield, J., & McKim, B. R. (2015). Effective Practices in STEM Integration: Describing Teacher Perceptions and Instructional Method Use. *Journal of Agricultural Education*, 56(4), 183-203.

- Smith, L. J. W., & Beretvas, S. N. (2017). A comparison of techniques for handling and assessing the influence of mobility on student achievement. *The Journal of Experimental Education, 85*(1), 3-23.
- Srikoom, W., Hanuscin, D. L., & Faikhamta, C. (2017, December). Perceptions of in-service teachers toward teaching STEM in Thailand. In *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. The Education University of Hong Kong, Department of Science and Environmental Studies.
- Strimel, G., & Grubbs, M. E. (2016). Positioning technology and engineering education as a key force in STEM education. *Journal of Technology Education, 27*(2), 21-36.
- Štuikys, V., & Burbaitė, R. (2018). *Smart STEM-Driven Computer Science Education: Theory, Methodology and Robot-based Practices*. Cham: Springer.
- Sun, Y., Strobel, J., & Newby, T. J. (2017). The impact of student teaching experience on pre-service teachers' readiness for technology integration: A mixed methods study with growth curve modeling. *Educational Technology Research and Development, 65*(3), 597-629.
- Thomson, M. M., DiFrancesca, D., Carrier, S., & Lee, C. (2017). Teaching efficacy: exploring relationships between mathematics and science self-efficacy beliefs, PCK and domain knowledge among preservice teachers from the United States. *Teacher Development, 21*(1), 1-20.
- Valtonen, T., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Mäkitalo-Siegl, K., & Sointu, E. (2018). Differences in pre-service teachers' knowledge and readiness to use ICT in education. *Journal of Computer Assisted Learning, 34*(2), 174-182.
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M. C., & Mäkitalo-Siegl, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology, 33*(3), 15-31.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of computer assisted learning, 29*(5), 403-413.

- Wasserman, N. H., & Rossi, D. (2015). Mathematics and science teachers' use of and confidence in empirical reasoning: Implications for STEM teacher preparation. *School Science and Mathematics, 115*(1), 22-34.
- Watt, H. M., Richardson, P. W., & Devos, C. (2013). (How) does gender matter in the choice of a STEM teaching career and later teaching behaviours. *International journal of gender, science and technology, 5*(3), 187-206.
- Wilson, S. M. (2011, April). Effective STEM teacher preparation, induction, and professional development. In NRC Workshop on Highly Successful STEM Schools or Programs. Retrieved from http://www7.nationalacademies.org/bose/Successful_STEM.
- Yeigh, T., Woolcott, G., Donnelly, J., Whannell, R., Snow, M., & Scott, A. (2016). Emotional literacy and pedagogical confidence in pre-service science and mathematics teachers. *Australian Journal of Teacher Education, 41*(6), 107-121.
- Zipke, M. (2018). Preparing teachers to teach with technology: Examining the effectiveness of a course in educational technology. *The New Educator, 14*(4), 342-362.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเครื่องมือวิจัย

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. รศ. ดร. ณีฎฐภรณ์ หลาวทอง | รองศาสตราจารย์
สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา
คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 2. ผศ. ดร. ชนินันท์ พุกษ์ประมุข | ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สาขาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. ดร. เพ็ชรกิจ นิมิตรดี | ครูชำนาญการ
ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็ม
โรงเรียนแม่ใจวิทยาคม จังหวัดพะเยา |





ภาคผนวก ข

เครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รหัสชุด

แบบสอบถามความสามารถในการจัดการเรียนการสอน (สำหรับนิสิตนักศึกษาครู)

- คำชี้แจง** 1. แบบสอบถามความสามารถในการจัดการเรียนการสอนฉบับนี้มี 4 ตอน โปรดตอบทุกตอน
2. ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่อง หรือเติมข้อความลงในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริง

1. เพศ 1) ชาย 2) หญิง
2. สังกัดมหาวิทยาลัย.....
3. สาขาวิชาของท่าน.....
4. กำลังฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูที่โรงเรียน.....จังหวัด.....
5. โปรดระบุปัญหาขณะ **2** ตัวแรกแทนชื่อและสกุลท่าน (เช่นท่านชื่อ วราจณา มาเจริญ โปรดระบุ วรมจ).....
6. โปรดระบุปัญหาขณะ **2** ตัวแรกแทนชื่อและสกุลของอาจารย์นิเทศก์ของท่าน (เช่นอาจารย์นิเทศก์ของท่านชื่อ สุนิษา สังข์ทอง โปรดระบุ สน-สง) พร้อมทั้งระบุสาขาวิชาของอาจารย์คนดังกล่าว
 - 6.1.อาจารย์นิเทศก์สาขาวิชา.....
 - 6.2.อาจารย์นิเทศก์สาขาวิชา.....
7. โปรดระบุปัญหาขณะ **2** ตัวแรกแทนชื่อและสกุลของครูพี่เลี้ยงของท่าน (เช่นครูพี่เลี้ยงของท่านชื่อ กษิติศ สุขอารมณ์ โปรดระบุ กษ-สข) พร้อมทั้งระบุสาขาวิชาของอาจารย์คนดังกล่าว
 - 7.1.ครูประจำวิชา.....
 - 7.2.ครูประจำวิชา.....
8. รายวิชาหลักที่ท่านสอน (เลือกรายวิชาที่ท่านสอนมากที่สุดเพียง 1 วิชา)

<input type="checkbox"/> 1) คณิตศาสตร์	<input type="checkbox"/> 2) วิทยาศาสตร์ทั่วไป
<input type="checkbox"/> 3) ฟิสิกส์	<input type="checkbox"/> 4) เคมี
<input type="checkbox"/> 5) ชีววิทยา	<input type="checkbox"/> 6) การงานอาชีพและเทคโนโลยี
<input type="checkbox"/> 7) คอมพิวเตอร์	<input type="checkbox"/> 8) อื่น ๆ (โปรดระบุ)
9. ระดับการศึกษาที่ท่านสอน

<input type="checkbox"/> 1) ประถมศึกษา	<input type="checkbox"/> 2) มัธยมศึกษาตอนต้น
<input type="checkbox"/> 3) มัธยมศึกษาตอนปลาย	<input type="checkbox"/> 4) ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น
<input type="checkbox"/> 5) ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย	<input type="checkbox"/> 6) มัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย
10. มหาวิทยาลัยของท่านส่งเสริมให้ท่านมีความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมใช่หรือไม่

<input type="checkbox"/> 1) ใช่	<input type="checkbox"/> 2) ไม่ใช่
---------------------------------	------------------------------------
11. ท่านคิดว่าท่านสามารถจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้ในระดับใด

<input type="checkbox"/> 1) น้อย	<input type="checkbox"/> 2) ปานกลาง
<input type="checkbox"/> 3) ดี	<input type="checkbox"/> 4) ดีมาก

ตอนที่ 2 ความรู้ความสามารถในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความสามารถของท่านมากที่สุด

