บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีเป้าหมายเพื่อ เสนอแนะแนวทางอย่างเป็นระบบ ในการตรวจสอบความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหาและการตรวจอิทธิพลของหัวข้อที่มีลักษณะเป็นพื้นฐานของกันและกันจากข้อมูลเชิงประจักษ์ สำหรับวัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อสร้างแผนที่มโนทัศน์ของวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาพรีเรควิชิทโมเดลในวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน และเสนอวิธีการตรวจสอบอิทธิพลระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นพื้นฐานของกันและกันจากข้อมูลเชิงประจักษ์และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างพรีเรควิชิทโมเดล กับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วย

สำหรับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้น ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัยจำกัดรับที่มีหลักสูตรการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 12 แห่ง เป็นตัวอย่างในการศึกษา

1 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร ในการทดสอบพรีเรควิชิทโมเดลครั้งนี้ ประชาการที่ศึกษา ได้แก่ นักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในมหาวิทยาลัยจำกัดรับของรัฐ สำหรับการทดสอบรูปแบบนั้น ในกระบวนการดสอบจะต้องเลือกวิชาหนึ่งมาใช้ทดสอบรูปแบบ ได้แก่ วิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 ซึ่งเป็นวิชาที่เปิดสอน สำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จึงได้แก่ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 จำนวน 384 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การสร้างแผนที่มโนทัศน์

ในส่วนของการสร้างแผนที่มโนทัศน์นั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือสำหรับการวิจัยดังนี้

แบบวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหา โดยออกแบบเครื่องมือให้สามารถวิเคราะห์เนื้อหาได้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดของวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยต่าง ๆ

แบบประเมินแผนที่มโนทัศน์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานทั้งหมด 8 กลุ่ม เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบประเมินค่า ระดับความคิดเห็น 3 ระดับ ได้แก่ 1 (เหมาะสม) 0 (ไม่แน่ใจ) และ -1 (ไม่เหมาะสม) พร้อมคำถามปลายเปิดในแต่ละกลุ่มเนื้อหาเพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนที่มโนทัศน์โดยรวมด้วย

2.2 การสร้างพรีเรควิซิทโมเดล

ในการสร้างพรีเรควิซิทโมเดล ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องในการวิจัยดังนี้

แผนที่มโนทัศน์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นในตอนแรก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างพรีเรควิซิทโมเดล

แบบวิเคราะห์ความเป็นพื้นฐานของกันและกัน ซึ่งจะเป็นตาราง 2 ทาง เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินว่าเรื่องใดควรจะเป็นพื้นฐานของเรื่องใด

2.3 การวิเคราะห์พรีเรควิซิทโมเดล

ในการตรวจสอบอิทธิพลความเป็นพื้นฐานของกันและกัน และการทดสอบความสอดคล้องของพรีเรควิซิทโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จะเป็นแบบทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 ซึ่งมีทั้งหมด 3 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบกลางภาค แบบทดสอบปลายภาค ซึ่งทั้งสองฉบับเป็นข้อสอบอัตนัยฉบับละ 10 ข้อ และอีกฉบับหนึ่งเป็นข้อสอบ

วัดความรู้พื้นฐานมีข้อสอบทั้งหมดจำนวน 25 ข้อ ซึ่งจะเป็นข้อสอบวัดเนื้อหาในส่วนที่ยังขาดอยู่ที่ข้อสอบกลางภาคและปลายภาคยังไม่ครอบคลุมถึง

3. การพัฒนาเครื่องมือ

ในการพัฒนาแผนที่มโนทัศน์ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของแผนที่มโนทัศน์ 2 ครั้ง ครั้งแรก ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายในภาควิชาคณิตศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จำนวน 4 ท่าน เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของแผนที่มโนทัศน์ และครั้งที่สองประเมินโดย ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก จากมหาวิทยาลัยต่าง ๆ จำนวน 5 ท่าน

สำหรับการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และทำการระบุวัตถุประสงค์ ของการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยเนื้อหา ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ และสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมระดับพฤติกรรมด้าน ความเข้าใจ การนำไปใช้ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ การออกข้อสอบกลางภาคและปลายภาคนั้น ผู้วิจัยได้ออกข้อสอบร่วมกับทีมผู้สอนอีก 3 ท่าน ส่วนข้อสอบวัดความรู้พื้นฐานนั้น ผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านประเมินความตรงทางด้านเนื้อหาและนำไปทดสอบกับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ แล้วนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.65 ค่าความยากอยู่ในระดับ 0.30 ถึง 0.85 และอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบได้

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแผนที่มโนทัศน์ แบบประเมินแผนที่มโนทัศน์และแบบวิเคราะห์ความเป็นพื้นฐานของกันและกัน ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินและสัมภาษณ์ด้วยตนเอง สำหรับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบนักศึกษา จำนวน 384 คน ทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ การสอบกลางภาค การสอบปลายภาค และการสอบวัดความรู้พื้นฐาน

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์พรีเรควิซิทโมเดล ผู้วิจัยได้ทำการประมวลและวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS For Window เพื่อวิเคราะห์ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การจัดลำดับคะแนน และค่าความเที่ยง และใช้โปรแกรม LISREL ในการวิเคราะห์ค่า อิทธิพลทางตรง ทางอ้อม อิทธิพลรวม สมการโครงสร้าง และความสอดคล้องระหว่างมโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

6.การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 5 ตอน คือ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของนักศึกษา ผลการวิเคราะห์การสอบกลางภาค ปลายภาคและการสอบวัดความรู้พื้นฐาน ผลการวิเคราะห์พรีเรควิซิทโมเดล ซึ่งแบ่งเป็นประเด็นย่อยได้ทั้งหมด 6 ประเด็น คือ การวิเคราะห์ หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรในโมเดล ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สมการโครงสร้างในโมเดล อิทธิพลระหว่างตัวแปร และการแยกส่วนของความสัมพันธ์

7.สรุปผลการวิจัย

การนำเสนอผลการสรุปวิจัย แบ่งออกเป็น 6 ประเด็น คือ

7.1 แผนที่มโนทัศน์

7. 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของนักศึกษา

7. 3 ผลการวิเคราะห์การสอบข้อสอบกลางภาค

7. 4 ผลการวิเคราะห์การสอบข้อสอบปลายภาค

7. 5 ผลการวิเคราะห์การสอบวัดความรู้พื้นฐาน

7. 6 ผลการวิเคราะห์พรีเรควิซิท โมเดล

7. 1 แผนที่มโนทัศน์

จากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากการสัมภาษณ์พบว่า แผนที่มโนทัศน์ทำให้มองเห็นภาพรวมของเนื้อหาในแต่ละวิชาหรือกลุ่มวิชาได้เป็นอย่างดี ทำให้เข้าใจรายละเอียดลำดับเนื้อหาและความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างเนื้อหาได้ชัดเจนกว่าประมวลรายวิชา ในการพัฒนาพรีเรควิซิทโมเดลนั้น ได้ใช้แผนที่มโนทัศน์เป็นแนวทางในการพัฒนา พบว่าแผนที่มโนทัศน์เป็นสิ่งที่ช่วยให้มองเห็นว่า เรื่องใดควรจะเป็นพื้นฐานของเรื่องใด ควรจะจัดกลุ่มของเนื้อหาอย่างไร โดยสังเกตจากคำเชื่อม เส้นโยง พร้อมทั้งคำสำคัญที่เกี่ยวข้องในแต่ละเรื่อง และเมื่อนำพรีเรควิซิทโมเดลที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเสร็จแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการในการสอนวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 ทำการประเมินพบว่า มีความเห็นที่สอดคล้องกัน อย่างไรก็ตาม แผนที่มโนทัศน์ก็ไม่ได้เป็นเครื่องชี้แนวทางในการสร้างพรีเรควิซิทโมเดลได้อย่างมั่นใจร้อยเปอร์เซนต์ เนื่องจากในการสอนเรื่องเดียวกันของแต่ละมหาวิทยาลัย หรือผู้สอนแต่ละคน อาจจะมีจุดเน้นในแต่ละเรื่อง ที่ต่างกันได้ ความเห็นในเรื่องพรีเรควิซิทโมเดลที่พัฒนาขึ้นจากแผนที่มโนทัศน์นั้น จึงต้องทำการประเมินโดยผู้ที่มีประสบการณ์ในการสอนวิชานั้นหรือกลุ่มเนื้อหานั้นโดยเฉพาะ จึงจะทำให้ผลการประเมินออกมาได้สอดคล้องกับความเป็นจริง ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องทำการทดสอบโมเดลจากข้อมูลเชิงประจักษ์อีกครั้ง

