หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณคดีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ลำดับขั้นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง "ระบบจำนวนจริง" ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ค้นคว้าและรวบรวมวรรณคดีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง
   - 1.1 หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
   - 1.2 การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
   - 1.3 ลักษณะสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์
   - 1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้
   - 1.5 เกณฑ์การสร้างลำดับขั้นเนื้อหาวิชา
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 2.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 2.2 งานวิจัยต่างประเทศ

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

1. หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ได้บรรจุวิชาคณิตศาสตร์ไว้เป็นวิชาเลือกเสรี ส่วนเนื้อหาเรื่องระบบจำนวนจริงถูกบรรจุอยู่ในรายวิชา ค.011 ซึ่งมีคำอธิบายรายวิชาไว้ดังนี้ ศึกษาความรู้พื้นฐานเบื้องต้น ฝึกทักษะการคิดคำนวณ การให้เหตุผล และการฝึกแก้ปัญหาในเรื่อง เซต สับเซต โอเปอเรชันของเซต ทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ระบบจำนวนจริง การแก้สมการและอสมการตัวแปรเดียว ความสัมพันธ์และกราฟของความสัมพันธ์ ระบบพิกัดฉาก จุดกึ่งกลางและระยะระหว่างจุดสองจุด เส้นตรงและระยะระหว่างจุดกับเส้นตรง ตรรกศาสตร์ สัญลักษณ์เบื้องต้นเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา มีทักษะในการคิดคำนวณ การให้เหตุผล และการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยในเรื่องระบบจำนวนจริงตามหลักสูตรฯมีวัตถุประสงค์การเรียนดังนี้

1. มุ่งให้นักเรียนสามารถบอกความเกี่ยวข้องของเซตของจำนวนจริง เซตของจำนวนตรรกยะเซตของจำนวนอตรรกยะ เซตของจำนวนเต็ม เซตของจำนวนนับ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. มุ่งให้นักเรียนสามารถตัดสินได้ว่าจำนวนที่กำหนดให้แต่ละ จำนวนเป็นจำนวนชนิดใด

3. มุ่งให้นักเรียนสามารถบอกสมบัติเกี่ยวกับการบวก และการคูณของจำนวนจริงและนำไปใช้ได้

4. มุ่งให้นักเรียนสามารถแก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวได้

5. มุ่งให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลโดยอ้างอิงจากบทนิยามและสมบัติในระบบจำนวนเต็มได้

2. การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์นั้นได้ประสบปัญหามานานทั้งนี้อาจเป็นปัญหาที่เกิดจากผู้บริหาร ตัวนักเรียน สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวครูผู้สอนเองซึ่งปัญหาเกี่ยวกับครูนั้นอาจจะเป็นเพราะหลักสูตร และเนื้อหาจะเปลี่ยนแปลงไป หรืออาจจะเป็นเพราะการดำเนินการสอนของครู การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ฯลฯ ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ย่อมทำให้การสอนของครูไม่ได้รับผลดีเท่าที่ควร ซึ่งจะเห็นได้ว่าในด้านหลักสูตรและเนื้อหานั้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรแต่ละครั้ง ครูก็จะต้องปรับตัวเองให้มีความรู้ในหลักสูตรและเนื้อหาอย่างถ่องแท้ดังจะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2521 ประเทศไทยได้ประกาศใช้หลักสูตรใหม่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและปี พ.ศ. 2524 ได้ประกาศใช้หลักสูตรใหม่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นหลักสูตรคณิตศาสตร์จึงได้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น อุษาวดี จันทรสนธิ (2525) กล่าวว่า ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้เปลี่ยนจากหลักสูตรและเนื้อหานั้นทำให้เกิดปัญหาขึ้นคือ เนื้อหากับเวลาไม่สมดุลกันและลำดับขั้นตอนของเนื้อหาไม่เหมาะสม นอกจากนั้นโครงสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่ให้วิชาคณิตศาสตร์ เป็นวิชาเลือกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และแบ่งเป็น 2 สายนั้น ก็มีเนื้อหาไม่แตกต่างกันนัก ในแต่ละบทที่ให้เรียน