ข้อ	ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะ ตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความสามารถ				
		น้อยที่สุด(1)————>มากที่สุด(5)				
1.	ใช้ ICT ร่วมกับการสอนหลากหลายวิธี ในการส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้เรียนร่วมกับสิ่งประดิษฐ์ หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้ ICT เพื่อใช้ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในการเรียนรู้ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	นำ ICT มาใช้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่หลากหลาย ในการสอนให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติไปใช้ในการออกแบบนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	ใช้ ICT ควบคุมชั้นเรียนด้วยวิธีที่หลากหลาย ในชั้นเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนบูรณาการความรู้ที่ได้เรียนไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมตามความสนใจของตนเอง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	ใช้ ICT ร่วมกับการสอนรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณเปรียบเทียบความเหมาะสม และเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสภาพปัญหามากที่สุด	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	ประยุกต์ใช้ ICT ในการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนได้หลากหลายวิธี เพื่อทำให้นักเรียนสามารถประเมินความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ของตนเองได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	ใช้ ICT กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ ที่ช่วยในวางแผนการทำงานผ่านวิธีการสอนที่หลากหลาย	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	ออกแบบวิธีการเรียนการสอนที่มีการประยุกต์ใช้ ICT ได้หลากหลายวิธี เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการค้นหาหรือสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันใหม่ ๆ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	ใช้ ICT ช่วยในการควบคุมชั้นเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเทคโนโลยี มาใช้ในการคำนวณค่า หรือผลต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ในการเรียนได้อย่างหลากหลาย	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	ใช้ ICT เป็นเครื่องมือในการประเมินผลการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีคำนวณและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
11.	เลือก ICT ลักษณะต่าง ๆ มาใช้ร่วมกับการสอนแต่ละรูปแบบ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12.	ใช้ ICT ในการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงหรือให้เหตุผลในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรมส่วนต่าง ๆ ของนักเรียนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
13.	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องนั้น ๆ ได้อย่างมีวิจารณญาณ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14.	ออกแบบกิจกรรมที่มีการประยุกต์ใช้ ICT ได้อย่างหลากหลาย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยี ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ ในการทำความเข้าใจโลกแห่งความเป็นจริง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ข้อ	ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะ ตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความสามารถ				
		น้อยที่สุด(1)————>มากที่สุด(5)				
15.	ใช้ ICT สร้างสื่อการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาวิชา เพื่อนำไปใช้ในการสอนให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ตนเองมีไปใช้ในการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
16.	นำ ICT มาใช้ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ในบทเรียนหรือเนื้อหาสาระต่าง ๆ มาใช้แก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
17.	นำ ICT มาใช้ได้เหมาะสมกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเหตุผลในเรื่องต่าง ๆ ที่เรียนได้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
18.	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับการสอนเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่น ๆ ไปใช้ในโลกรแห่งความเป็นจริงได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
19.	เลือกใช้ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเลือก สื่อซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
20.	นำ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา มาใช้ในการส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์ และแอปพลิเคชันต่าง ๆ มาใช้ออกแบบนวัตกรรมร่วมกันเป็นทีมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
21.	ประยุกต์ใช้ ICT ในเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถคำนวณ เปรียบเทียบ หรือดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ผ่านการใช้ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันที่เหมาะสมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
22.	เลือกใช้ ICT ได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ที่นำมาใช้สอนให้นักเรียนสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องต่าง ๆ ได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
23.	นำ ICT มาช่วยในการอธิบายหลักการออกแบบนวัตกรรมให้แก่ นักเรียนได้อย่างเหมาะสม จนทำให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและคำนวณความคุ้มค่าของสิ่งที่จะนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
24.	นำ ICT ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา มาใช้ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา จนสามารถให้เหตุผลที่ถูกต้องในการสร้างนวัตกรรมที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
25.	เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาที่เน้นกระบวนการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
26.	ปรับวิธีการสอน ให้เข้ากับเนื้อหาวิชา เพื่อทำให้นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีช่วยทำความเข้าใจในเนื้อหาต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
27.	เลือกใช้วิธีสร้างแรงจูงใจแก่นักเรียนที่เหมาะสมกับแต่ละเนื้อหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาความรู้เพิ่มเติมเป็นกลุ่มโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
28.	เลือกวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ ได้เหมาะสมกับแต่ละเนื้อหา ทำให้สามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนรายบุคคลเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมแบบเป็นกลุ่มได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
29.	ใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย ในการประเมินความถูกต้องของเนื้อหาและหลักการต่าง ๆ ที่นักเรียนนำมาใช้อธิบายเหตุผลในการสร้างนวัตกรรมแต่ละส่วน ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือตามหลักการของเนื้อหาอื่น ๆ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
30.	มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียน ในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด หรือหลักการที่ถูกต้องของเนื้อหาอื่น ๆ ได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ข้อ	ท่านมีความรู้ความสามารถและทักษะตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความสามารถ				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
31.	ถ่ายทอดความรู้ในเนื้อหาวิชา ได้ด้วยวิธีการสอนที่ทันสมัย เพื่อทำให้นักเรียนสามารถนำ ICT มาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมโยงหรือบูรณาการความรู้ในเรื่องต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างนวัตกรรมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
32.	ปรับวิธีการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้ซอฟต์แวร์ แอปพลิเคชัน และสิ่งประดิษฐ์ต่าง ๆ ในการออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
33.	เลือกวิธีการสอนและเนื้อหาที่เหมาะสม ในการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเปรียบเทียบและประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลสารสนเทศอย่างมีเหตุผลได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
34.	ออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา เพื่อสร้างทักษะการใช้ซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันในการคำนวณค่าทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
35.	เลือกใช้วิธีการประเมินที่หลากหลายในเนื้อหาวิชา เพื่อประเมินความถูกต้องของการเชื่อมโยงเหตุผลในการทำงานและการสร้างนวัตกรรมแบบเป็นกลุ่มของนักเรียน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
36.	ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนและเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับการส่งเสริมให้นักเรียนทำความเข้าใจปัญหาและขอบเขตของปัญหา เพื่อนำไปสร้างนวัตกรรมที่ใช้แก้ปัญหาได้จริง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ตอนที่ 3 เจตคติต่อสะเต็ม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	ท่านมีความคิดเห็นตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
1.	การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนของท่านมีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากยิ่งขึ้น	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	การจัดการเรียนการสอนสะเต็มช่วยพัฒนาความสามารถในการจัดการเรียนการสอนของท่าน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	การจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้นักเรียนของท่านสามารถสร้างนวัตกรรมที่นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันของตนเองได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	ท่านรู้สึกมีความสุขที่ได้เรียนรู้หรือจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	ท่านคิดว่าการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีประโยชน์ต่อนักเรียนของท่าน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	ท่านรู้สึกว่าจัดการเรียนการสอนสะเต็มทำให้ท่านได้พัฒนาตนเองอยู่เสมอ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	ท่านพยายามเรียนรู้วิธีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มรูปแบบต่าง ๆ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	ท่านพยายามออกแบบการจัดการเรียนการสอนของท่านโดยใช้การบูรณาการสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	ท่านพยายามใช้แนวคิดสะเต็มในจัดการเรียนการสอนของท่าน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	ท่านต้องการมีความรู้เกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
11.	ท่านต้องการจัดการเรียนการสอนสะเต็มในรายวิชาของท่านได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12.	ท่านต้องการให้นักเรียนของท่านมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการความรู้ความสามารถ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ ไปใช้ในการสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ตอนที่ 4 ทักษะการคิด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	ท่านมีความคิดเห็นตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)	→			มากที่สุด(5)
1.	ท่านสามารถคิดเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องต่าง ๆ ที่ตนเองมี มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการได้เหมาะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	ท่านสามารถคิดผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาใช้คิดค้นแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนรู้อันเหมาะสมกับนักเรียนที่มีปัญหาแตกต่างกันได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	ท่านสามารถคิดออกแบบวิธีการหรือกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่นักเรียนมีความหลากหลายได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	ท่านสามารถคิดบูรณาการ ผสมผสานความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ต่าง ๆ มาใช้สร้างสรรค์วิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	ท่านสามารถคิดบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ความสามารถและทักษะที่ตนเองมี มาใช้บริหารจัดการหรือควบคุมชั้นเรียนของตนเองได้เหมาะสมกับธรรมชาติของห้องเรียนแต่ละห้อง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	ท่านสามารถผสมผสานความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอนต่าง ๆ มาใช้ ออกแบบหรือคิดค้นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับรูปแบบการสอนของตนเอง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	ท่านสามารถบูรณาการผสมผสานความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมี มาคิดสร้างสรรค์สื่อการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	ท่านสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ที่ท่านได้สืบค้นมา มาใช้ในการคิดค้นแบบฝึกหัดที่หลากหลายและแปลกใหม่ในการจัดการเรียนการสอนของตนเองได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

รหัสชุด

แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็ม (สำหรับครูที่เลี้ยง)

- คำชี้แจง** 1. แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มฉบับนี้มี 3 ตอน โปรดตอบทุกตอน
2. ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หรือเติมข้อความลงในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริง

- เพศของท่าน 1) ชาย 2) หญิง
- สังกัดโรงเรียน.....จังหวัด.....
- โปรดระบุข้อมูล 2 ตัวแรกแทนชื่อและสกุลท่าน (เช่นท่านชื่อ วราจกณา มาเจริญ โปรดระบุ วร-มจ).....
- โปรดระบุข้อมูล 2 ตัวแรกแทนชื่อและสกุลของนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลของท่าน (เช่นนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลชื่อ กษิตศิสสุขารมณั โปตรระบุ กษ-สข) พร้อมทั้งระบุสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูคนดังกล่าว
 -สาขาวิชา.....
 -สาขาวิชา.....
 -สาขาวิชา.....
 -สาขาวิชา.....
- ท่านเป็นครูประจำวิชา (โปรดตอบเฉพาะรายวิชาที่ท่านรับผิดชอบสอนมากที่สุดเพียง 1 รายการ)
 - 1) คณิตศาสตร์ 2) วิทยาศาสตร์ทั่วไป
 - 3) ฟิสิกส์ 4) เคมี
 - 5) ชีววิทยา 6) การงานอาชีพและเทคโนโลยี
 - 7) คอมพิวเตอร์ 8) อื่น ๆ (โปรดระบุ)
- ระดับการศึกษาที่ท่านสอน
 - 1) ประถมศึกษา 2) มัธยมศึกษาตอนต้น
 - 3) มัธยมศึกษาตอนปลาย 4) ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น
 - 5) ประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย 6) มัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย

ตอนที่ 2 การสนับสนุนของโรงเรียน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	โรงเรียนของท่านมีการส่งเสริม/สนับสนุนตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
1.	ผู้บริหารสถานศึกษาเห็นคุณค่าและให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	ผู้บริหารสถานศึกษาส่งเสริมให้ครูในโรงเรียนจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	ผู้บริหารสถานศึกษามีการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	มีการส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	มีการกำกับ ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	มีการจัดตารางเวลาเรียนให้วิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนสะเต็มมีระยะเวลาหรือช่วงเวลาเรียนที่เหมาะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ข้อ	โรงเรียนของท่านมีการส่งเสริม/สนับสนุนตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
7.	มีครูประจำวิชาต่าง ๆ ที่สามารถร่วมงานหรือร่วมมือกัน ในการให้ความช่วยเหลือหรือแนะนำนักเรียนและนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	มีครูที่ตระหนัก เห็นคุณค่า มีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม พร้อมให้ความร่วมมือซึ่งกันและกันในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	มีครูที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเพิ่มเติม สามารถเป็นแบบอย่างในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมแก่นิสิตนักศึกษาครู	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงเรียนได้โดยสะดวก	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
11.	มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดีและทันสมัย สามารถนำมาใช้ในจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมหรือสร้างนวัตกรรมในการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12.	มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่พร้อมและเพียงพอต่อการสร้างนวัตกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครู	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
13.	มีห้องปฏิบัติการที่มีความพร้อมเอื้อต่อการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14.	มีห้องเรียนที่เอื้อต่อการจัดกิจกรรม ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบหรือสร้างนวัตกรรม จากการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
15.	มีห้องเรียนที่ทันสมัยเหมาะกับการใช้จัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
16.	มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้เพิ่มเติมของนักเรียน	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
17.	มีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
18.	มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนักเรียน/นิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ตอนที่ 3 การให้คำปรึกษา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	ท่านมีความคิดเห็นตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
1.	ท่านมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	ท่านมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	ท่านสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดเพิ่มเติม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	ท่านสามารถกระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนเพิ่มเติมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	ท่านสามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครูนำแนวคิดการบูรณาการเพิ่มเติมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	ท่านสามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	ท่านสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	ท่านสามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการเพิ่มเติมที่ถูกต้องให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	ท่านสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	ท่านสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มเติมที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