7.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของนักศึกษา

ผลการวิเคราะห์พบว่าจากกลุ่มตัวอย่าง ทั้งหมด 384 คน เป็นนักศึกษา ปวช. มากกว่านักศึกษาที่จบ ม.6 ประมาณ 2.5 เท่า นักศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในสาขา วิศวกรรมไฟฟ้า รองลงมาจะเป็นวิศวกรรมเครื่องกล รองลงมาเป็นสาขาวิศวกรรมการผลิต วิศวกรรมโยธา ที่น้อยที่สุด คือ สาขาวิศวกรรมเคมี และวิศวกรรมอุตสาหการ มีจำนวนใกล้เคียงกัน

7. 3 ผลการวิเคราะห์การสอบข้อสอบกลางภาค

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อสอบที่ค่าเฉลี่ยคะแนนเกินครึ่งมี 4 ข้อ ได้แก่ ข้อ 1, 2, 3 และ 7 สำหรับข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม มีทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ ข้อ 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบต่ำสุดคือ ข้อ 6 ซึ่งเป็น

ข้อสอบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับการนำไปใช้ จึงจัดว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยากและข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือข้อ 3 เป็นข้อสอบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับความเข้าใจ ซึ่งจัดว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

7.4 ผลการวิเคราะห์การสอบข้อสอบปลายภาค

จากผลการวิเคราะห์พบว่าข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยเกินครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มมี 4 ข้อ ได้แก่ ข้อ 3, 4, 8 และ 9 สำหรับข้อสอบที่คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มมีทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ ข้อที่ 1, 2, 5, 6, 7 และ 10 ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือข้อ 6 ซึ่งเป็นข้อสอบวัดการเรียนรู้ระดับความคิดสร้างสรรค์ จึงจัดว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดคือข้อ 4 ซึ่งเป็นข้อสอบวัดการเรียนรู้ระดับการนำไปใช้ จึงจัดว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย

7.5 ผลการวิเคราะห์การสอบวัดความรู้พื้นฐาน

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ในการวัดความรู้ในแต่ละเนื้อหา ทั้ง 7 ด้าน นักศึกษาส่วนใหญ่ มีคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านเกินครึ่งหนึ่งของคะแนนรวมในแต่ละด้าน ยกเว้นเรื่องการหาคำตอบที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งของคะแนนรวมแสดงว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก

7.6 ผลการวิเคราะห์พริเรควิซิทโมเดล

ในส่วนของการวิเคราะห์นี้จะแบ่งประเด็นการสรุปออกเป็น 6 ย่อยดังนี้

1) **ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร** ตัวแปรในโมเดลมีทั้งหมด 7 ตัวแปรพบว่าตัวแปรทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์กับการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญ สำหรับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องอินทิเกรต และการประยุกต์การอินทิเกรตเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด รองลงมาตามลำดับได้แก่ การประยุกต์ของอนุพันธ์กับการประยุกต์การอินทิเกรต การประยุกต์ของอนุพันธ์กับลิมิตและความต่อเนื่อง

ของฟังก์ชัน การประยุกต์การอินทิเกรตกับลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน แสดงให้เห็นว่าความรู้เรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เป็นพื้นฐานที่สำคัญในวิชาแคลคูลัสเป็นอย่างมาก

2) การแยกส่วนของความสัมพันธ์ เนื่องจากตัวแปรแต่ละคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นความสัมพันธ์เชิงเหตุ ซึ่งเกิดจากตัวแปรที่เป็นพื้นฐานที่จำเป็นของกันและกัน และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงสาเหตุ ซึ่งอาจจะเป็นความสัมพันธ์เทียมหรือความสัมพันธ์ที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใด จากการแยกส่วนของความสัมพันธ์พบว่า ความสัมพันธ์เกือบทุกคู่เกิดจากความสัมพันธ์เชิงสาเหตุมากกว่า 50% ของความสัมพันธ์ทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุกเรื่องในโมเดล สำหรับคู่ที่มีความสัมพันธ์ในส่วนที่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่ำกว่า 50 % ของความสัมพันธ์ทั้งหมดมีเพียงคู่เดียวคือ การประยุกต์ของอนุพันธ์กับการอินทิเกรต ซึ่งมีค่าความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเพียง 36 % ของความสัมพันธ์ทั้งหมด

3) อิทธิพลของตัวแปร ตัวแปรในโมเดลที่มีอิทธิพลต่อกันมีดังนี้

(1) อิทธิพลความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ต่อตัวแปรอื่น

-ความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ มีอิทธิพลโดยตรงต่อ เรื่องการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน

-ความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน

-ความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ มีอิทธิพลทั้งทางตรง และทางอ้อมต่อความรู้ทางด้านการอินทิเกรตสำ หรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ฟังก์ชันอีกเช่นกัน

(2) อิทธิพลความรู้ทางด้านลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันต่อตัวแปรอื่น

-ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันมีอิทธิพลทางตรงต่อความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์

-ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยการผ่านความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน

-ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความรู้ทางด้านการอินทิเกรต สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยการผ่านความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน

-ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความรู้ทางด้านการประยุกต์การอินทิเกรต สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ ความรู้ทางด้านการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ความรู้ด้านการอินทิเกรต หรือความรู้ด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ทางใดทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความรู้ด้านการประยุกต์การอินทิเกรตโดยผ่านตัวแปรถึง 2 ตัว คือผ่านตัวแปรด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์และการอินทิเกรต หรือผ่านตัวแปรด้านการหาอนุพันธ์และการอินทิเกรต นอกจากนี้ยังพบอีกว่าอิทธิพลทางอ้อมของความรู้ทางด้านลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน ที่มีต่อความรู้ด้านการประยุกต์การอินทิเกรต มีมากกว่าอิทธิพลทางตรง

-ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีอิทธิพลทางตรงต่อความรู้ทางด้านการหาคำตอบของระบบสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น

(3) อิทธิพลความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันต่อตัวแปรอื่น

-การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันมีอิทธิพลทางตรงต่อการเรียนรู้ในเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์

-การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเรียนรู้ในเรื่องการอินทิเกรต สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านการเรียนรู้ในเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ แต่อิทธิพลส่วนใหญ่เกิดจากอิทธิพลทางตรง

-การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเรียนรู้ในเรื่อง การประยุกต์ของการอินทิเกรต สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านการเรียนรู้ในเรื่องการอินทิเกรต โดยที่อิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมมีความใกล้เคียงกันมาก

(4) อิทธิพลความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ของฟังก์ชันต่อตัวแปรอื่นๆ

- การประยุกต์ของอนุพันธ์มีอิทธิพลโดยตรงต่อการอินทิเกรต

- การประยุกต์ของอนุพันธ์มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต่อการประยุกต์ของการอินทิเกรต สำหรับอิทธิพลทางอ้อมโดยผ่านการเรียนรู้ในเรื่องการอินทิเกรต

(5) อิทธิพลความรู้ทางด้านการอินทิเกรตต่อตัวแปรอื่น ๆ

-การอินทิเกรตมีอิทธิพลทางตรงต่อ การประยุกต์ของการอินทิเกรตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น สำหรับในพรีเรควิซิทโมเดลนี้

(6) อิทธิพลความรู้ทางด้านการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นต่อตัวแปรอื่นๆ

-การหาคำตอบของระบบสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น มีอิทธิพลต่อการประยุกต์ของการอินทิเกรตเท่านั้นสำหรับในพรีเรควิซิทโมเดลนี้

โดยสรุปแล้วตัวแปรแต่ละคู่ส่วนใหญ่ มีกระทบทางตรงสูงกว่าอิทธิพลทางอ้อม

สำหรับคู่ที่อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมพอ ๆ กัน คือ อิทธิพลของความรู้ทางด้านการอนุพันธ์ต่อการประยุกต์ของอนุพันธ์

นอกจากนี้ยังมีคู่ที่มีอิทธิพลทางอ้อมมากกว่าอิทธิพลทางตรง คือ อิทธิพลของความรู้ในเรื่องลิมิตและความต่อเนื่องต่อความรู้ในเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรต

4) การเปรียบเทียบอิทธิพล

จากการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (Standardize Coefficient) จากพรีเรควิซิทโมเดลจะพบว่า ในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 นี้เรื่องที่เป็นพื้นฐานของทุกเรื่องได้แก่ ความรู้ในเรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ และความรู้ในเรื่องของลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน สำหรับเรื่องที่เป็นพื้นฐานของกันและกันพอสรุปได้ดังนี้

-การเรียนรู้ในเรื่องการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน จะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ และลิมิตความและต่อเนื่องของฟังก์ชัน มาก่อน ซึ่งทั้ง 2 เรื่องนี้มีขนาดอิทธิพลที่ใกล้เคียงกัน

-การเรียนรู้ในเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ จะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิตความ-ต่อเนื่องของฟังก์ชัน และการหาของอนุพันธ์ของฟังก์ชันมาก่อน ซึ่งเรื่อง ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีขนาดอิทธิพลโดยรวมสูงที่สุด ส่วนที่เหลืออีก 2 เรื่องมีขนาดอิทธิพลโดยรวมที่ใกล้เคียงกัน