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรและเนื้อหาแล้ว สิ่งที่ตามมาคือ การดำเนินการสอนของครู ครูคณิตศาสตร์ที่จะสอนได้ดีนั้นไม่ใช่เพียงแต่จะรู้เนื้อหาอย่างเดียว แต่ต้องรู้หลักการสอน วิธีการสอนและเทคนิคการสอนด้วย หลักสูตรคณิตศาสตร์ในปัจจุบันจัดเนื้อหาโดยเน้นโครงสร้างของระบบคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงใหม่ 2 ประการ คือ ความใหม่ในเนื้อหา โดยบรรจุเนื้อหาใหม่ปรับปรุงเนื้อหาเดิมให้รัดกุมตัดเนื้อหาที่ไม่จำเป็นทิ้ง และการใช้วิธีสอนและวิธีแก้ปัญหาให้นักเรียนรู้จักคิดและค้นพบมากขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ครูมีปัญหาด้านการดำเนินการสอนดังที่ สมบูรณ์ ศาลยาชีวิน (2526) กล่าวว่า วิธีการสอนของครู มักมุ่งสอนให้จบหลักสูตร เน้นเนื้อหาและความจำไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกแสดงความคิด ไตร่ตรองพิจารณาเรื่องราวหรือปัญหาต่าง ๆ

ด้วยเหตุผล ไม่มีการจัดกิจกรรมที่จะช่วยให้การเรียนที่นักเรียนได้รับมีความมุ่งหมาย มีคุณค่าน่าสนใจยิ่งขึ้น และ สกลกิจ นกสกุล (2530) ได้ชี้ให้เห็นเกี่ยวกับปัญหาด้านวิธีการสอนจากการวิจัยเรื่อง " ปัญหาในการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย" พบว่าครูจำนวนมากที่ยังไม่เห็นวิธีสอนใหม่ๆ ซึ่งเหมาะสมกับคณิตศาสตร์ ครูบางคนมีความรู้ความเข้าใจแต่ยังขาดความรู้เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการสอนให้น่าสนใจ

นอกจากการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในปี พ.ศ. 2521 และหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปี พ.ศ. 2524 แล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งหนึ่งในปี พ.ศ. 2533 เป็นหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในปี พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในปี พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนหลักสูตรคณิตศาสตร์ก็มีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน

3. ลักษณะสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์สมัยใหม่นั้น เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าระบบความคิดต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์มีลักษณะที่ซับซ้อนกว้างขวาง และมีความคิดรวบยอดต่าง ๆ เป็นโครงสร้างสำคัญเบื้องต้น ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต้องเรียนด้วยความเข้าใจ เราไม่อาจเรียนโดยจำแบบอย่างสำหรับแก้ปัญหาเป็นกรณี ๆ ได้ วิธีที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดี คือ การจัดสร้างสถานการณ์สำหรับการเรียนรู้ให้แก่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้คิดหรือค้นพบได้ด้วยตนเอง ความนึกคิดอาศัยความคิดรวบยอดต่าง ๆ และความคิดรวบยอดเกิดจากการกระทำซึ่งการที่จะพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์นั้น แซด พี ดีเนส (Z. P. Dienes : 1980) ได้กล่าวถึงการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ระยะแรกจากการที่เด็กได้มีโอกาสเล่นอย่างเสรี เด็กจะเกิดปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ระยะต่อมากระบวนการที่ได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้เด็กค้นพบเงื่อนไขจากสิ่งแวดล้อมนั้น นำมาสรุปเป็นกฎเกณฑ์หรือหลักการที่ประกอบด้วยเหตุผล ดังนั้นในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จากสิ่งที่เป็นจริงจะทำให้การเรียนมีความหมายแก่เด็กมากขึ้น

นอกจากนี้ โฮวาร์ด เอฟ เฟอห์ร และ เจ แมค ฟิลลิปส์ (Howard F. Fehr and J. Mc. Phillips : 1981) ได้กล่าวถึงการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่ดีนั้น วิธีการเรียนควรจะให้ผู้เรียนได้รับวิชาความรู้ด้วยตัวของเขาเอง โดยวิธีการซักถามสืบสวนเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific inquiry) วิธีการนี้ประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญ 4 ประการคือ