รหัสชุด

แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็ม (สำหรับอาจารย์นิเทศก์)

- คำชี้แจง** 1. แบบสอบถามการนิเทศก์ครูสะเต็มฉบับนี้มี 3 ตอน โปรดตอบทุกตอน
2. ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านจะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ในการศึกษาเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หรือเติมข้อความลงในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริง

1. เพศของท่าน 1) ชาย 2) หญิง
2. สังกัดมหาวิทยาลัย.....
3. โปรดระบุปีคุณชนะ **2 ตัวแรกแทนชื่อและสกุลท่าน** (เช่นท่านชื่อ วราภรณ์ มาเจริญ โปรดระบุ วร-มจ).....
4. โปรดระบุปีคุณชนะ **2 ตัวแรกแทนชื่อและสกุลของนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลของท่าน** (เช่นนิสิตนักศึกษาครูในการดูแลชื่อ กชิตติศุขอารมณั โปรตระบุ กช-สข) พร้อมทั้งระบุสาขาวิชาของนิสิตนักศึกษาครูคนดังกล่าว
 - 4.1.สาขาวิชา.....
 - 4.2.สาขาวิชา.....
 - 4.3.สาขาวิชา.....
 - 4.4.สาขาวิชา.....
 - 4.5.สาขาวิชา.....
5. ท่านเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชา.....

ตอนที่ 2 การสนับสนุนของหลักสูตร

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	หลักสูตรของท่านมีการส่งเสริม/สนับสนุนตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)——>มากที่สุด(5)				
1.	มีการมอบหมายหรือส่งเสริมให้คณาจารย์ประจำหลักสูตรจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	มีการกำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการผลิตนิสิตนักศึกษาครูว่าเมื่อสำเร็จการศึกษาต้องมีความรู้ความสามารถ และทักษะเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	มีการกำกับติดตาม และประเมินผลการจัดการเรียนการสอนสะเต็มของคณาจารย์	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	มีคณาจารย์ที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	มีคณาจารย์ที่มีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนการสอนสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	มีอาจารย์ประจำวิชาหรือสาขาต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือในการให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือนิสิตนักศึกษาครูเกี่ยวกับการบูรณาการสะเต็ม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	มีการจัดการเรียนการสอนหรือกิจกรรมให้นิสิตนักศึกษาครูมีความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการสะเต็มที่ถูกต้อง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	มีรายวิชาที่เกี่ยวกับหรือเน้นให้นิสิตมีความรู้ความสามารถ และทักษะในด้านวิธีการหรือแนวทางการจัดการเรียนการสอนสะเต็มที่ถูกต้องและหลากหลาย	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ข้อ	หลักสูตรของท่านมีการส่งเสริม/สนับสนุนตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)————>มากที่สุด(5)				
9.	ส่งเสริมให้นิสิตนักศึกษาครูได้ทดลองสอนหรือมีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนเสมออย่างเพียงพอต่อการนำไปใช้จริง	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	มีเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ดี มีความพร้อม เพียงพอ และทันสมัย ให้แก่นิสิตนักศึกษาครูนำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
11.	มีห้องเรียนหรือห้องกิจกรรมที่ดี มีความพร้อม และทันสมัย ให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้ค้นคว้า แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
12.	เปิดโอกาสให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อคิดค้น ออกแบบ หรือสร้างนวัตกรรม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
13.	มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยเอื้อต่อการเรียนรู้สะสมของนิสิตนักศึกษาครู	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
14.	มีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอน สะเต็มได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
15.	มีเทคโนโลยีที่พร้อมและเพียงพอต่อการใช้งานของนิสิตนักศึกษาครูในการเรียนการสอนสะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ตอนที่ 3 การให้คำปรึกษา

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ข้อ	ท่านมีความคิดเห็นตามข้อรายการต่อไปนี้ในระดับใด	ระดับความคิดเห็น				
		น้อยที่สุด(1)————>มากที่สุด(5)				
1.	ท่านมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการบูรณาการสะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2.	ท่านมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนสะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
3.	ท่านสนับสนุนให้นิสิตนักศึกษาครูจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะสม	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
4.	ท่านสามารถกระตุ้นให้นิสิตนักศึกษาครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนสะสมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5.	ท่านสามารถสร้างแรงจูงใจให้นิสิตนักศึกษาครูนำแนวคิดการบูรณาการสะสมไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
6.	ท่านสามารถแนะนำวิธีการหรือแนวทางในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7.	ท่านสามารถแลกเปลี่ยนหรือแนะนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
8.	ท่านสามารถให้คำแนะนำหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาต่าง ๆ ในการบูรณาการสะสมที่ถูกต้องให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
9.	ท่านสามารถแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนสะสมให้กับนิสิตนักศึกษาครูได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
10.	ท่านสามารถให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นิสิตนักศึกษาครูในการจัดการเรียนการสอนสะสมที่ถูกต้องและเหมาะสมได้	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)



ภาคผนวก ค

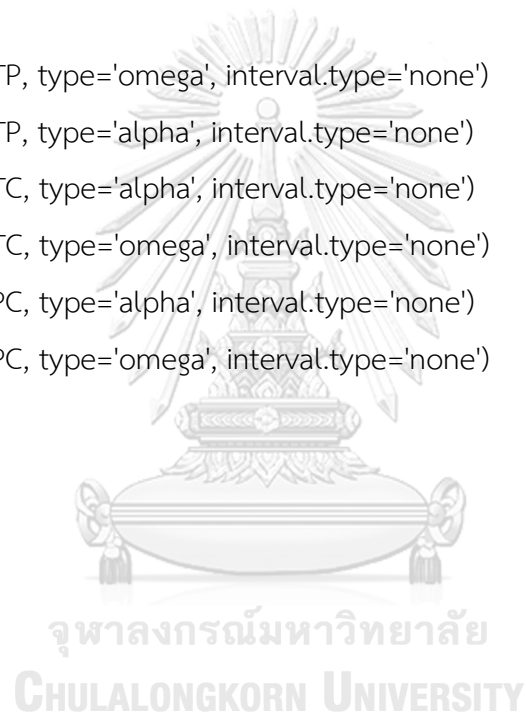
คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Mplus และ R

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

คำสั่งการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง Cronbach's alpha และ omega ด้วยโปรแกรม R

```
install.packages("MBESS", dependencies = TRUE)
library(MBESS)
TP<-select(dat,item9:item20)
TC<-select(dat,item31:item42)
PC<-select(dat,item53:item64)
TPC<-select(dat,item9:item20, item31:item42, item53:item64)
```

```
ci.reliability(data=TP, type='omega', interval.type='none')
ci.reliability(data=TP, type='alpha', interval.type='none')
ci.reliability(data=TC, type='alpha', interval.type='none')
ci.reliability(data=TC, type='omega', interval.type='none')
ci.reliability(data=PC, type='alpha', interval.type='none')
ci.reliability(data=PC, type='omega', interval.type='none')
```



คำสั่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบเอกมิตติ ด้วยโปรแกรม Mplus

T-STEM

```

TITLE: CFA MULTI TSTEM
DATA: FILE IS "C:\Users\acer\Desktop\CFA sep
        pacel\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV"
VARIABLE:
    NAMES ARE ID TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1
            PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
    USEVARIABLES ARE TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6;
ANALYSIS:
    ESTIMATOR IS ML;
MODEL:
T by TP1-TP6 TC1-TC6;
TC4 WITH TP3;
TC6 WITH TC5;
TC3 WITH TC1;
TC5 WITH TP5;
TC2 WITH TP3;
TP2 WITH TP1;
TP6 WITH TP5;
TP5 WITH TP3;
TC4 WITH TP4;
TC1 WITH TP3;
TC1 WITH TP5;
TC4 WITH TP5;
TC6 WITH TP4;
TC5 WITH TP4;
OUTPUT: STDYX MOD(3);

```

P-STEM

```

TITLE: CFA MULTI PSTEM
DATA: FILE IS "C:\Users\acer\Desktop\CFA sep
        pacel\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV"
VARIABLE:
    NAMES ARE ID TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1
            PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
    USEVARIABLES ARE PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6;
ANALYSIS:
    ESTIMATOR IS ML;
MODEL:
P by PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6 TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6;
TP6 WITH PC5;
PC3 WITH PC2;
PC6 WITH PC5;
PC6 WITH PC4;
PC5 WITH PC4;
PC2 WITH PC1;
PC3 WITH PC1;
TP2 WITH TP1;
PC6 WITH PC3;
PC6 WITH PC2;
PC6 WITH PC1;
TP4 WITH PC6;
TP5 WITH PC4;
PC5 WITH PC1;

```

```

PC4      WITH PC1;
PC5      WITH PC3;
PC4      WITH PC3;
PC5      WITH PC2;
PC4      WITH PC2;
OUTPUT:  STDYX  FSCOEFFICIENT  MOD(5);