-การเรียนรู้เรื่องการอินทิเกรต จะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านเรขาคณิต-วิเคราะห์ ลิมิตความต่อเนื่องของฟังก์ชัน การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน และการประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับเรื่องที่มีขนาดอิทธิพลโดยรวมมากที่สุดคือ เรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน สำหรับ 3 เรื่องที่เหลือมีขนาดอิทธิพลโดยรวมต่อ เรื่องการอินทิเกรตใกล้เคียงกัน

-การเรียนรู้เรื่องการหาคำตอบของระบบสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นจะต้องมีพื้นฐานในเรื่องฟังก์ชันเพียงเรื่องเดียวสำหรับเรื่องอื่นยังไม่มีข้อมูลสนับสนุนเพียงพอที่ยืนยันได้ว่ามีอิทธิต่อเรื่องนี้ เช่น การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน เรขาคณิตวิเคราะห์เป็นต้น

-การเรียนรู้ในเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรตจะต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านเนื้อหาต่อไปนี้ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน การประยุกต์ของอนุพันธ์ การอินทิเกรต และการหาคำตอบของระบบสมการที่ไม่เป็นเชิง-เส้น สำหรับเรื่องที่มีอิทธิพลโดยรวมมากที่สุดคือ เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่อง รองลงมาตามลำดับคือการอินทิเกรต การประยุกต์ของอนุพันธ์ การหาอนุพันธ์ และการหาคำตอบของสมการเชิงที่ไม่เป็นเชิงเส้น

5) สมการโครงสร้าง

สมการที่มีอำนาจการพยากรณ์ค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ ตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ได้แก่ความรู้ทางด้านลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน การประยุกต์ของอนุพันธ์ การอินทิเกรต และการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวแปรทั้ง 5 ด้านนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการที่เรียน เรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ จากสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.71 ซึ่งเป็นค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าตัวแปรทั้ง 5 ด้านนี้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรในเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรตได้ประมาณ 50.% จึงนับว่ามีอำนาจการทำนายค่อนข้างสูงด้วย

สำหรับสมการที่มีอำนาจการพยากรณ์ อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.61 เรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้

-ความรู้พื้นฐานทางด้าน เรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน และการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน ตัวแปรทั้ง 3 ด้านนี้ เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการเรียนเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรต ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.61 ดังนั้นตัวแปรทั้ง 3 ด้านนี้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรในเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรตได้ประมาณ 37 %

-ความรู้พื้นฐานทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิต-ความต่อเนื่อง การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน และการประยุกต์ของอนุพันธ์ ตัวแปรทั้ง 4 ด้านนี้เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนเรื่อง การอินทิเกรต ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.59 ดังนั้นตัวแปร ทั้ง 3 ด้านนี้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรในเรื่องการอินทิเกรต ได้ประมาณ 35 %

-ความรู้พื้นฐานทางด้าน เรขาคณิตวิเคราะห์ และลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนเรื่องการหาอนุพันธ์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณเท่ากับ 0.45 ดังนั้น ตัวแปรทั้ง 2 ด้านนี้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรในเรื่องการหาอนุพันธ์ได้ประมาณ 19 %

สำหรับสมการที่มีอำนาจการพยากรณ์ต่ำมากคือ การใช้ความรู้เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันพยากรณ์ตัวแปรด้านการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเพียง 0.17 และสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรด้านการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ประมาณ 3 % ซึ่งต่ำมาก

เนื่องจากโมเดลสมการโครงสร้างมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) เท่ากับ 0.475 ประมาณ 48 % แสดงว่ายังมีตัวแปรสาเหตุอื่น ๆ หรือ ความรู้พื้นฐานในเรื่องอื่นๆ อีกที่ยังไม่รวมไว้ในโมเดล

6) ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าไค-สแควร์ = 6.75 P = 0.236 องศาอิสระเท่ากับ 5 และ GFI = 0.995 แสดงว่าพรีเรควิซิทโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดีมาก และถือได้ว่าพรีเรควิซิทโมเดลเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมด้วย เนื่องจาก ค่าเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานระหว่างตัวแปรทุกคู่มีค่าไม่เกิน 2.00 ตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นโมเดลที่ไม่ต้องปรับอีกแล้ว

เนื่องจากโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จึงแสดงให้เห็นว่าเรื่องแต่ละเรื่องนั้น เป็นพื้นฐานของกันและกันตามโมเดลที่พัฒนา

8. อภิปรายผลการวิจัย

8.1 แผนที่มโนทัศน์

จากการวิจัยพบว่า แผนที่มโนทัศน์ทำให้สามารถมองเห็นว่า การจัดลำดับเนื้อหาควรเป็นอย่างไรเรื่องใดจะเป็นพื้นฐานของเรื่องใด และทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าการบรรจุเนื้อหาลงในแต่ละวิชานั้น มีความเหมาะสมในแง่ของปริมาณเนื้อหาและลำดับเนื้อหาหรือไม่ จึงแสดงให้เห็นว่าแผนที่มโนทัศน์ช่วยในการพัฒนาหลักสูตรได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของบรอดดี (Brody, 1985) ที่ว่าแผนที่มโนทัศน์เป็นเครื่องมือในการอธิบายข้อมูลได้อย่างแจ่มชัด และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบประเมิน เพื่อปรับปรุงการศึกษาได้ นอกจากนี้แผนที่มโนทัศน์ยังช่วยในการสร้างพรีเรควิซิทโมเดลได้เป็นอย่างดีด้วย ซึ่งลักษณะของพรีเรควิซิทโมเดลนี้จะบ่งชี้ว่า เรื่องใดควรจะเป็นพื้นฐานของเรื่องใด เป็นการแสดงถึงความเหมาะสมของลำดับเนื้อหา พรีเรควิซิทโมเดลนี้จะมีคุณสมบัติคล้ายกับประมวลรายวิชา ซึ่งแสดงลำดับของเนื้อหาไว้อย่างชัดเจน ผลการวิจัยส่วนนี้จะสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อัญชลี ทนานนท์ (Anchalee Tananone, 1990) ที่ว่า ประมวลรายวิชาที่สร้างขึ้น โดยใช้แผนที่มโนทัศน์นั้นเป็นเทคนิคที่มีคุณค่ามากในการพัฒนาประมวลรายวิชา ทำให้เกิดความมั่นใจในการพัฒนาหลักสูตร และกระตุ้นให้เกิดแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรอย่างต่อเนื่องด้วย

จากการที่แผนที่มโนทัศน์เป็นสิ่ง ซึ่งแสดงรายละเอียดของเนื้อหา ลำดับของความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาได้ชัดเจน ทำให้มองเห็นภาพรวมของเนื้อหา ก่อนที่จะศึกษารายละเอียดที่เป็นส่วนย่อย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของกลุ่มเกสตอล และแนวคิดของประสาท อิศรปรีดา (2538) และบุญชม ศรีสะอาด (2537) ที่ว่า การเรียนการสอนนั้นควรให้ผู้เรียนได้มองเห็นภาพรวมทั้งหมดหรือโครงสร้างรวมของสิ่งที่จะเรียนก่อน แล้วจึงไปเรียนส่วนย่อย นอกจากนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าแผนที่มโนทัศน์ จะช่วยในการเสริมแนวคิดของพรชุลี อาชวอำรุง (2538) ที่ว่า ในการจัดหลักสูตรแบบบูรณาการจะต้องมีการคัดสรรแต่ละหัวข้อในแต่ละศาสตร์และนำมาจัดระบบระเบียบผสมผสานกันใหม่ กระบวนการจะต้องทำเป็นระบบ ความเป็นระบบนี้เองสามารถทำให้เกิดได้โดยการสร้างแผนที่มโนทัศน์ประจำวิชาหรือกลุ่มวิชา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบูรณาการ

8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกตัวในพรีเรควิซิทโมเดล พบว่าตัวแปรทุกคู่ที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ว่า พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน (ทรงวิทย์ สุวรรณชาดา, 2524; วัลภา แนวจำปา, 2527 และ Bloome, 1976)

จากการแยกส่วนความสัมพันธ์พบว่า ความสัมพันธ์ส่วนใหญ่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อม แสดงให้เห็นว่าสำหรับสองเรื่องใดๆ ที่เป็นพื้นฐานของกันและกันมีความสัมพันธ์กับแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกล่าวคือถ้าเรียนหนึ่งเข้าใจได้ดีจะทำให้เรียนอีกเรื่องหนึ่งเข้าใจได้ดีด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ว่าพื้นฐานความรู้เดิมจะมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องต่อไป เมื่อทั้งสองเรื่องเป็นพื้นฐานของกันและกัน (บุญชม ศรีสะอาด, 2524; ปาจรีย์ วัชชวัลคุ, 2527 และธีรพงษ์ แก่นอินทร์, 2531) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เดิมจะมีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ (ประสงค์ ต่อโชติ, 2533; สุนันทา ประไพตระกูล, 2535 และ Tewari, 1980)