1. ให้ผู้เรียนสังเกต

2. ให้ผู้เรียนได้เลือก

3. ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสู่ข้อสรุปในรูปนามธรรม

4. ให้ผู้เรียนสร้างความคิดรวบยอดจากผลที่ได้

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยุพิน พิพิธกุล (2519) ยังได้กล่าวถึงการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ด้านนักเรียน

1. นักเรียนจะต้องมีความรู้ ทักษะ ประสบการณ์และพร้อมที่จะเรียนเรื่องใหม่จากพื้นความรู้เดิม นักเรียนจะสังเกตเห็นคุณสมบัติร่วม (Common Properties) ความสัมพันธ์แบบแผน โครงสร้างของความคิด สิ่งเหล่านี้จะประมวลกันนำไปสู่ข้อสรุปได้

2. นักเรียนจะต้องได้รับแรงจูงใจ (Motivation) หรือถูกกระตุ้นให้อยากเรียน มีความเต็มใจที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน และผู้เรียนตอบสนองต่อการเรียน

3. นักเรียนจะต้องมีความสามารถที่จะมีส่วนร่วม ในกิจกรรมการเรียนการสอน

4. นักเรียนจะต้องได้รับการแนะแนว เพื่อที่จะเป็นแรงจูงใจในการเรียน

5. ต้องจัดวัสดุอุปกรณ์ให้ผู้เรียนอย่างถูกต้องและเหมาะสม

6. นักเรียนต้องมีเวลาเพียงพอสำหรับที่จะมีส่วนร่วม ในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน

ด้านผู้สอน

1. ต้องจัดประสบการณ์การเรียนให้แก่ผู้เรียนทุกคน

2. ครูจะต้องมีวิธีการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดความคิด

3. ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วต้องนำมาใช้กับบทเรียนใหม่ต่อไป

4. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไม่ควรซ้ำ ๆ

5. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องนึกถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลและแรงจูงใจ

สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2529) ได้กล่าวถึงการที่จะให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้องแต่ละบทเรียนนั้น ครูผู้สอนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องแจกแจงให้นักเรียนมองเห็นจุดสำคัญ 3 ประการคือ โครงสร้าง ความเข้าใจ และการแก้ปัญหาแต่ละประเภท

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในปัจจุบัน เน้นที่ครูจะเป็นผู้แนะให้ผู้เรียนได้ค้นพบข้อเท็จจริงด้วยตนเองเกี่ยวกับโครงสร้างเบื้องต้นของความคิดรวบยอดตลอดจนความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในคณิตศาสตร์ ฉะนั้นบทบาทของครูจึงเป็นผู้จัดสถานการณ์ของการเรียนการสอน โดยการแนะนำถามปัญหา วินิจฉัยปัญหา ตลอดจน

กระตุ้นผู้เรียนให้ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ส่วนบทบาทของนักเรียนได้แก่ การสังเกต จดบันทึก รวบรวมข้อมูล ตรวจทานและลงข้อสรุป

4. ทฤษฎีการเรียนรู้

สุชา จันทน์เอม (2533) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่สำคัญของชีวิต ชีวิตกับการเรียนรู้เป็นของคู่กันตราบใดที่ยังมีชีวิตอยู่ต้องเรียนรู้ การเรียนรู้ช่วยให้คนเราสามารถปรับตัวให้เข้ากับสังคมและสิ่งแวดล้อมโดยทั่วๆไปได้บุคคลจะมีชีวิตความเป็นอยู่อย่างไร จะมีแบบฉบับพฤติกรรมในรูปใดขึ้นอยู่กับการเรียนรู้เป็นส่วนใหญ่ นักจิตวิทยาส่วนมากมีความเห็นว่าการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้คนเราเข้าใจพฤติกรรมของมนุษย์ได้ ความหมายของการเรียนรู้ มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้คำจำกัดความของการเรียนรู้แตกต่างกันออกไป มีหลายความหมายที่จะนำมากล่าวในที่นี้ C.V. Good ได้ให้คำจำกัดความของการเรียนรู้ว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือการเปลี่ยนแปลงในการตอบสนอง E.R. Hilgard ให้คำจำกัดความว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อนข้างจะถาวรในพฤติกรรมอันเป็นผลเนื่องมาจากการฝึก ส่วนนักจิตวิทยาการศึกษา ให้ความหมายของการเรียนรู้ หมายถึงการที่อินทรีย์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ เพื่อการอยู่รอดของอินทรีย์นั้น ๆ สรุปแล้วการเรียนรู้คือ ขบวนการเจริญงอกงามของอินทรีย์ หรือพัฒนาการของอินทรีย์ ทำให้อินทรีย์สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ดีขึ้นหรือปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ผลดี