```

C-STEM

```

TITLE:   CFA MULTI CSTEM
DATA:    FILE IS "C:\Users\acer\Desktop\CFA sep
          pacel\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV"
VARIABLE:
  NAMES ARE ID TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1
           PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
  USEVARIABLES ARE TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
ANALYSIS:
  ESTIMATOR IS ML;
MODEL:
C by TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
PC6      WITH TC4;
TC6      WITH TC5;
PC3      WITH TC4;
PC6      WITH PC5;
PC3      WITH PC2;
PC2      WITH PC1;
TC3      WITH TC1;
PC4      WITH TC5;
PC5      WITH TC4;
PC6      WITH PC3;
PC6      WITH PC2;
PC5      WITH TC3;
PC6      WITH PC4;
PC5      WITH TC2;
PC1      WITH TC2;
PC1      WITH TC4;
PC2      WITH TC4;
TC6      WITH TC1;
TC6      WITH TC2;
PC6      WITH PC1;
PC3      WITH PC1;
PC5      WITH TC5;
PC6      WITH TC6;
TC2      WITH TC1;
TC3      WITH TC2;
TC4      WITH TC1;
PC4      WITH TC6;
TC4      WITH TC2;
TC5      WITH TC2;
TC5      WITH TC1;
PC4      WITH TC3;
TC6      WITH TC4;
TC5      WITH TC4;
OUTPUT:  STDYX  FSCOEFFICIENT  MOD(2);

```

คำสั่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ ด้วยโปรแกรม Mplus

```

TITLE: CFA MULTI TPACK-STEM
DATA: FILE IS "C:\Users\acer\Desktop\model pacel
cut\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV"
VARIABLE:
  NAMES ARE ID TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1
  PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
  USEVARIABLES ARE TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6
  PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6;
ANALYSIS:
  ESTIMATOR IS ML;
MODEL:
  T by TP1-TP6 TC1-TC6;
  P by PC1-PC6 TP1-TP6;
  C by TC1-TC6 PC1-PC6;
  T@0.28;
  P@0.1;
  C@0.16;
TC5 WITH TP5;
TC6 WITH TC5;
PC1 WITH TC3;
PC3 WITH PC2;
TP2 WITH TP1;
TC4 WITH TP3;
TC3 WITH TC1;
TC3 WITH TP1;
TC2 WITH TP3;
PC1 WITH TP2;
PC4 WITH TC4;
PC2 WITH PC1;
PC5 WITH TP6;
PC3 WITH TP5;
PC3 WITH TC5;
PC5 WITH TC3;
PC2 WITH TC6;
TC1 WITH TP5;
TC6 WITH TP4;
PC4 WITH TP4;
TC4 WITH TP4;
TC1 WITH TP3;
PC3 WITH TC2;
PC2 WITH TC5;
OUTPUT: STDYX MOD(3);

```



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
HUALONGKORN UNIVERSITY

คำสั่งวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม : การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับ

จำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models)

```

TITLE: cross-classified
DATA: FILE = data3level_crossclassified_korawut_PATH2.csv;
VARIABLE: NAMES = mthtch mthaj SCH ID GEND SUBJ LEV CSTH CSAJ STEM
           ATT TSUP JSUP TIK;
USEVARIABLES = mthtch mthaj CSTH CSAJ STEM ATT TSUP JSUP TIK;
CLUSTER = mthtch mthaj;
BETWEEN = (mthtch) TSUP CSTH (mthaj) CSAJ JSUP;
ANALYSIS: TYPE = CROSSCLASSIFIED;
MODEL:
    %WITHIN%
    STEM ON ATT (A);
    STEM ON TIK (B);
    STEM;
    %BETWEEN mthtch%
    STEM ON TSUP CSTH;
    ATT ON CSTH (C);
    ATT ON TSUP (D);
    TIK ON CSTH (E);
    TIK ON TSUP (F);
    STEM;
    %BETWEEN mthaj%
    STEM ON JSUP CSAJ;
    ATT ON CSAJ (G);
    ATT ON JSUP (H);
    TIK ON CSAJ (I);
    TIK ON JSUP (J);
    STEM;
MODEL CONSTRAINT:
    NEW (INDT1 INDT2 INDT3 INDT4 INDA1 INDA2 INDA3 INDA4);
    INDT1 = A*C;
    INDT2 = A*D;
    INDT3 = B*E;
    INDT4 = B*F;
    INDA1 = A*G;
    INDA2 = A*H;
    INDA3 = B*I;
    INDA4 = B*J;
OUTPUT: TECH1 TECH8;

```



ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Mplus

(นำเสนอเฉพาะส่วนที่สำคัญ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุมิติ TPACK-STEM ด้วยโปรแกรม Mplus

```

Mplus VERSION 8.3
MUTHEN & MUTHEN
INPUT INSTRUCTIONS
TITLE: CFA MULTI TRYOUT
DATA: FILE IS "C:\Users\acer\Desktop\model pacel
      cut\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV"
VARIABLE:
  NAMES ARE ID TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1 PC2 PC3
          PC4 PC5 PC6;
  USEVARIABLES ARE TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6 TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 PC1 PC2
          PC3 PC4 PC5 PC6
ANALYSIS:
  ESTIMATOR IS ML;
MODEL:
  T by TP1-TP6 TC1-TC6;
  P by PC1-PC6 TP1-TP6;
  C by TC1-TC6 PC1-PC6;
  T@0.28;
  P@0.1;
  C@0.16;
TC5 WITH TP5;
TC6 WITH TC5;
PC1 WITH TC3;
PC3 WITH PC2;
TP2 WITH TP1;
TC4 WITH TP3;
TC3 WITH TC1;
TC3 WITH TP1;
TC2 WITH TP3;
PC1 WITH TP2;
PC4 WITH TC4;
PC2 WITH PC1;
PC5 WITH TP6;
PC3 WITH TP5;
PC3 WITH TC5;
PC5 WITH TC3;
PC2 WITH TC6;
TC1 WITH TP5;
TC6 WITH TP4;
PC4 WITH TP4;
TC4 WITH TP4;
TC1 WITH TP3;
PC3 WITH TC2;
PC2 WITH TC5;
OUTPUT: STDYX MOD(3);

CFA MULTI TRYOUT

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups 1
Number of observations 310
Number of dependent variables 18
Number of independent variables 0
Number of continuous latent variables 3
Observed dependent variables

Continuous
  TP1 TP2 TP3 TP4 TP5 TP6
  TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6
  PC1 PC2 PC3 PC4 PC5 PC6

```



Continuous latent variables
 T P C

Estimator ML
 Information matrix OBSERVED
 Maximum number of iterations 1000
 Convergence criterion 0.500D-04
 Maximum number of steepest descent iterations 20

Input data file(s)
 C:\Users\acer\Desktop\model pacel cut\studentdatamulti21_03_1pacelcut.CSV

Input data format FREE

UNIVARIATE SAMPLE STATISTICS

UNIVARIATE HIGHER-ORDER MOMENT DESCRIPTIVE STATISTICS

Variable/ Percentiles	Mean/ Variance	Skewness/ Kurtosis	Minimum/ Maximum	% with Min/Max
Sample Size 20%/60%	40%/80%	Median		
TP1	3.344	-0.172	1.000	2.26%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.736	0.049	5.000	5.81%
3.500	4.000			
TP2	3.382	-0.308	1.000	1.61%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.663	0.066	5.000	3.87%
3.500	4.000			
TP3	3.408	-0.047	1.000	0.65%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.554	0.058	5.000	4.84%
3.500	4.000			
TP4	3.447	-0.151	1.000	0.32%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.656	-0.215	5.000	6.13%
3.500	4.000			
TP5	3.411	-0.344	1.000	1.61%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.670	0.178	5.000	4.84%
3.500	4.000			
TP6	3.347	-0.218	1.000	1.61%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.682	0.056	5.000	5.16%
3.500	4.000			
TC1	3.473	-0.005	1.000	0.32%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.529	-0.116	5.000	4.84%
3.500	4.000			
TC2	3.294	-0.292	1.000	2.26%
2.500	3.000	3.500		
310.000	0.732	-0.005	5.000	3.87%
3.500	4.000			
TC3	3.463	-0.186	1.000	0.32%
3.000	3.000	3.500		
310.000	0.604	-0.183	5.000	5.16%
3.500	4.000			

TC4			3.334	-0.231	1.000	1.94%
	2.500	3.000	3.000			
	310.000		0.697	0.004	5.000	4.84%
	3.500	4.000				
TC5			3.360	-0.354	1.000	1.29%
	3.000	3.000	3.500			
	310.000		0.623	0.057	5.000	2.58%
	3.500	4.000				
TC6			3.340	-0.283	1.000	1.29%
	2.500	3.000	3.500			
	310.000		0.740	-0.239	5.000	3.87%
	3.500	4.000				
PC1			3.753	-0.207	1.000	0.32%
	3.000	3.500	4.000			
	310.000		0.530	-0.050	5.000	11.29%
	4.000	4.500				
PC2			3.710	-0.292	1.500	1.29%
	3.000	3.500	3.500			
	310.000		0.543	0.167	5.000	9.35%
	4.000	4.500				
PC3			3.585	-0.145	1.000	0.32%
	3.000	3.500	3.500			
	310.000		0.568	-0.133	5.000	7.10%
	4.000	4.000				
PC4			3.485	-0.195	1.000	0.65%
	3.000	3.000	3.500			
	310.000		0.575	0.054	5.000	4.84%
	3.500	4.000				
PC5			3.584	-0.143	1.000	0.32%
	3.000	3.500	3.500			
	310.000		0.507	0.142	5.000	6.13%
	4.000	4.000				
PC6			3.552	-0.193	1.000	0.32%
	3.000	3.500	3.500			
	310.000		0.565	-0.099	5.000	6.13%
	4.000	4.000				