จากตัวแปรในโมเดล เราจะได้ว่าความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์กับความรู้ทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องฟังก์ชันเป็นตัวแปรภายนอก ซึ่งจะเป็นตัวแปรด่านแรกที่ไม่มีตัวแปรทางด้านอื่นๆในโมเดลมาเป็นพื้นฐานของตัวแปรภายนอกทั้ง 2 ตัวนี้ นอกจากความรู้ในระดับ ม.6 หรือปวช. เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างตัวแปรภายนอก จะพบว่าความรู้พื้นฐานทางด้านลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญของทุก ๆเรื่อง เนื่องจากความสัมพันธ์ของเรื่องนี้กับเรื่องอื่นๆ จะเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุกว่า 70%ของความสัมพันธ์ทั้งหมด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่า เรื่องฟังก์ชันเป็นเรื่องที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ของทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลายหรือระดับอุดมศึกษาก็ตาม เรื่องฟังก์ชันนี้จะแทรกอยู่เกือบทุกเนื้อหา ในวิชาคณิตศาสตร์ทุกระดับ และสอดคล้องนักคณิตศาสตร์หลายท่านได้กล่าวไว้ว่า "หัวใจของแคลคูลัส อยู่ที่ลิมิตของฟังก์ชัน" แสดงให้เห็นว่า ถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน จะมีแนวโน้มที่จะทำให้เรียนเรื่องอื่น ๆ ได้ดีด้วย

ในการเรียนรู้การประยุกต์ของอนุพันธ์ พบว่า ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน มีอิทธิพลสูงที่สุดมากกว่าการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันเสียอีก ถ้าดูจากรายละเอียดของเนื้อหาแล้วการอนุพันธ์ของฟังก์ชันน่าจะมีอิทธิพลสูงกว่า ที่เป็นเช่นนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า จากประสบการณ์ของผู้วิจัยเองและจากการสัมภาษณ์อาจารย์มีประสบการณ์ในการสอนพบว่า ในความเป็นจริงแล้ว ในเรื่องการประยุกต์นั้นจุดสำคัญอยู่ที่การสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) มากกว่าซึ่งจะต้องอาศัยความรู้ในเรื่องของฟังก์ชันเป็นส่วนใหญ่ในการสร้างรูปแบบเช่นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการหาอนุพันธ์ในปัญหาเหล่านี้มักจะไม่ค่อยซับซ้อน

ในการเรียนเรื่องการอินทิเกรต เรื่องที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญและมีอิทธิพลมากที่สุดคือ เรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว อาจารย์ที่สอนคณิตศาสตร์จะมองเห็นว่า เรื่องการหาอนุพันธ์นั้น เป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก ต่อเรื่องการอินทิเกรต ถ้าไม่รู้เรื่องการหาอนุพันธ์แล้วจะเรียนรู้เรื่องอินทิเกรตได้เข้าใจยาก ความเห็นตรงนี้มีส่วนจริง แต่ผู้วิจัยมีความเห็นว่า ในการเรียนรู้เรื่องการอินทิเกรตนั้น ในปัญหาแต่ละข้อจำเป็นต้องใช้ความรู้หลายเรื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอินทิเกรตฟังก์ชันในแบบต่างๆ

ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจในเรื่องฟังก์ชันประเภทต่างๆ มาก่อนเป็นอย่างดี เช่น การหาค่าฟังก์ชัน การจัดรูปฟังก์ชัน กราฟของฟังก์ชัน เป็นต้น สำหรับการหาอนุพันธ์นั้น ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องไม่ซับซ้อนมากนัก ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันมีอิทธิพลต่อเรื่องการอินทิเกรตสูงกว่าการหาอนุพันธ์

ในการเรียนเรื่องการประยุกต์ของอินทิเกรต เรื่องที่เป็นฐานที่สำคัญโดยตรงคือการอินทิเกรต เพราะในการแก้ปัญหาเรื่องการอินทิเกรตนั้น กระบวนการส่วนใหญ่มักใช้ในเรื่องของการอินทิเกรต ซึ่งผู้เรียนต้องรู้เทคนิคการอินทิเกรตในแบบต่างๆ เป็นอย่างดี แต่ถ้าสังเกตอิทธิพลโดยรวมทั้งทางตรงและทางอ้อมพบว่า เรื่องลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชันมีอิทธิพลมากที่สุดอีกเช่นกัน ซึ่งความรู้เรื่องฟังก์ชันนั้น มีความจำเป็นในเรื่องการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เช่น การเขียนกราฟ การหาจุดตัด การใส่ลิมิตบน-ล่าง และการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

8.8 อำนาจการทำนายของสมการโครงสร้าง

จากสมการโครงสร้างพบว่า ตัวแปรทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน การประยุกต์ของอนุพันธ์ การอินทิเกรตและการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรตได้สูงที่สุดถึง ร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของบลูม (Bloome, 1976) ที่ว่า ความรู้พื้นฐานของนักเรียนเป็นตัวแปรที่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ร้อยละ 50

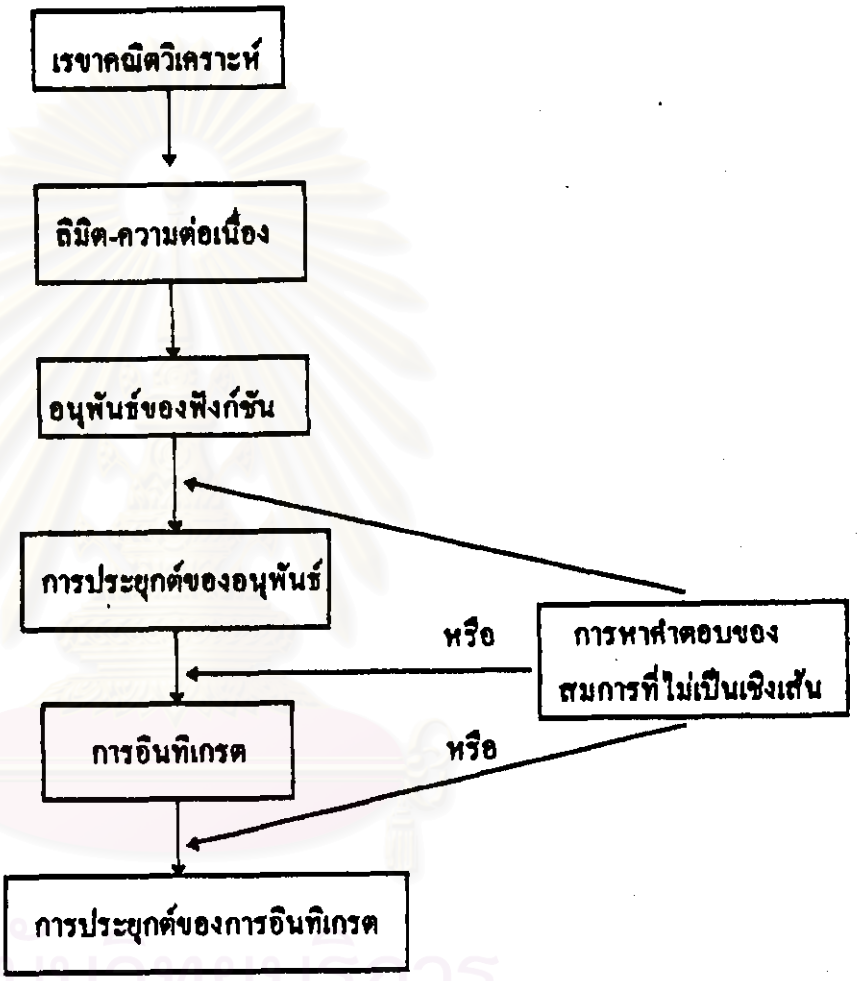
สำหรับสมการโครงสร้างอื่น ๆ มีอำนาจการทำนายอยู่ในระดับปานกลางได้แก่ ตัวแปรความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิตและความต่อเนื่อง และอนุพันธ์ของฟังก์ชัน สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ได้ร้อยละ 37 % และอีกสมการหนึ่ง คือ ความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน การหาอนุพันธ์ และการประยุกต์ของอนุพันธ์สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการอินทิเกรตได้ร้อยละ 35 ซึ่งทั้งสองสมการให้ผลใกล้เคียงกับผลการวิจัยของกรรณิการ์ จันทร์หิรัญ (2523)