สาเหตุที่ทำให้เกิดการเรียนรู้

การเรียนรู้ คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ให้เป็นไปในทางที่ถูกต้องและดีกว่าเดิมและคำจำกัดความของเลวิน (Lewin) เกี่ยวกับพฤติกรรมซึ่งมีว่า "พฤติกรรมของมนุษย์เป็นผลที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของตัวบุคคลและสิ่งแวดล้อมรวมกัน ไม่ใช่จากตัวบุคคลหรือสิ่งแวดล้อมแต่เพียงอย่างเดียว" ดังนั้น คนเราจะเรียนรู้ได้ดีหรือไม่เพียงไรย่อมขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม อิทธิพลของพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมก็คือสิ่งที่จะทำให้มนุษย์เกิดความพร้อมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ นั่นเอง ฉะนั้นสิ่งที่จะมามีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของมนุษย์จึงขึ้นอยู่กับวัยของมนุษย์เช่นกัน ในการเรียนรู้จึงต้องมีความเข้าใจถึงระดับความพร้อมของมนุษย์ในวัยต่าง ๆ สรุปได้ว่าการเรียนรู้เกิดได้ดังต่อไปนี้

1. การเรียนรู้ เป็นกระบวนการที่บุคคลเรียนรู้โดยได้ร่วมกระทำโดยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือได้ลงมือกระทำสิ่งที่จะเรียนรู้นั้นจริง

2. การเรียนรู้ที่แท้จริงจะมีได้เมื่อผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์ หรือได้รับสิ่งที่ตนต้องการดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าการเรียนรู้จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีความสนใจ หรือมีความต้องการในบางสิ่งบางอย่าง ผู้เรียนได้ลงมือกระทำกิจกรรมโดยตั้งอกตั้งใจ เพราะมีความสนใจในสิ่งนั้นหรือได้รับสิ่งที่ตนต้องการ

3. การเรียนรู้เก่าหรือประสบการณ์ที่ผ่านมาแล้ว จะกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ขึ้น โดยเฉพาะกับประสบการณ์ที่ผ่านมาแล้วนั้นเป็นสิ่งที่สมปรารถนาและน่าตื่นเต้น การเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่สะสมขึ้นเนื่องจากประสบการณ์ก่อน ๆ หรือที่สัมพันธ์กับประสบการณ์ก่อน ๆ นี้เป็นหลักสำคัญของการเรียนรู้ทุกชนิด

4. การเรียนรู้ทักษะและทัศนคติใหม่ ๆ เป็นเรื่องของบุคคลแต่ละคนจะต้องเรียนรู้เองคนเราอาจเรียนรู้เป็นหมู่เป็นกลุ่มได้ แต่การเรียนรู้และเปลี่ยนพฤติกรรมความคิดเห็นเป็นเรื่องของแต่ละบุคลล

5. การสอนเป็นการแนะแนวที่จะช่วยให้ผู้เรียนรู้จักช่วยตัวเอง เป็นการแนะแนวทางให้การเรียนดำเนินไปด้วยดี

การเรียนเป็นกระบวนการอันหนึ่งที่บุคคลจะเปลี่ยนพฤติกรรม ความรู้สึก ความคิดเห็นและการกระทำของตนเองโดยได้ลงมือปฏิบัติจริง ๆ การเรียนเป็นกิจกรรมอันหนึ่งที่จะทำให้บุคคลเปลี่ยนแปลงไปภายหลัง เพราะได้เรียนบางสิ่งบางอย่างเราจึงเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงความรู้ที่มีอยู่เก่า กระทำหรือดำเนินกิจกรรมบางอย่างผิดจากแต่ก่อน หรือเปลี่ยนทัศนคติ ความคิดเห็นในเรื่องบางเรื่อง

ลำดับขั้นการเรียนรู้ (Learning Hierarchy)