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODEL FIT INFORMATION

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Number of Free Parameters 96

Loglikelihood

H0 Value -4004.272
H1 Value -3955.297

Information Criteria

Akaike (AIC) 8200.544
Bayesian (BIC) 8559.255
Sample-Size Adjusted BIC 8254.779
(n* = (n + 2) / 24)

Chi-Square Test of Model Fit

Value 97.950
Degrees of Freedom 93
P-Value 0.3426

RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)

Estimate	0.013	
90 Percent C.I.	0.000	0.034
Probability RMSEA <= .05	1.000	

CFI/TLI

CFI	0.999
TLI	0.998

Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model

Value	5223.207
Degrees of Freedom	153
P-Value	0.0000

SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)

Value	0.019
-------	-------

MODEL RESULTS

		Estimate	S.E.	Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
T	BY				
	TP1	1.000	0.000	999.000	999.000
	TP2	0.948	0.072	13.196	0.000
	TP3	0.924	0.072	12.753	0.000
	TP4	1.000	0.076	13.092	0.000
	TP5	0.946	0.079	11.908	0.000
	TP6	1.126	0.073	15.330	0.000
	TC1	0.426	0.078	5.466	0.000
	TC2	0.620	0.132	4.712	0.000
	TC3	0.431	0.117	3.682	0.000
	TC4	0.687	0.121	5.671	0.000
	TC5	0.412	0.133	3.099	0.002
	TC6	0.319	0.152	2.092	0.036
P	BY				
	PC1	1.000	0.000	999.000	999.000
	PC2	0.998	0.213	4.687	0.000
	PC3	1.258	0.226	5.563	0.000
	PC4	0.902	0.232	3.883	0.000
	PC5	1.179	0.213	5.530	0.000
	PC6	1.574	0.249	6.326	0.000
	TP1	0.921	0.224	4.108	0.000
	TP2	0.965	0.228	4.231	0.000
	TP3	0.828	0.231	3.591	0.000
	TP4	0.929	0.235	3.949	0.000
	TP5	0.940	0.236	3.985	0.000
	TP6	0.883	0.257	3.438	0.001
C	BY				
	TC1	1.000	0.000	999.000	999.000
	TC2	1.169	0.152	7.717	0.000
	TC3	1.168	0.124	9.446	0.000
	TC4	1.084	0.147	7.377	0.000
	TC5	1.280	0.135	9.468	0.000
	TC6	1.502	0.151	9.968	0.000
	PC1	0.658	0.098	6.708	0.000

PC2		0.716	0.179	4.001	0.000
PC3		0.638	0.199	3.200	0.001
PC4		0.967	0.187	5.170	0.000
PC5		0.675	0.187	3.609	0.000
PC6		0.511	0.228	2.244	0.025
P	WITH				
T		0.044	0.028	1.577	0.115
C	WITH				
T		0.144	0.023	6.199	0.000
P		0.094	0.010	8.964	0.000
TC5	WITH				
TP5		0.055	0.012	4.456	0.000
TC6		0.049	0.013	3.883	0.000
PC3		0.030	0.011	2.673	0.008
PC2		-0.021	0.012	-1.789	0.074
TC6	WITH				
PC2		-0.043	0.013	-3.331	0.001
TP4		-0.034	0.013	-2.685	0.007
PC1	WITH				
TC3		0.037	0.012	2.976	0.003
TP2		0.032	0.014	2.352	0.019
PC2		0.033	0.013	2.419	0.016
PC3	WITH				
PC2		0.053	0.014	3.811	0.000
TP5		0.039	0.013	2.926	0.003
TC2		0.023	0.012	1.930	0.054
TP2	WITH				
TP1		0.053	0.016	3.226	0.001
TC4	WITH				
TP3		-0.054	0.012	-4.678	0.000
PC4		0.034	0.012	2.927	0.003
TP4		-0.032	0.012	-2.580	0.010
TC3	WITH				
TC1		0.032	0.012	2.789	0.005
TP1		-0.029	0.013	-2.236	0.025
PC5		-0.025	0.010	-2.479	0.013
TC2	WITH				
TP3		-0.041	0.012	-3.367	0.001
PC4	WITH				
TP4		0.016	0.012	1.261	0.207
PC5	WITH				
TP6		-0.028	0.010	-2.700	0.007
TC1	WITH				
TP5		-0.028	0.012	-2.281	0.023
TP3		-0.022	0.011	-2.026	0.043
Intercepts					
TP1		3.344	0.049	68.847	0.000
TP2		3.382	0.046	73.431	0.000
TP3		3.408	0.042	81.190	0.000
TP4		3.447	0.046	75.195	0.000

TP5	3.411	0.046	73.645	0.000
TP6	3.347	0.047	71.720	0.000
TC1	3.473	0.041	85.412	0.000
TC2	3.294	0.048	68.250	0.000
TC3	3.463	0.044	79.008	0.000
TC4	3.334	0.047	70.956	0.000
TC5	3.360	0.045	75.147	0.000
TC6	3.340	0.048	68.928	0.000
PC1	3.753	0.041	90.700	0.000
PC2	3.710	0.042	88.865	0.000
PC3	3.585	0.043	83.865	0.000
PC4	3.485	0.043	81.178	0.000
PC5	3.584	0.040	88.849	0.000
PC6	3.552	0.043	83.437	0.000
Variances				
T	0.280	0.000	999.000	999.000
P	0.100	0.000	999.000	999.000
C	0.160	0.000	999.000	999.000
Residual Variances				
TP1	0.285	0.025	11.560	0.000
TP2	0.233	0.020	11.387	0.000
TP3	0.171	0.016	10.683	0.000
TP4	0.203	0.019	10.877	0.000
TP5	0.248	0.022	11.428	0.000
TP6	0.155	0.015	10.255	0.000
TC1	0.179	0.016	11.189	0.000
TC2	0.186	0.017	10.742	0.000
TC3	0.180	0.016	11.145	0.000
TC4	0.149	0.015	9.969	0.000
TC5	0.158	0.015	10.488	0.000
TC6	0.201	0.019	10.381	0.000
PC1	0.238	0.021	11.360	0.000
PC2	0.224	0.020	11.151	0.000
PC3	0.193	0.019	10.233	0.000
PC4	0.177	0.016	10.746	0.000
PC5	0.143	0.014	9.896	0.000
PC6	0.121	0.016	7.461	0.000

STANDARDIZED MODEL RESULTS

STDYX Standardization

		Estimate	S.E.	Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
T	BY				
	TP1	0.619	0.022	27.953	0.000
	TP2	0.618	0.044	14.136	0.000
	TP3	0.662	0.047	14.054	0.000
	TP4	0.656	0.045	14.534	0.000
	TP5	0.614	0.047	13.192	0.000
	TP6	0.725	0.043	17.007	0.000
	TC1	0.315	0.049	6.490	0.000
	TC2	0.386	0.077	4.989	0.000
	TC3	0.295	0.077	3.862	0.000
	TC4	0.440	0.072	6.092	0.000
	TC5	0.277	0.086	3.206	0.001
	TC6	0.198	0.093	2.136	0.033

P	BY				
	PC1	0.434	0.017	25.708	0.000
	PC2	0.429	0.090	4.777	0.000
	PC3	0.528	0.093	5.710	0.000
	PC4	0.377	0.097	3.910	0.000
	PC5	0.525	0.093	5.629	0.000
	PC6	0.664	0.103	6.457	0.000
	TP1	0.341	0.078	4.392	0.000
	TP2	0.376	0.086	4.353	0.000
	TP3	0.354	0.097	3.663	0.000
	TP4	0.364	0.090	4.023	0.000
	TP5	0.365	0.089	4.080	0.000
	TP6	0.340	0.097	3.487	0.000
C	BY				
	TC1	0.559	0.021	26.156	0.000
	TC2	0.550	0.070	7.843	0.000
	TC3	0.606	0.063	9.624	0.000
	TC4	0.524	0.070	7.472	0.000
	TC5	0.651	0.067	9.713	0.000
	TC6	0.704	0.068	10.349	0.000
	PC1	0.361	0.043	8.329	0.000
	PC2	0.390	0.095	4.122	0.000
	PC3	0.339	0.104	3.259	0.001
	PC4	0.512	0.095	5.396	0.000
	PC5	0.380	0.103	3.695	0.000
	PC6	0.273	0.120	2.270	0.023
P	WITH				
	T	0.262	0.166	1.577	0.115
C	WITH				
	T	0.682	0.110	6.199	0.000
	P	0.742	0.083	8.964	0.000
TC5	WITH				
	TP5	0.280	0.056	4.965	0.000
	TC6	0.275	0.059	4.677	0.000
	PC3	0.169	0.061	2.771	0.006
	PC2	-0.111	0.062	-1.804	0.071
TC6	WITH				
	PC2	-0.203	0.059	-3.429	0.001
	TP4	-0.170	0.061	-2.759	0.006
PC1	WITH				
	TC3	0.179	0.057	3.139	0.002
	TP2	0.137	0.057	2.425	0.015
	PC2	0.141	0.056	2.540	0.011
PC3	WITH				
	PC2	0.257	0.058	4.440	0.000
	TP5	0.180	0.059	3.074	0.002
	TC2	0.123	0.063	1.953	0.051
TP2	WITH				
	TP1	0.204	0.058	3.528	0.000
TC4	WITH				
	TP3	-0.337	0.071	-4.746	0.000
	PC4	0.208	0.067	3.100	0.002
	TP4	-0.183	0.072	-2.563	0.010
TC3	WITH				