8.4 การจัดลำดับเนื้อหา

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่า การจัดลำดับเรื่องต่างๆในโมเดลเป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมแบบหนึ่ง ลักษณะของลำดับจะเป็นลักษณะที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด (2537) ที่ว่า ธรรมชาติของเนื้อหาในบางครั้งมีลำดับก่อนหลังอย่างต่อเนื่อง และในบางครั้งอาจจะต้องใช้เรื่องอื่นเป็นพื้นฐาน ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 นั้นอาจจะมีบางเรื่องที่ไม่อยู่ในโมเดล เนื่องจากเห็นว่าเรื่องที่ถูกตัดออกไปจากโมเดลนั้นสามารถสอนได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้เรื่องใดเรื่องหนึ่งในโมเดลเป็นพื้นฐาน และขณะเดียวกันเรื่องเหล่านั้นก็ไม่เป็นพื้นฐานของเรื่องใดๆ ในโมเดลด้วย เช่น เรื่องการประมาณค่าฟังก์ชัน ในการเรียนการสอนเรื่องนี้อาจจะใช้ความรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ก็เพียงพอที่จะเรียนให้เกิดความเข้าใจได้ ดังนั้น การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 นี้ ถ้าใช้โมเดลล่าสุดประกอบกับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจะมีทางเลือกในการจัดลำดับเนื้อหาได้หลายลักษณะ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดของเฮร์สท (Hirst, 1977) ที่ว่า การจัดลำดับเนื้อหาอาจมีหลายแบบ จึงควรหารูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด ในแผนภาพที่ 24 และ 25 เป็นตัวอย่างหนึ่งในการจัดลำดับเนื้อหา

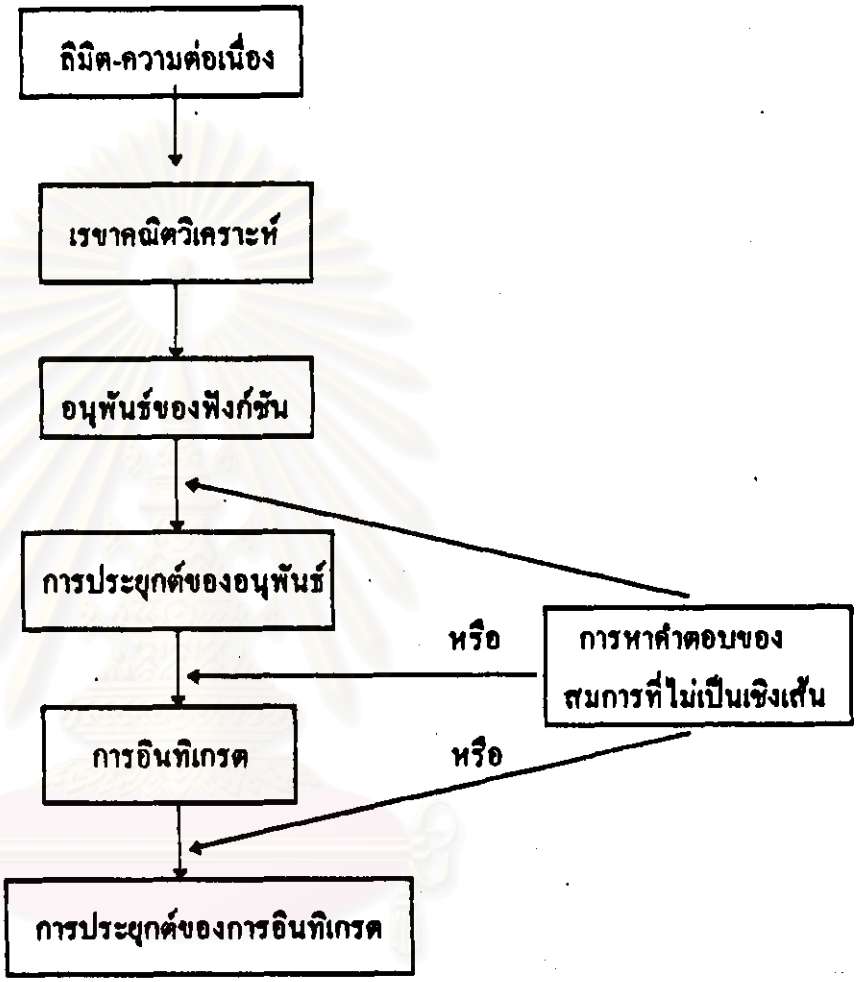
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 25 การจัดลำดับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1รูปแบบที่ 1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

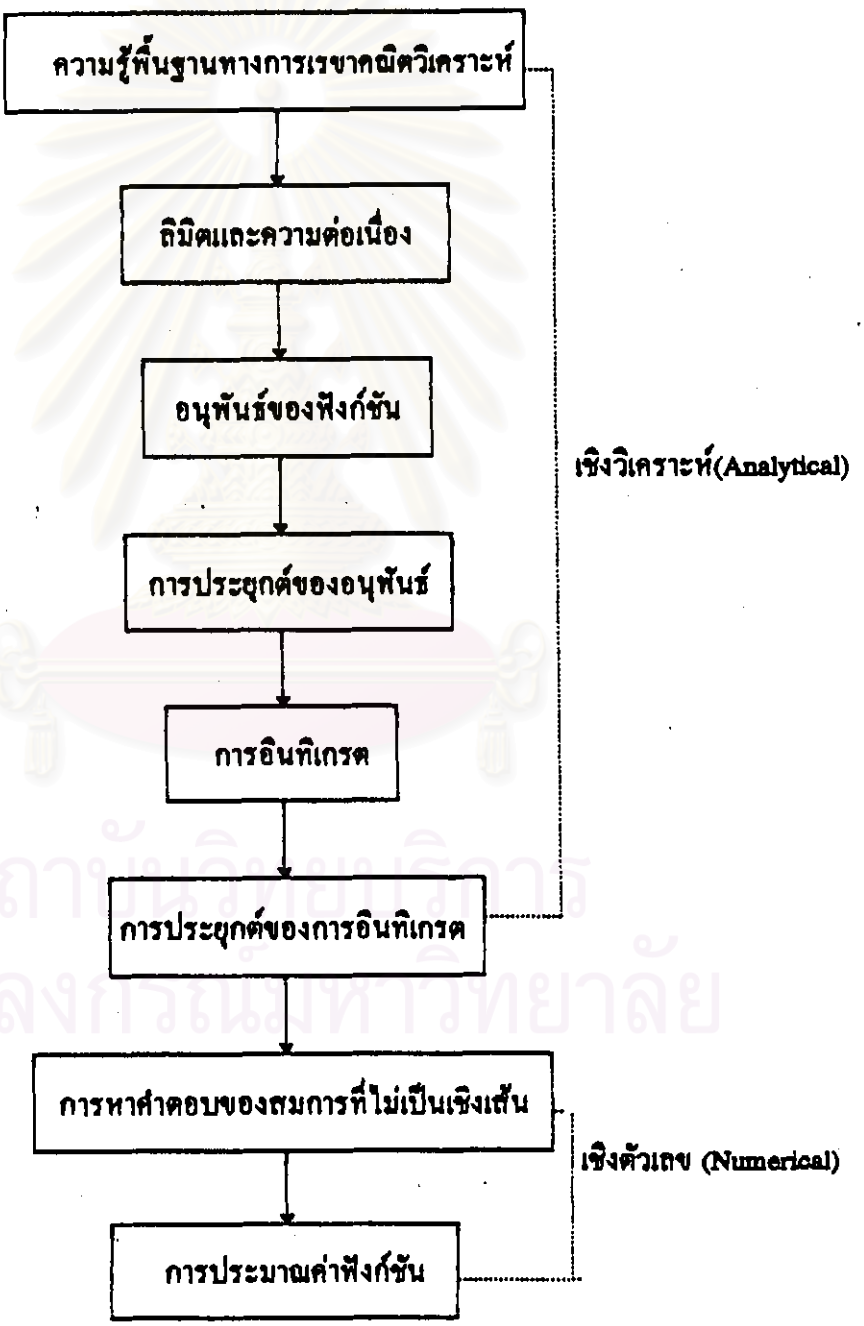
แผนภาพที่ 26 การจัดลำดับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1รูปแบบที่ 2



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับในการเรียนการสอนจริง ๆ นั้น มีการจัดลำดับเนื้อหาดังแผนภาพที่ 27

แผนภาพที่ 27 การจัดลำดับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 ในทางปฏิบัติจริง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะเห็นได้ว่าในการสอนจริงนั้นๆ ขั้นตอนต่างๆไม่ขัดกับพรีเรควิซิทโมเดล กล่าวคือ เป็นรูปแบบหนึ่งในหลายๆ แบบที่เป็นไปได้ โดยการนำเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นมาไว้ระหว่างการประยุกต์ของการอินทิเกรตกับการประมาณค่าของฟังก์ชัน โดยใช้เกณฑ์ที่ว่าจะทำการสอนในลักษณะที่เป็นเชิงวิเคราะห์ (Analytical) ก่อนซึ่งจะเน้นหลักการทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละเรื่องเป็นหลัก และอีกส่วนหนึ่งคือเป็นการสอนลักษณะเชิงตัวเลข (Numerical) ซึ่งเป็นเรื่องเดิมที่เคยเรียนมาแล้ว แต่เน้นหลักการในหาคำตอบโดยประมาณ ซึ่งจะเน้นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ได้โดยวิธีเชิงวิเคราะห์