แพคการ์ด (Packard R. : 1975) กล่าวว่า หลักการหนึ่งที่ใช้ในการสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ได้แก่ การวิเคราะห์งาน (Task Analysis) เพราะการวิเคราะห์งานจะทำให้ผู้สอนจัดเรียงลำดับขั้นการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้เรื่องนั้น ๆ การวิเคราะห์งาน จะยึดพฤติกรรมที่คาดหวังเป็นหลัก ลำดับขั้นในการวิเคราะห์งานได้แก่

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง
2. ทักษะย่อย ๆ ที่ใช้เป็นพื้นฐานซึ่งทำให้เกิดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง
3. ความสัมพันธ์ของแต่ละทักษะย่อยแล้วจัดเรียงลำดับของทักษะย่อยเหล่านั้น
4. วางแผนจัดกระบวนการสอนของแต่ละทักษะย่อย

5. ทดสอบเพื่อดูความรอบรู้ในทักษะย่อย ๆ เหล่านั้น พร้อมทั้งดูพฤติกรรมที่คาดหวัง ในการวิเคราะห์ขั้นที่ 2 และ 3 ถือว่าเป็นขั้นที่สำคัญมาก ตัวอย่างการวิเคราะห์งาน เช่น การวิเคราะห์งานเรื่องการหารเลขจำนวนจริงที่เป็นทศนิยมซึ่งอยู่ในรูปแบบ NN.N ddd.d การวิเคราะห์งานในเรื่องนี้จะต้องเป็นไปตามลำดับขั้นดังนี้

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่ผู้เรียนสามารถหารเลขจำนวนจริงที่เป็นทศนิยมซึ่งอยู่ในรูปแบบ NN.N ddd.d ได้ถูกต้อง 90 เปอร์เซ็นต์

2. และ 3. ทักษะย่อยและการจัดลำดับของทักษะย่อยที่จะทำให้เกิดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่การเลื่อนจุด การประมาณค่าผลหาร การหาผลคูณ การหาผลลบ และการดึงตัวตั้งตัวต่อไปลงมา เช่น 25.2 ⟌ 2863.4

ก. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการย้ายจุด

252 ⟌ 28634

ข. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการประมาณผลหาร

1

252 ⟌ 28634

ค. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการหาผลคูณ

1

252 ⟌ 28634

252

ง. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการหาผลลบ

1

252 ⟌ 28634

252

34

จ. ผู้เรียนจะต้องมีทักษะในการดึงตัวต่อไปลงมา

1

252 ⟌ 28634

252

343

ซึ่งทักษะย่อย ๆ เหล่านี้จะต้องใช้พื้นฐานที่จะทำให้เกิดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวังได้ นั่นคือผู้เรียนสามารถหารเลขจำนวนจริงที่เป็นทศนิยมซึ่งอยู่ในรูปแบบ NN.N ddd.d ได้ถูกต้อง 90 เปอร์เซ็นต์

4. จัดกระบวนการสอนของแต่ละทักษะย่อย เพื่อให้เกิดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวัง

5. ทดสอบเพื่อดูความรอบรู้ในทักษะย่อยและดูพฤติกรรมที่คาดหวัง

ลำดับขั้นการเรียนรู้ของแพคการ์ด (Packard R. : 1975) มีวิธีการสร้าง 2 แบบคือ

แบบที่ 1 การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้โดยการวิเคราะห์งาน (Construction of a Learning Hierarchy by Task Analysis)