TC1		0.180	0.059	3.032	0.002
TP1		-0.128	0.056	-2.273	0.023
PC5		-0.158	0.062	-2.544	0.011
TC2	WITH				
TP3		-0.232	0.068	-3.395	0.001
PC4	WITH				
TP4		0.082	0.065	1.274	0.203
PC5	WITH				
TP6		-0.187	0.067	-2.793	0.005
TC1	WITH				
TP5		-0.134	0.058	-2.325	0.020
TP3		-0.127	0.063	-2.014	0.044
Intercepts					
TP1		3.910	0.151	25.899	0.000
TP2		4.171	0.171	24.460	0.000
TP3		4.611	0.188	24.550	0.000
TP4		4.271	0.175	24.388	0.000
TP5		4.183	0.173	24.162	0.000
TP6		4.073	0.167	24.405	0.000
TC1		4.851	0.194	25.010	0.000
TC2		3.876	0.160	24.178	0.000
TC3		4.487	0.184	24.398	0.000
TC4		4.030	0.165	24.491	0.000
TC5		4.268	0.175	24.352	0.000
TC6		3.915	0.163	24.088	0.000
PC1		5.151	0.208	24.734	0.000
PC2		5.047	0.207	24.374	0.000
PC3		4.763	0.197	24.195	0.000
PC4		4.611	0.190	24.236	0.000
PC5		5.046	0.207	24.420	0.000
PC6		4.739	0.195	24.289	0.000
Variances					
T		1.000	0.000	999.000	999.000
P		1.000	0.000	999.000	999.000
C		1.000	0.000	999.000	999.000
Residual Variances					
TP1		0.390	0.033	11.787	0.000
TP2		0.354	0.034	10.560	0.000
TP3		0.313	0.033	9.620	0.000
TP4		0.312	0.032	9.822	0.000
TP5		0.373	0.035	10.570	0.000
TP6		0.230	0.025	9.009	0.000
TC1		0.349	0.034	10.345	0.000
TC2		0.258	0.027	9.421	0.000
TC3		0.302	0.031	9.885	0.000
TC4		0.218	0.025	8.722	0.000
TC5		0.255	0.027	9.259	0.000
TC6		0.275	0.030	9.220	0.000
PC1		0.448	0.040	11.278	0.000
PC2		0.415	0.040	10.494	0.000
PC3		0.340	0.036	9.350	0.000
PC4		0.309	0.032	9.517	0.000
PC5		0.283	0.032	8.864	0.000
PC6		0.215	0.031	6.868	0.000

R-SQUARE

Observed Variable	Estimate	S.E.	Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
TP1	0.610	0.033	18.404	0.000
TP2	0.646	0.034	19.290	0.000
TP3	0.687	0.033	21.081	0.000
TP4	0.688	0.032	21.643	0.000
TP5	0.627	0.035	17.780	0.000
TP6	0.770	0.025	30.237	0.000
TC1	0.651	0.034	19.311	0.000
TC2	0.742	0.027	27.117	0.000
TC3	0.698	0.031	22.839	0.000
TC4	0.782	0.025	31.333	0.000
TC5	0.745	0.027	27.112	0.000
TC6	0.725	0.030	24.259	0.000
PC1	0.552	0.040	13.873	0.000
PC2	0.585	0.040	14.766	0.000
PC3	0.660	0.036	18.167	0.000
PC4	0.691	0.032	21.270	0.000
PC5	0.717	0.032	22.404	0.000
PC6	0.785	0.031	25.022	0.000

QUALITY OF NUMERICAL RESULTS

Condition Number for the Information Matrix (ratio of smallest to largest eigenvalue) 0.248E-04

DIAGRAM INFORMATION

Use View Diagram under the Diagram menu in the Mplus Editor to view the diagram.

If running Mplus from the Mplus Diagrammer, the diagram opens automatically.

Diagram output

c:\users\acer\desktop\dissertation\multidimension phase 1\model pancel cut\data21_03_modelcutshort.dgm

Beginning Time: 20:03:52

Ending Time: 20:03:53

Elapsed Time: 00:00:01

MUTHEN & MUTHEN
3463 Stoner Ave.
Los Angeles, CA 90066

Tel: (310) 391-9971
Fax: (310) 391-8971
Web: www.StatModel.com
Support: Support@StatModel.com

Copyright (c) 1998-2019 Muthen & Muthen

ผลการวิเคราะห์โมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของสมรรถนะครูสะเต็ม : การวิเคราะห์โมเดลพหุระดับ
จำแนกข้ามกลุ่ม (cross-classified multilevel models) ด้วยโปรแกรม Mplus

Mplus VERSION 8.3
MUTHEN & MUTHEN
04/30/2020 8:11 PM

INPUT INSTRUCTIONS

```

TITLE: cross-classified

DATA: FILE = data3level_crossclassified_korawut_PATH2.csv;

VARIABLE: NAMES = mthtch mthaj SCH ID GEND SUBJ LEV CSTH CSAJ STEM ATT TSUP JSUP
TIK;
USEVARIABLES = mthtch mthaj CSTH CSAJ STEM ATT TSUP JSUP TIK;
CLUSTER = mthtch mthaj;
BETWEEN = (mthtch) TSUP CSTH (mthaj) CSAJ JSUP;

ANALYSIS: TYPE = CROSSCLASSIFIED;
ESTIMATOR = BAYES;
PROCESSORS = 2;

MODEL: %WITHIN%
STEM ON ATT (A);
STEM ON TIK (B);
STEM;
att with tik;

%BETWEEN mthtch%

STEM ON TSUP CSTH;
ATT ON CSTH (C);
ATT ON TSUP (D);
TIK ON CSTH (E);
TIK ON TSUP (F);
STEM;

%BETWEEN mthaj%

STEM ON JSUP CSAJ;
ATT ON CSAJ (G);
ATT ON JSUP (H);
TIK ON CSAJ (I);
TIK ON JSUP (J);
STEM;

MODEL CONSTRAINT:
NEW (INDT1 INDT2 INDT3 INDT4 INDA1 INDA2 INDA3 INDA4);
INDT1 = A*C;
INDT2 = A*D;
INDT3 = B*E;
INDT4 = B*F;
INDA1 = A*G;
INDA2 = A*H;
INDA3 = B*I;
INDA4 = B*J;

OUTPUT: TECH1 TECH8;

```

cross-classified

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups	1
Number of observations	537
Number of dependent variables	3
Number of independent variables	4
Number of continuous latent variables	0

Observed dependent variables

Continuous			
STEM	ATT	TIK	

Observed independent variables

CSTH	CSAJ	TSUP	JSUP
------	------	------	------

Variables with special functions

Cluster variables	MHTTCH	MTHAJ
-------------------	--------	-------

Level 2a between variables		
CSAJ	JSUP	

Level 2b between variables		
TSUP	CSTH	

Estimator	BAYES
-----------	-------

Specifications for Bayesian Estimation

Point estimate	MEDIAN
Number of Markov chain Monte Carlo (MCMC) chains	2
Random seed for the first chain	0
Starting value information	UNPERTURBED
Algorithm used for Markov chain Monte Carlo	GIBBS (PX1)
Convergence criterion	0.500D-01
Maximum number of iterations	50000
K-th iteration used for thinning	1

Input data file(s)

data3level_crossclassified_korawut_PATH2.csv

Input data format FREE

SUMMARY OF DATA

Cluster information for MTHAJ

Number of clusters	77
--------------------	----

Size (s)	Cluster ID with Size s
----------	------------------------

1	69 51 12 15 47 54 44 81 45 22 23 56 59 34 82 78 64 13 19
2	18 67 79 73
3	9 25 63 57 66 76 20 21 5
4	14 24 72 68
5	8 7 41 52 43
6	40 62 31
7	39 58 16 26 77
8	32 35 71 53 3
9	6 4 65
11	2 27 50 10
12	33
13	70 80 37
15	29
16	48
18	36 30
19	74 61 60
20	46 49 17
21	38

22 11

Cluster information for MTHTCH

Number of clusters 205

Size (s) Cluster ID with Size s

1 17 29 49 78 127 128 138 143 150 164 176 178 121 139
 173 144 182 15 12 119 77 109 190 30 33 39 42 54 70 118
 170 93 3 183 38 84 87 95 100 151 80 192 101 66 46 157
 160 162 174 37 43 83 91 107 188 195

2 137 136 85 120 13 201 116 208 117 55 61 134 94 92 104
 175 147 149 141 155 2 197 187 142 45 47 50 52 57 63
 90 145 105 163 73 114 48 53 58 123 72 129 35 169 156
 161 171 204 31 210 76 60 152 65 130 135 193 202 196

3 51 82 6 154 122 27 184 71 124 5 115 172 21 177 59 209
 148 181 9 153 166 96 97 158 111 168 81 110 185 98 179
 194 198 99 4 1 133 131 186 200 189 140 191 146 199

4 14 67 69 103 75 28 74 32 79 86 89 108 11 64 68 112 88
 159 205 19 113 167 106 16

5 125 102 8 36 10 165 34 25

6 126 180 26 203 7 24 22 132

7 18

8 20

9 211 23

11 206

UNIVARIATE SAMPLE STATISTICS

UNIVARIATE HIGHER-ORDER MOMENT DESCRIPTIVE STATISTICS

Variable/ Percentiles	Mean/ Variance	Skewness/ Kurtosis	Minimum/ Maximum	% with Min/Max	20%/60%
Sample Size 40%/80%	Median				
STEM	3.478	-0.311	1.028	0.19%	2.972 3.333
3.472	0.403	0.017	5.000	0.19%	3.667 4.056
537.000	3.834	-0.416	1.000	0.19%	3.250 3.750
ATT	3.917	0.396	0.495	5.000	3.17% 4.000 4.333
537.000	3.717	-0.179	2.000	0.74%	3.125 3.625
TIK	3.750	0.350	-0.226	5.000	2.05% 4.000 4.250
537.000	3.739	0.050	2.300	0.49%	3.300 3.600
CSTH	3.750	0.276	0.025	5.000	2.44% 3.900 4.100
205.000	4.095	0.013	3.000	1.30%	3.680 4.010
CSAJ	4.133	0.204	-0.148	5.000	6.49% 4.200 4.460
77.000	3.648	-0.196	1.833	0.49%	3.315 3.528
TSUP	3.667	0.275	0.591	5.000	0.98% 3.733 4.097
205.000	3.883	-0.783	2.000	1.30%	3.500 3.833
JSUP	3.929	0.220	2.311	5.000	1.30% 4.010 4.200
77.000					

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

USE THE FBITERATIONS OPTION TO INCREASE THE NUMBER OF ITERATIONS BY A FACTOR OF AT LEAST TWO TO CHECK CONVERGENCE AND THAT THE PSR VALUE DOES NOT INCREASE.

MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters 33

Bayesian Posterior Predictive Checking using Chi-Square

95% Confidence Interval for the Difference Between the Observed and the Replicated Chi-Square Values

-24.105 28.348

Posterior Predictive P-Value 0.446

Information Criteria

Deviance (DIC) 2130.819
Estimated Number of Parameters (pD) 202.152

MODEL RESULTS

	Estimate Significance	Posterior S.D.	One-Tailed P-Value	95% C.I. Lower 2.5% Upper 2.5%		
Within Level						
STEM ON						
ATT	0.268	0.045	0.000	0.181	0.357	*
TIK	0.486	0.047	0.000	0.395	0.576	*
ATT WITH						
TIK	0.200	0.020	0.000	0.164	0.241	*
Variiances						
ATT	0.314	0.024	0.000	0.272	0.364	*
TIK	0.290	0.022	0.000	0.251	0.336	*
Residual Variiances						
STEM	0.145	0.010	0.000	0.126	0.167	*
Between MTHAJ Level						
STEM ON						
JSUP	-0.056	0.152	0.357	-0.357	0.239	
CSAJ	0.308	0.150	0.018	0.021	0.603	*
ATT ON						
CSAJ	0.131	0.133	0.165	-0.139	0.386	
JSUP	0.122	0.136	0.189	-0.145	0.392	
TIK ON						
CSAJ	0.179	0.113	0.053	-0.040	0.406	
JSUP	-0.091	0.119	0.218	-0.325	0.139	
ATT WITH						
STEM	0.023	0.018	0.036	-0.002	0.069	
TIK WITH						
STEM	0.016	0.015	0.071	-0.003	0.054	
ATT	0.009	0.011	0.101	-0.003	0.039	
Residual Variiances						
STEM	0.061	0.027	0.000	0.023	0.128	*
ATT	0.024	0.016	0.000	0.004	0.068	*
TIK	0.012	0.010	0.000	0.002	0.041	*
Between MTHTCH Level						
STEM ON						
TSUP	0.319	0.089	0.000	0.143	0.494	*
CSTH	0.062	0.090	0.245	-0.111	0.241	
ATT ON						
CSTH	0.104	0.092	0.131	-0.078	0.282	
TSUP	0.158	0.092	0.041	-0.024	0.346	
TIK ON						
CSTH	0.050	0.085	0.282	-0.117	0.214	
TSUP	0.265	0.085	0.001	0.100	0.431	*

ATT	WITH						
STEM		0.048	0.018	0.000	0.018	0.088	*
TIK	WITH						
STEM		0.047	0.017	0.000	0.018	0.086	*
ATT		0.049	0.018	0.000	0.020	0.089	*
Intercepts							
STEM		1.025	0.457	0.003	0.259	1.972	*
ATT		1.859	0.401	0.000	1.132	2.714	*
TIK		2.207	0.292	0.000	1.631	2.773	*
Residual Variances							
STEM		0.054	0.020	0.000	0.022	0.102	*
ATT		0.061	0.021	0.000	0.027	0.109	*
TIK		0.049	0.018	0.000	0.019	0.091	*
New/Additional Parameters							
INDT1		0.027	0.025	0.131	-0.021	0.079	
INDT2		0.042	0.026	0.041	-0.006	0.097	
INDT3		0.024	0.042	0.282	-0.057	0.107	
INDT4		0.128	0.043	0.001	0.048	0.216	*
INDA1		0.034	0.037	0.165	-0.037	0.108	
INDA2		0.032	0.038	0.189	-0.039	0.111	
INDA3		0.086	0.056	0.053	-0.019	0.203	
INDA4		-0.044	0.058	0.218	-0.162	0.067	

TECHNICAL 1 OUTPUT

PARAMETER SPECIFICATION FOR WITHIN

NU	STEM	ATT	TIK
	0	0	0
LAMBDA	STEM	ATT	TIK
STEM	0	0	0
ATT	0	0	0
TIK	0	0	0
THETA	STEM	ATT	TIK
STEM	0		
ATT	0	0	
TIK	0	0	0
ALPHA	STEM	ATT	TIK
	0	0	0
BETA	STEM	ATT	TIK
STEM	0	1	2
ATT	0	0	0
TIK	0	0	0

	PSI		
	STEM	ATT	TIK
STEM	<u>3</u>		
ATT	0	<u>4</u>	
TIK	0	5	<u>6</u>

PARAMETER SPECIFICATION FOR BETWEEN MTHAJ

	NU				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

	LAMBDA				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
ATT	0	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
TIK	0	0	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
CSAJ	0	0	0	<u>0</u>	<u>0</u>
JSUP	0	0	0	0	<u>0</u>

	THETA				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	<u>0</u>				
ATT	0	<u>0</u>			
TIK	0	0	<u>0</u>		
CSAJ	0	0	0	<u>0</u>	
JSUP	0	0	0	0	<u>0</u>

	ALPHA				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

	BETA				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
ATT	0	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
TIK	0	0	<u>0</u>	<u>11</u>	<u>12</u>
CSAJ	0	0	0	<u>0</u>	<u>0</u>
JSUP	0	0	0	0	<u>0</u>

	PSI				
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	<u>13</u>				
ATT	14	<u>15</u>			
TIK	16	17	<u>18</u>		
CSAJ	0	0	0	<u>0</u>	
JSUP	0	0	0	0	<u>0</u>

PARAMETER SPECIFICATION FOR BETWEEN MTHTCH

	NU				
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

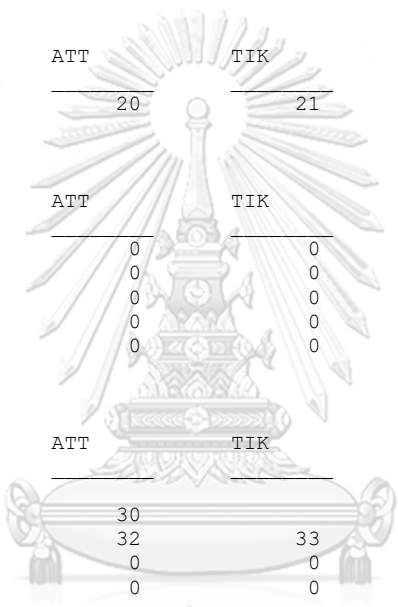
LAMBDA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0	0	0	0	0
ATT	0	0	0	0	0
TIK	0	0	0	0	0
CSTH	0	0	0	0	0
TSUP	0	0	0	0	0

THETA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0				
ATT	0	0			
TIK	0	0	0		
CSTH	0	0	0	0	
TSUP	0	0	0	0	0

ALPHA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
	19	20	21	0	0

BETA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0	0	0	22	23
ATT	0	0	0	24	25
TIK	0	0	0	26	27
CSTH	0	0	0	0	0
TSUP	0	0	0	0	0

PSI					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	28				
ATT	29	30			
TIK	31	32	33		
CSTH	0	0	0	0	
TSUP	0	0	0	0	0



 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 PARAMETER SPECIFICATION FOR THE ADDITIONAL PARAMETERS
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

NEW/ADDITIONAL PARAMETERS					
	INDT1	INDT2	INDT3	INDT4	INDA1
	34	35	36	37	38

NEW/ADDITIONAL PARAMETERS			
	INDA2	INDA3	INDA4
	39	40	41

STARTING VALUES FOR WITHIN

NU			
	STEM	ATT	TIK
	0.000	0.000	0.000

LAMBDA			
	STEM	ATT	TIK
STEM	1.000	0.000	0.000

ATT	0.000	1.000	0.000
TIK	0.000	0.000	1.000

THETA			
	STEM	ATT	TIK
STEM	0.000		
ATT	0.000	0.000	
TIK	0.000	0.000	0.000

ALPHA			
	STEM	ATT	TIK
	0.000		
		0.000	
			0.000

BETA			
	STEM	ATT	TIK
STEM	0.000	0.000	0.000
ATT	0.000	0.000	0.000
TIK	0.000	0.000	0.000

PSI			
	STEM	ATT	TIK
STEM	0.202		
ATT	0.000	0.198	
TIK	0.000	0.000	0.175

STARTING VALUES FOR BETWEEN MTHAJ

NU					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

LAMBDA					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ATT	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
TIK	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
CSAJ	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
JSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

THETA					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	0.000				
ATT	0.000	0.000			
TIK	0.000	0.000	0.000		
CSAJ	0.000	0.000	0.000	0.000	
JSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ALPHA					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
	0.000				
		0.000			
			0.000		
				0.000	
					0.000

BETA					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ATT	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TIK	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CSAJ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

PSI					
	STEM	ATT	TIK	CSAJ	JSUP
STEM	0.202				
ATT	0.000	0.198			
TIK	0.000	0.000	0.175		
CSAJ	0.000	0.000	0.000	0.074	
JSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070

STARTING VALUES FOR BETWEEN MHTCH

NU					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

LAMBDA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ATT	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
TIK	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000
CSTH	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000
TSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000

THETA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0.000				
ATT	0.000	0.000			
TIK	0.000	0.000	0.000		
CSTH	0.000	0.000	0.000	0.000	
TSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ALPHA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
	3.478	3.834	3.717	0.000	0.000

BETA					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ATT	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TIK	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CSTH	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

PSI					
	STEM	ATT	TIK	CSTH	TSUP
STEM	0.202				
ATT	0.000	0.198			
TIK	0.000	0.000	0.175		
CSTH	0.000	0.000	0.000	0.120	
TSUP	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121

STARTING VALUES FOR THE ADDITIONAL PARAMETERS

NEW/ADDITIONAL PARAMETERS				
INDT1	INDT2	INDT3	INDT4	INDA1
0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

NEW/ADDITIONAL PARAMETERS		
INDA2	INDA3	INDA4
0.500	0.500	0.500

PRIORS FOR ALL PARAMETERS
STD. DEV.