8.5 ความแตกต่างระหว่างโมเดลที่สร้างโดยใช้แผนที่มโนทัศน์กับโมเดลที่ปรับ

จากโมเดลที่สร้างโดยใช้แผนที่มโนทัศน์พบว่า เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ และการหาอนุพันธ์ ควรจะเป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องการหาคำตอบของระบบสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นด้วย จากผลการวิเคราะห์พบว่า อิทธิพลในเส้นทางนี้ไม่มีนัยสำคัญ และมีค่าน้อยมาก ที่เป็นเช่นนี้ผู้วิจัยคิดว่า ขึ้นอยู่ลักษณะเนื้อหาที่สอน ในความเป็นจริงแล้วเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นนั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้ทั้งสองเรื่องจริงๆ แต่เป็นเนื้อหาที่เรียนตอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ มากกว่าเนื้อหาที่เรียนในระดับปริญญาตรี สำหรับเนื้อหาในส่วนที่เป็นเรขาคณิตวิเคราะห์และการหาอนุพันธ์ในระดับปริญญาตรีนั้นจะเป็นเนื้อหาที่ต่อยอดขึ้นมา ซึ่งแทบจะไม่มีผลต่อการเรียนเรื่องการหาคำตอบของสมการไม่เป็นเชิงเส้นเลยจริงๆ และอีกประการหนึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการที่ในแบบวัดทั้ง 3 ฉบับนั้น มีคำถามเกี่ยวกับเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นเพียง 2 ข้อเป็นอัตนัย 1 ข้อ และแบบเลือกตอบอีก 1 ข้อ ซึ่งน้อยเกินไป ซึ่งก็มีน้ำหนักเป็นไปตามเนื้อหาหลักสูตรของวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1 อยู่แล้ว ด้วยเหตุผล 2 ประการนี้เองอาจจะทำให้เส้นทางไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผู้วิจัยมีความเห็นว่าโมเดลสุดท้ายที่ปรับโดยข้อมูลเชิงประจักษ์นั้นจะมีความเหมาะสมกว่าเนื่องจากเป็นการปรับจากผลที่เกิดจากผลสัมฤทธิ์ของตัวผู้เรียนเองจริง ๆ เป็นการปรับบนพื้นฐานของข้อมูลโดยแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของปีเตอร์ (Peter, 1977) ที่ว่าความสำเร็จของครูดูที่ผู้เรียน ส่วนความสำเร็จของผู้เรียนดูที่ผลสัมฤทธิ์ของการเรียน

ประกอบกับลักษณะของพริเรควิซิทโมเดล ที่ปรับปรุงจากข้อมูลเชิงประจักษ์จนได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูล จึงถือได้ว่าโมเดลนี้เป็นทฤษฎีอันหนึ่งที่ได้รับการพิสูจน์แล้วซึ่ง พรชุลี อาชวอำรุง (2528) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีลักษณะนี้เป็นทฤษฎีเชิงประจักษ์ (Empirical Theory) ทดสอบความถูกต้องกับความเป็นจริงที่สังเกตได้ เช่น ใช้สถิติอ้างอิง

8.6 การวิเคราะห์เส้นทาง

จากกระบวนการสร้างพริเรควิซิทโมเดล ซึ่งเริ่มต้นจากการสร้างแผนที่มโนทัศน์ ได้โมเดลที่สร้างเป็นโมเดลเชิงสาเหตุ (Causal Model) ซึ่งมีเส้นตรงที่มีหัวลูกศรทางเดียวเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในโมเดล ตัวแปรแต่ละคู่ที่มีเส้นโยงถึงกัน อยู่ภายใต้เหตุผลของความเป็นพื้นฐานของกันและกัน (Prerequisite) ทุกคู่ ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยจึงเรียกโมเดลนี้ว่าพริเรควิซิทโมเดล ตามหลักการของการวิเคราะห์เส้นทางแล้ว การที่จะระบุว่าตัวแปรคู่ใดเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุนั้น ต้องมีทฤษฎีงานวิจัยมายืนยันสนับสนุนว่าตัวแปรคู่นั้น ๆ มีความสัมพันธ์ที่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ดังนั้น ในโมเดลหนึ่งๆต้องใช้ทฤษฎีหรืองานวิจัยหลายชิ้นมาสนับสนุน ถ้าเหตุผลที่นำมาสนับสนุนมีน้ำหนักไม่เพียงพอ อาจจะมีผลทำให้โมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ ซึ่งมีความแตกต่างกับโมเดลที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา จะใช้เหตุผลเพียงอย่างเดียวเท่านั้นในการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรคือความเป็นพื้นฐานของกันและกัน จากการทดสอบพบว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการทดสอบนี้เป็นเครื่องพิสูจน์ว่า ภายใต้เหตุผลของความเป็นพื้นฐานของกันและกัน มีน้ำหนักเพียงพอที่จะสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และทำให้โมเดลที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้

8.7 ทฤษฎีการเรียนรู้

ออซูเบล (Ausubel, 1968) ได้กล่าวไว้ในหนังสือชื่อ Educational Psychology: A Cognitive View ไว้ว่า "ปัจจัยที่สำคัญที่สุดอย่างเดียวที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้คือสิ่งที่ผู้เรียนรู้อยู่แล้วคืออะไร ผู้สอนค้นหาว่าเขารู้อะไรบ้างแล้วสอนพวกเขาให้

สอดคล้องกับสิ่งนั้น" ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสอนในแต่ละเรื่องไปตามลำดับที่ปรากฏอยู่ในโมเดล อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ในมโนทัศน์หนึ่งๆนั้น ก็ยังคงมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) ของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งออซูเบล (Ausubel, 1986) หมายถึงสิ่งที่จัดเสนอไว้ก่อนเรียนเนื้อหาใหม่ มีลักษณะเป็นหลักการทั่วๆไป ซึ่งมีความเป็นนามธรรม กว้าง ครอบคลุมเนื้อหา และเหมาะสมที่จะนำไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม ซึ่งได้เรียนมาก่อน ผู้ที่สามารถจัดโครงสร้างความคิดล่วงหน้าได้เหมาะสมจะทำให้เรียนเรื่องต่อไปได้ดีด้วย อย่างไรก็ตามความเข้าใจในแต่ละมโนทัศน์ของแต่ละคนที่แตกต่างกันนั้น ไม่เป็นปัญหาสำหรับเรื่องการวัดอิทธิพลเลย เนื่องจากถ้าเรื่องทั้งสองเป็นพื้นฐานของกันและกัน การที่ผู้เรียนทำคะแนนเรื่องหนึ่งได้ และทำคะแนนอีกเรื่องหนึ่งได้นั้น แสดงว่าเรื่องทั้งสองนั้นมีอิทธิพลต่อกันในทางตรงกันข้าม ถ้าเรื่องทั้งสองเป็นพื้นฐานของกันและกัน การที่ผู้เรียนทำคะแนนเรื่องหนึ่งได้น้อย และทำคะแนนอีกเรื่องหนึ่งน้อยด้วย นั้นก็ยงคงแสดงถึงการมีอิทธิพลต่อกันของเรื่องทั้งสองเช่นกัน

8.8 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้น เป็นนักศึกษาทางด้านวิศกรรมศาสตร์ ซึ่งจัดว่าเป็นนักศึกษาที่มีระดับสติปัญญาค่อนข้างดีเป็นส่วนใหญ่ ความยากของข้อสอบกลางภาคและข้อสอบปลายภาคซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัยแต่ละข้อค่าความยากอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมที่สามารถจะนำมาใช้ทดสอบได้ แต่สำหรับนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสาขาอื่นๆ อาจจะถือว่าเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ถ้านำข้อสอบชุดนี้ไปทดสอบ คะแนนที่ได้อาจจะออกมาค่อนข้างต่ำ แม้แต่ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์เอง ข้อสอบบางข้อมีค่าความยากอยู่ในระดับ 0.33 และ 0.37 ซึ่งจัดว่าค่อนข้างยากมาก ข้อสอบลักษณะนี้อาจจะวัดระดับการเรียนรู้ในเรื่องนั้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะการที่นักศึกษาจะทำข้อสอบอัตนัยทางคณิตศาสตร์ข้อหนึ่งๆได้นั้น นักศึกษาจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องนั้นจริงๆ จึงจะสามารถบูรณาการความรู้ต่างๆที่มีอยู่มาแก้ปัญหานั้นได้ นักศึกษาอาจจะไม่ได้คะแนนเลย ทั้งๆที่มีความรู้ในเรื่องนั้นอยู่บ้าง จึงเป็นข้อด้อยของข้อ

สอบอัตนัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ดังนั้นในการวัดระดับการเรียนรู้ในมโนทัศน์หนึ่งๆควรมีข้อสอบหลายลักษณะ เช่น ข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ แบบเติมคำหรือแสดงวิธีทำสั้นๆ จะทำให้สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหา และสามารถวัดค่าอิทธิพลได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

สำหรับระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยนั้น ผู้วิจัยได้แบ่งระดับพฤติกรรม ออกเป็น 4 ระดับ คือ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งออซูเบลได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหม่ให้เข้าในกับมโนทัศน์เดิมในโครงสร้างความรู้ของผู้เรียนอย่างถูกต้องและต่อเนื่องกัน จึงเป็นการแบ่งระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับพรีเรควิซิทโมเดลเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการเรียนรู้อาจจะแบ่งในลักษณะอื่นได้อีก เช่น บลูมได้แบ่งออกเป็น 6 ระดับคือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ซึ่งเหมาะสำหรับการออกข้อสอบเนื้อหาทั่วๆไป แต่สำหรับเนื้อหาที่มีลำดับ มีความต่อเนื่อง ผู้วิจัยมีความเห็นว่า การแบ่งระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของออซูเบล จะมีความเหมาะสมและให้ความชัดเจน ในการแบ่งระดับการเรียนรู้มากกว่า

9 ข้อเสนอแนะ

9.1 แผนที่มโนทัศน์

1).ใช้แผนที่มโนทัศน์ในการสร้างภาพรวมของเนื้อหา ในการเรียนการสอนนอกจากผู้สอนจะทำประมวลวิชาแล้ว น่าจะทำแผนที่มโนทัศน์ประกอบด้วยเพื่อให้นักศึกษาได้มองเห็นความสัมพันธ์ของแต่ละเรื่องโดยรวมให้เห็นชัดเจนก่อนที่จะเริ่มทำการเรียน การสอนทุกครั้ง เพื่อใช้แผนที่มโนทัศน์เป็นแผนที่ ที่ใช้ในการดำเนินการสอน โดยลักษณะของแผนที่มโนทัศน์ควรจะมี 2 ลักษณะ คือ

(1) แผนที่มโนทัศน์ประจำหน่วย (Unit Maps) ซึ่งเป็นแผนที่มโนทัศน์ของแต่ละบทเรียน หรือหน่วยการเรียนจะแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่มีอยู่ในบทเรียนหรือหน่วยการเรียนนั้น ๆ เท่านั้น

(2) แผนที่มโนทัศน์ประจำวิชา (Course Maps) ซึ่งเป็นแผนที่มโนทัศน์ของแต่ละวิชา จะแสดงความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ที่มีอยู่ในวิชานั้น ๆ

2) ใช้แผนที่มโนทัศน์ในการจัดทำหลักสูตร ในการจัดทำหลักสูตรควรจะสร้างแผนที่มโนทัศน์ของหลักสูตร (Curricula Maps) ซึ่งเป็นแผนที่มโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาในหลักสูตรนั้นๆ จะทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ของแต่ละวิชาในหลักสูตรว่าวิชาใดควรจะเป็นพื้นฐานของวิชาใด (Prerequisite Course) และมองเห็นภาพของหลักสูตรได้ชัดเจน และสามารถจัดวิชาลงในแต่ละภาคการศึกษาได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งในการสร้างแผนที่มโนทัศน์ประจำหลักสูตรนั้น ในแต่ละมโนทัศน์จะแทนด้วยวิชาหนึ่งวิชาไม่ใช่หนึ่งเรื่องจึงนับว่าเป็นประยุกต์แนวคิดของแผนที่มโนทัศน์ในอีกลักษณะหนึ่ง

9.2 การจัดเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1

1).ลำดับของเนื้อหาที่เหมาะสม ในสภาพปัจจุบันในการสอนมีการแยกกันระหว่างเชิงวิเคราะห์ (Analytical) กับเชิงตัวเลข (Numerical) ซึ่งในความเป็นจริงควรจะผสมผสานกลมกลืนกันไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นควรจะใส่ไว้หลังจากเรียนเรื่องอนุพันธ์แล้ว เพราะเรื่องหลัง ๆ นั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้เรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นตลอดเวลา แต่ในการเรียนการสอนที่ผ่านมาใช้ความรู้ในเรื่องการแก้สมการแค่ในระดับ ม.6. หรือ ปวช. เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าปัญหาต่างๆที่ต้องใช้ความรู้ในการหาคำตอบของสมการนั้น สามารถแก้หาคำตอบได้ไม่ซับซ้อน ไม่จำเป็นต้องใช้วิธีการหาคำตอบเชิงตัวเลข ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะว่าควรจะนำปัญหาที่ต้องหาคำตอบที่มีความซับซ้อนมากกว่านี้ มาใส่ไว้ตั้งแต่แรก เนื่องจากในปัญหาที่เกิดขึ้นจริงนั้นในการแก้สมการมักจะซับซ้อนไม่ลงตัว และไม่สามารถหาคำตอบได้วิธีง่าย ๆ นอกจากจะใช้คำตอบเชิงตัวเลข จะทำให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับปัญหาจริงได้ ถ้ามีการปรับปรุงแนวการสอนตามที่ผู้วิจัยเสนอแนะจึงควรสอนเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นก่อน การประยุกต์ของการอินทิเกรต

2) เรื่องที่ควรเน้น จากการวิจัยพบว่าเรื่องที่มีอิทธิพลต่อทุกเรื่องและมีอิทธิพลค่อนข้างสูง คือ ลิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน และเป็นเรื่องที่ต้องสอนในระยะแรก ๆ ผู้สอนจึงควรเน้นเรื่องนี้ให้มาก ไม่ควรตัดเรื่องใดเรื่องหนึ่งทิ้งไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องการพิสูจน์ลิมิต แบบ เดลตา (δ) และเอฟซิลอน (ε) ซึ่งมักจะถูกละเลยและตัดทิ้งไปในบางครั้ง ทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับลิมิตและความต่อเนื่องจะต้องเน้นให้มาก ถ้าเรื่องนี้นักศึกษามีความ

เข้าใจอย่างแจ่มชัดแล้วเรื่องอื่นๆ น่าจะเรียนได้ดีด้วย และนักศึกษาจะสามารถค้นคว้าได้ด้วยตนเอง เนื่องจากมีพื้นฐานที่ดี

9.3 การนำผลการวิจัยไปใช้ในการเรียนการสอน

1) การเลือกเนื้อหาวิชา หลักสูตรในระดับอุดมศึกษา จะมีองค์ประกอบหลักของวิชาอยู่ 3 ส่วนคือ วิชาศึกษาทั่วไป วิชาเฉพาะ และวิชาเลือก กระบวนการสร้างแผนที่มโนทัศน์สามารถใช้ได้กับทุกลักษณะเนื้อหาวิชา ในกรณีที่เป้าหมายในการทำงานวิจัยอยู่ที่ต้องการสร้างภาพรวมที่ชัดเจนหรือต้องการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ลักษณะเนื้อหาวิชาที่นำมาใช้ในการวิจัยจะมีลักษณะอย่างไรก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเลือกวิชาที่มีลักษณะเนื้อหาความต่อเนื่อง มีลำดับหรือมีหัวข้อที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน อาจเป็นวิชาทางด้านสังคมศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ ก็ได้

สำหรับกรณีที่เป้าหมายในการวิจัยต้องการเน้นลึกลงไปถึงเรื่องการตรวจสอบอิทธิพลในหัวข้อที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน หรือการตรวจสอบโครงสร้างในการจัดลำดับเนื้อหา ลักษณะเนื้อหาวิชาที่สามารถนำมาใช้ในการวิจัย จะต้องมีคุณสมบัติเฉพาะลงไปอีกกล่าวคือ ลักษณะของเนื้อหาจะต้องมีความต่อเนื่อง มีลำดับหรือมีหัวข้อที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน ซึ่งเนื้อหาลักษณะนี้มีอยู่ทั่วไปในหลักสูตรระดับอุดมศึกษา ไม่จำเป็นต้องจำกัดอยู่ในวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นลักษณะเนื้อหา ที่จะนำมาใช้ในการวิจัยจึงขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการวิจัย

2) แนวทางในการทำงานวิจัย ผู้สอนสามารถทำวิจัยควบคู่กับการสอนได้ทันที (Action Research) เนื่องจากในการเรียนการสอนปกตินั้น จะมีการสอบอยู่แล้ว ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดได้คือข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูลใหม่ ซึ่งจะทำให้ตรวจสอบได้ว่าในวิชาที่กำลังสอนนั้นมีการจัดลำดับเนื้อหาได้ถูกต้องเหมาะสม สอดคล้องกับผู้เรียนหรือไม่ เรื่องใดควรเน้น เรื่องใดไม่จำเป็นต้องเน้น ซึ่งมีผลทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น และผู้สอนสามารถปรับปรุงการสอนได้ทันเวลา