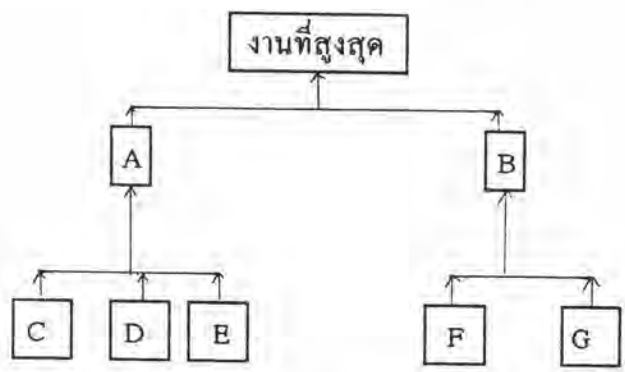
การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้เป็นการสร้างโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) ซึ่งอาจจะสร้างเพียงคนเดียวหรือหลายคนก็ได้ ผู้เรียนไม่มีส่วนร่วมในการสร้าง ในการสร้างแบบนี้อันดับแรกจะต้องกำหนดพฤติกรรมสูงสุดที่ผู้เรียนจะต้องแสดงออกมาได้หลังจากได้เรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งไปแล้ว ต่อจากนั้นจึงพิจารณาว่าพฤติกรรมสูงสุดที่ผู้เรียนจะแสดงออกได้นั้นต้องอาศัยพฤติกรรมอันดับรอง ๆ ลงมากี่พฤติกรรม มีพฤติกรรมใดบ้าง และพฤติกรรมในอันดับรอง ๆ เหล่านั้นพฤติกรรมใดต้องมาก่อนพฤติกรรมใด และในเรื่องเดียวกันการจัดลำดับของพฤติกรรมรอง ๆ ลงมาอาจจะเหมือนหรือไม่เหมือนก็ได้ และทุก ๆ ลำดับขั้นที่จัดอาจจะเป็นลำดับขั้นที่ดีหมดก็ได้ การที่จะจัดได้ว่าเป็นลำดับขั้นการเรียนรู้ที่ดีได้นั้น จะต้องดูที่พฤติกรรมสูงสุดที่ต้องการว่าผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมสูงสุดที่ต้องการได้มากที่สุดหรือไม่ ถ้าผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมสูงสุดที่ต้องการได้มากที่สุดก็แสดงว่าลำดับขั้นการเรียนรู้นั้นดีใช้ได้

แบบที่ 2 การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้โดยผู้เรียน (Student Generated Learning Hierarchies)

การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้โดยวิธีนี้แตกต่างกันกับแบบแรก กล่าวคือในการสร้างแบบนี้จะไม่ใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้สร้าง แต่ให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ขึ้นเอง นั่นคือผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดพฤติกรรมอันดับรอง ๆ ลงมาเพื่อให้พฤติกรรมอันดับรอง ๆ ลงมานี้เป็นพื้นฐานในการไปสู่พฤติกรรมสูงสุดตามที่ต้องการ

แชนนอน (Shannon : 1972) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนจากลำดับขั้นการเรียนรู้ที่สร้างจากแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ปรากฏผลว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่ลำดับขั้นที่ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้สร้างจะมีประสิทธิผลและความยุติธรรมมากกว่าลำดับขั้นที่สร้างโดยผู้เรียน ดังนั้นลำดับขั้นที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญจึงจัดได้ว่าเป็นลำดับขั้นที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งจากทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์กับการเรียงลำดับขั้นเนื้อหาวิชา กาญเย จึงสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ขึ้นด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาซึ่งอาศัยจากการวิเคราะห์งานนั่นคือ วิเคราะห์ว่าพฤติกรรมที่คาดหวังจะต้องอาศัยทักษะย่อย ๆ ที่มีอยู่แล้วเป็นพื้นฐาน และทักษะย่อย ๆ เหล่านี้จะต้องจัดเรียงลำดับอย่างไรจึงจะทำให้เกิดพฤติกรรมที่คาดหวังได้ และในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ ๆ ทุกครั้งจะ

ต้องอาศัยจากการเรียนรู้ที่ผ่านมาแล้วเป็นพื้นฐาน ดังนั้นในการเรียนการสอนผู้สอนจำเป็นจะต้องแบ่งเนื้อหาเป็นตอน ๆ หรือเป็นหน่วยย่อย ๆ แล้วจัดแต่ละหน่วยให้มีลำดับต่อเนื่องกัน โดยหน่วยที่อยู่ข้างล่างต้องมีการเรียนรู้ก่อนเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้หน่วยต่อไป (Gagné : 1967) การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ของกาญเย จึงเป็นแบบที่ 1 โครงสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ของกาญเย เน้นที่งานหรือทักษะที่สูงสุดว่างานที่สูงสุดจะต้องอาศัยจากงานย่อย ๆ ที่ต่ำกว่าอะไรบ้าง และงานที่สูงกว่าบางครั้งต้องอาศัยจากงานที่ต่ำกว่าหลาย ๆ งาน ดังนั้นผลที่ได้ออกมาจึงเป็นรูปแบบปิรามิด (Pyramid) กาญเย (Gagné : 1965) ได้กล่าวว่าลักษณะของลำดับขั้นการเรียนรู้คือ ข้อความต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถที่ผู้เรียนจะแสดงพฤติกรรมออกมาได้เมื่อเขาได้เรียนรู้สิ่งนั้นจากทฤษฎีที่กาญเยได้ตั้งสมมุติฐานว่า ระดับงานที่ต่ำกว่าที่ได้ผ่านการเรียนรู้มาก่อนจะเป็นการง่ายในการที่จะเรียนงานที่สูงขึ้นไป (Gagné : 1965) การสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้จึงออกมาในรูปปิรามิด ดังแผนภาพต่อไปนี้