	PRIOR MEAN	PRIOR VARIANCE	PRIOR
Parameter 1~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 2~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 3~IG(-1.000,0.000)	infinity	infinity	infinity
Parameter 4~IW(0.000,-3)	infinity	infinity	infinity
Parameter 5~IW(0.000,-3)	infinity	infinity	infinity
Parameter 6~IW(0.000,-3)	infinity	infinity	infinity
Parameter 7~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 8~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 9~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 10~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 11~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 12~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 13~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 14~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 15~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 16~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 17~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 18~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 19~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 20~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 21~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 22~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 23~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 24~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 25~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 26~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 27~N(0.000,infinity)	0.0000	infinity	infinity
Parameter 28~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 29~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 30~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 31~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 32~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity
Parameter 33~IW(0.000,-4)	infinity	infinity	infinity

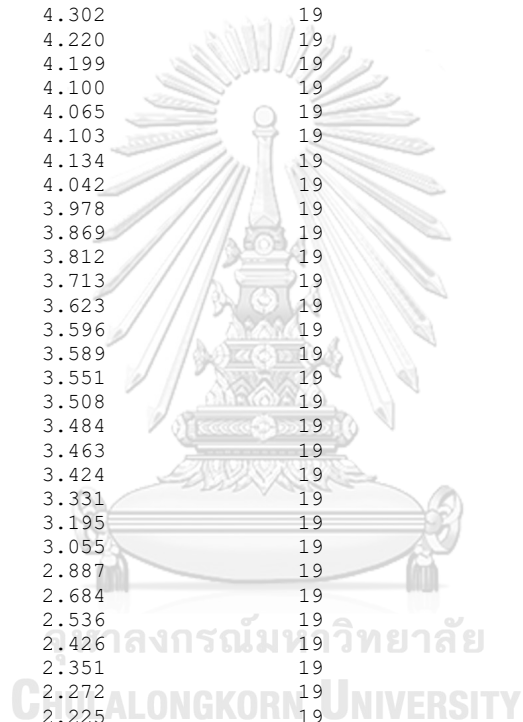
TECHNICAL 8 OUTPUT

TECHNICAL 8 OUTPUT FOR BAYES ESTIMATION

CHAIN	BSEED
1	0
2	285380

ITERATION	POTENTIAL SCALE REDUCTION	PARAMETER WITH HIGHEST PSR
100	1.646	17
200	1.584	14
300	1.450	20
400	1.802	20
500	2.369	19
600	2.659	19
700	2.904	19
800	3.093	19
900	3.378	19
1000	3.603	19
1100	3.814	19
1200	3.910	19

1300	3.968	19
1400	3.911	19
1500	4.061	19
1600	4.170	19
1700	4.191	19
1800	4.418	19
1900	4.556	19
2000	4.583	19
2100	4.643	19
2200	4.764	19
2300	4.837	19
2400	4.915	19
2500	4.919	19
2600	4.912	19
2700	4.857	19
2800	4.882	19
2900	4.852	19
3000	4.677	19
3100	4.511	19
3200	4.302	19
3300	4.220	19
3400	4.199	19
3500	4.100	19
3600	4.065	19
3700	4.103	19
3800	4.134	19
3900	4.042	19
4000	3.978	19
4100	3.869	19
4200	3.812	19
4300	3.713	19
4400	3.623	19
4500	3.596	19
4600	3.589	19
4700	3.551	19
4800	3.508	19
4900	3.484	19
5000	3.463	19
5100	3.424	19
5200	3.331	19
5300	3.195	19
5400	3.055	19
5500	2.887	19
5600	2.684	19
5700	2.536	19
5800	2.426	19
5900	2.351	19
6000	2.272	19
6100	2.225	19
6200	2.210	19
6300	2.211	19
6400	2.213	19
6500	2.173	19
6600	2.151	19
6700	2.113	19
6800	2.077	19
6900	2.041	19
7000	1.968	19
7100	1.919	19
7200	1.852	19
7300	1.789	19
7400	1.736	19
7500	1.710	19
7600	1.671	19
7700	1.640	19
7800	1.630	19
7900	1.621	19
8000	1.618	19
8100	1.612	19
8200	1.612	19
8300	1.613	19
8400	1.615	19
8500	1.620	19



8600	1.616	19
8700	1.607	19
8800	1.600	19
8900	1.602	19
9000	1.601	19
9100	1.591	19
9200	1.582	19
9300	1.568	19
9400	1.565	19
9500	1.576	19
9600	1.587	19
9700	1.598	19
9800	1.613	19
9900	1.629	19
10000	1.645	19
10100	1.658	19
10200	1.671	19
10300	1.689	19
10400	1.707	19
10500	1.728	19
10600	1.737	19
10700	1.710	19
10800	1.689	19
10900	1.649	19
11000	1.643	19
11100	1.624	19
11200	1.618	19
11300	1.607	19
11400	1.595	19
11500	1.589	19
11600	1.573	19
11700	1.563	19
11800	1.544	19
11900	1.522	19
12000	1.510	19
12100	1.489	19
12200	1.460	19
12300	1.419	19
12400	1.379	19
12500	1.340	19
12600	1.305	20
12700	1.282	20
12800	1.256	20
12900	1.240	20
13000	1.219	20
13100	1.201	20
13200	1.187	20
13300	1.173	20
13400	1.151	20
13500	1.136	20
13600	1.117	20
13700	1.104	20
13800	1.096	20
13900	1.088	20

DIAGRAM INFORMATION

Mplus diagrams are currently not available for multilevel analysis.
No diagram output was produced.

Beginning Time: 20:11:21
Ending Time: 20:11:26
Elapsed Time: 00:00:05

MUTHEN & MUTHEN
3463 Stoner Ave.
Los Angeles, CA 90066
Tel: (310) 391-9971
Fax: (310) 391-8971
Web: www.StatModel.com
Support: Support@StatModel.com

Copyright (c) 1998-2019 Muthen & Muthen



ภาคผนวก จ

สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบสมรรถนะครูสะเต็ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบสมรรถนะครูสะเต็ม

ภาคผนวก จ แสดงค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบสมรรถนะครูสะเต็มสำหรับนักวิจัยหรือผู้เกี่ยวข้องกับครูสะเต็มที่จะนำเครื่องมือวัดสมรรถนะครูสะเต็มที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้ไปใช้ และมีความประสงค์ที่จะรวมคะแนนแต่ละองค์ประกอบโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบแทนรวมคะแนนโดยใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งสามารถรวมคะแนนองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบสมรรถนะครูสะเต็มแต่ละด้านดังตารางต่อไปนี้

องค์ประกอบหลัก องค์ประกอบย่อย	สัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ						
	T-STEM	P-STEM	C-STEM	S	T	E	M
TP-ST	0.046	0.010	-	0.064	0.079	-	-
TP-SE	0.055	0.010	-	0.090	-	0.089	-
TP-SM	0.177	-0.011	-	0.227	-	-	0.072
TP-TE	0.117	0.004	-	-	0.074	0.144	-
TP-TM	0.074	0.009	-	-	0.026	-	0.193
TP-EM	0.107	0.033	-	-	-	0.085	0.102
TC-ST	0.064	-	0.042	0.160	0.150	-	-
TC-SE	0.106	-	0.062	0.221	-	0.125	-
TC-SM	0.033	-	0.061	0.104	-	-	0.149
TC-TE	0.194	-	0.063	-	0.255	0.199	-
TC-TM	0.015	-	0.070	-	0.180	-	0.094
TC-EM	0.026	-	0.071	-	-	0.155	0.148
PC-ST	-	0.051	0.018	0.035	0.024	-	-
PC-SE	-	0.029	0.052	0.029	-	-0.009	-
PC-SM	-	0.085	0.012	0.040	-	-	0.034
PC-TE	-	0.078	0.050	-	0.055	0.055	-
PC-TM	-	0.113	0.065	-	0.100	-	0.049
PC-EM	-	0.168	0.054	-	-	0.057	0.010

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายกรวุฒิ แผนพรหม
วัน เดือน ปี เกิด	27 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนจิระศาสตร์วิทยา เมื่อปีการศึกษา 2547 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เมื่อปีการศึกษา 2552 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรการศึกษาระดับบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิธีวิทยาการวิจัย การศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2559 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2560
ที่อยู่ปัจจุบัน	50/1 หมู่ 1 ตำบล ขวัญเมือง อำเภอ บางปะหัน จังหวัด พระนครศรีอยุธยา 13220