การเรียนการสอนแต่ละหลักสูตร จะมีหลายวิชาที่มีความสัมพันธ์กัน บางวิชาอาจจะเป็นพื้นฐานของวิชาหนึ่งได้ เช่น คณิตศาสตร์ 1 เป็นพื้นฐานของ คณิตศาสตร์ 2 คณิตศาสตร์ 1, 2 เป็นพื้นฐานของ คณิตศาสตร์ 3 คณิตศาสตร์ 1 , 2 , 3 เป็นพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ 2 เป็นต้น ซึ่งมักจะระบุไว้ในรายละเอียดหลักสูตรทุกหลักสูตร โดยจะระบุในลักษณะของวิชาบังคับก่อน (Prerequisite Courses) เราจึงสามารถสร้างพรีเรควิซิทโมเดลของหลักสูตรได้และนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละวิชา เช่น เกรด หรือคะแนนดิบ มาวิเคราะห์ได้ทันที แต่อาจจะต้องใช้เวลาที่ค่อนข้างยาวนานประมาณ 4 ปี เราจึงสามารถบอกได้ว่า ควรจัดลำดับวิชาในหลักสูตรอย่างไรจึงจะเหมาะสม สามารถบอกได้ว่าวิชาที่เป็นพื้นฐานของกันและกันมีอิทธิพลมากน้อยต่อกันอย่างไร

ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น อาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่ไม่มีพื้นฐานความรู้ในการใช้โปรกแรม กล่าวคือ ถ้าวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม LISREL 7.2 หรือ LISREL8.1 บน Dos จะมีความยุ่งยากในการเขียนคำสั่ง อาจจะต้องทำการศึกษาจากคู่มือได้ สำหรับผู้ที่ไม่เคยศึกษาโปรแกรม LISREL มาก่อน ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ใช้โปรแกรม LISREL บน Window หรือโปรแกรม Amos บน Window ซึ่งจะง่ายต่อการใช้เป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องเขียนโปรแกรมยุ่งยาก และการปรับโมเดลก็ง่าย เนื่องจากมีเครื่องมือในการทำกราฟฟิคพร้อม ในการปรับโมเดลแต่ละครั้งไม่ต้องเขียนโปรแกรมใหม่เหมือนโปรแกรมบน Dos สามารถประมวลผลได้ทันที จึงสะดวกสำหรับผู้วิจัยที่ไม่มีพื้นฐานในการเขียนคำสั่งของโปรแกรม LISREL มาก่อน

9.5 การประกันคุณภาพทางการศึกษา

ในปัจจุบันทบวงมหาวิทยาลัยได้เน้นในเรื่องการประกันคุณภาพทางการศึกษาเป็นอย่างมาก ตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพทางการศึกษาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ อาจารย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการเรียนการสอน หลายมหาวิทยาลัยได้ทำการประเมินการสอนของอาจารย์และมีอีกหลายมหาวิทยาลัยที่กำลังจะเริ่มดำเนินการ ในประเด็นนี้ควรจะจัดให้มีการการจัดอบรมความรู้ในเรื่องการสร้างแผนที่มโนทัศน์ให้กับอาจารย์ในระดับอุดมศึกษาและให้อาจารย์ได้มีการสร้างแผนที่มโนทัศน์ประจำวิชาที่ตนเองทำการสอน และให้ถือว่าแผนที่มโนทัศน์

ประจำวิชาเป็นเอกสารการสอนที่จำเป็นอีกชิ้นหนึ่งที่ผู้สอนต้องแจกให้กับนักศึกษาทุกครั้งก่อนที่จะเริ่มทำการสอน ควบคู่ไปกับประมวลรายวิชา แผนที่มโนทัศน์จะช่วยให้นักศึกษามองเห็นภาพรวมของรายวิชาและความสัมพันธ์ของแต่ละมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนรู้ในแต่ละเรื่องได้ดียิ่งขึ้นด้วย

9.6 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

จากผลการวิจัยจะพบว่า กระบวนการสร้างแผนที่มโนทัศน์ และการวิเคราะห์เส้นทาง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับวิชาต่าง ๆได้อีกมากมาย เช่น วิชาฟิสิกส์ วิชาเคมี หรือวิชาเฉพาะในสาขา ผู้วิจัยขอเสนอแนะในประเด็นต่างๆ เพื่อให้การวิจัยที่จะทำต่อไปสามารถวิเคราะห์ข้อมูลในแง่มุมต่าง ๆได้ละเอียดขึ้น ดังนี้

1).การควบคุมตัวแปรด้านวิธีสอน การเรียนการสอนวิชาพื้นฐานในระดับอุดมศึกษานั้น จัดเป็นวิชาบังคับ นักศึกษาทุกคนต้องเรียน จึงทำให้มีนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนมีจำนวนมาก โดยปกตินั้นมักจะสอนเป็นทีม ดังนั้นในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการทดสอบโมเดลควรจะได้มีการควบคุมตัวแปรด้านวิธีสอนให้เป็นไปในทางเดียวกัน เอกสารการสอนและสื่อ-การสอน ควรจะเหมือนกัน ถ้าเป็นไปได้ควรจะสอนโดยอาจารย์คนเดียว โดยใช้ห้องเรียนที่จุนักศึกษาจำนวนมากเป็นห้องบรรยาย และมีชั่วโมงติวเสริมต่างหากซึ่งอาจจะใช้คนติวหลายคนได้ การทำลักษณะนี้นับว่าเป็นการควบคุมตัวแปรด้านการสอนที่ดีอย่างหนึ่งและสามารถปฏิบัติได้ทันทีในสภาพปัจจุบัน นอกจากนี้ผู้สอน อาจจะทดลองนำวิธีสอนอื่นๆ มาใช้กับนักศึกษา เช่น การสอนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และทดลองทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างวิธีสอนต่างๆว่าจะทำให้โมเดลเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

2). การวัดผล เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลคือข้อสอบ การออกข้อสอบนั้นควรจะยึดวัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วยการเรียนเป็นเกณฑ์ในการออกข้อสอบ ข้อสอบควรมีหลายๆลักษณะ เพื่อให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วย และควรแยกข้อสอบออกเป็นมโนทัศน์ละหนึ่งฉบับ เพื่อให้เป็นเครื่องมือวัดที่แยกเรื่องจากกันโดยเด็ดขาดและเป็นข้อสอบที่วัดในเรื่องนั้นจริงๆข้อสอบบางข้อที่มีความกำกวม ไม่สามารถตัดสินได้ว่าควรจะอยู่ในมโนทัศน์ใด หรือสามารถจัดให้อยู่ได้เกินหนึ่งมโนทัศน์ข้อสอบลักษณะนี้ ไม่ควรนำมาเป็นข้อสอบ เพราะอาจจะทำให้การวัดค่าตัวแปรในโมเดลมีความคลาดเคลื่อนได้

สำหรับลักษณะข้อสอบในแต่ละมโนทัศน์นั้นไม่จำเป็นต้องมีข้อสอบวัดระดับการเรียนรู้ครบทั้ง 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ ความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากเนื้อหามีความต่อเนื่องกันและมีลำดับ การที่จะออกข้อสอบในระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้น เช่น ระดับความคิดสร้างสรรค์ อาจจะต้องนำไปออกข้อสอบในมโนทัศน์ท้าย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อสอบในเชิงประยุกต์ ดังนั้นในบางมโนทัศน์จึงมีข้อสอบไม่ครบทั้ง 4 ระดับ

ในเรื่องความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบที่นำมาใช้ในการทดสอบควรเป็นข้อสอบที่มีความยาก ค่าอำนาจจำแนก อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับนักศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในทุก ๆสาขา จำนวนข้อสอบไม่ ไม่น้อยเกินไป เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการทำ จึงควรสร้างข้อสอบมาตรฐานที่สามารถใช้ได้กับทุกมหาวิทยาลัย เพื่อที่จะสามารถขยายกลุ่มตัวอย่างให้กว้างขึ้นกว่าเดิม

3).การวิเคราะห์เปรียบเทียบพรีเรควิซิทโมเดลของตัวแปรแต่ละเภท เนื่องจากในการคัดเลือกนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ คุณสมบัติของผู้ที่จะเข้าศึกษาจะมีอยู่สองประเภท คือ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) หรือผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จะรับนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาในระดับ ปวช. มากกว่า ม.6 นักศึกษาทั้งสองประเภทมีพื้นฐานการเรียนที่ต่างกัน ในการทดสอบโมเดลสามารถวิเคราะห์แยกกันได้ระหว่างโมเดลของนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาระดับ ม.6 และผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับ ปวช. ซึ่งอาจจะได้ขนาดอิทธิพลของตัวแปรแต่ละคู่ต่างกัน เส้นทางที่มีนัยสำคัญอาจจะต่างกัน ทำให้ได้โมเดลที่เหมาะสมกับนักศึกษาแต่ละประเภท และสามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปใช้ในการเรียนการสอนได้ถูกต้องตรงกับสภาพความความเป็นจริง