แผนภาพที่ 1 ปิรามิดแสดงลำดับขั้นการเรียนรู้

จากแผนภาพที่ 1 การที่จะเรียนรู้งานในระดับ A ได้นั้นจะต้องอาศัยพื้นฐานจากการเรียนรู้ในระดับ C, D และ E ก่อน สำหรับการเรียนรู้ในระดับ B จะต้องอาศัยพื้นฐานจากการเรียนรู้งานในระดับ F และ G ก่อน ในการสร้างลำดับขั้นการเรียนรู้ ความถูกต้องของการสร้างคือการเรียนรู้ทักษะที่ต่ำที่สุดจะต้องเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ทักษะที่สูงขึ้นไป ทักษะในระดับที่สูงขึ้นไปจะเรียนรู้ไม่ได้ถ้ายังไม่เรียนรู้ทักษะในระดับที่ต่ำกว่า แต่ทักษะในระดับเดียวกัน แสดงว่าเป็นทักษะที่เป็นอิสระต่อกัน การเรียนรู้จะเรียนรู้ทักษะใดก่อนก็ได้ การสร้างลำดับการเรียนรู้ของกาญเยตามวิธีที่กล่าวมาแล้วเป็นการสร้างโดยยึดการวิเคราะห์เนื้อหาแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ได้เกี่ยวข้องกับหลักทางจิตวิทยา (Psychological Principle) ซึ่งเป็นการไม่เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนในห้องเรียน เพราะในสภาพการเรียนการสอนจริงจะต้องคำนึงถึงผู้เรียนด้วย ฟิลลิปส์และเคลลี (Phillips and Kelly : 1975) ได้เสนอให้นำหลัก

ทางจิตวิทยาและหลักการสอน (Pedagogical Principle) เข้ามาเกี่ยวข้องในขณะวิเคราะห์ลำดับขั้นการเรียนรู้ด้วย

5. เกณฑ์การสร้างลำดับขั้นเนื้อหาวิชา

ในการสร้างลำดับขั้นเนื้อหาวิชานั้นกาญเย (Gagné) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่งเน้นหลักการที่ว่า การพัฒนาการเรียนรู้ขึ้นอยู่กับการเรียนรู้ที่ผ่านมาในอดีต และผู้เรียนสามารถดึงเอาความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการเรียนรู้ใหม่ได้ รวมทั้งได้นำเอาหลักการสอน (Pedagogical Principle) มาสอดแทรกเข้าไปในขณะวิเคราะห์ลำดับขั้นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ด้วย นอกจากนี้ยังได้นำหลักเกณฑ์ 2 ประการ มาประกอบการพิจารณาลำดับดับขั้นเนื้อหาวิชา หลักเกณฑ์ดังกล่าวได้แก่ หลักเหตุผล (Logical Analysis) ตามลักษณะเนื้อหาวิชา และหลักการสอน (Pedagogical Principle) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

หลักเหตุผล (Logical Analysis) ตามลักษณะวิชา เป็นการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาโดยใช้เกณฑ์ว่า แนวคิดที่อยู่ในระดับสูงกว่าจะขึ้นอยู่กับแนวคิดในระดับที่ต่ำกว่า ผู้เรียนสามารถเข้าใจและเรียนรู้แนวคิดในระดับที่สูงกว่าได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้แนวคิดในระดับที่ต่ำกว่าก่อน และแนวคิดในระดับที่สูงกว่าจะมีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกับแนวคิดระดับที่ต่ำกว่าเสมอ เช่น แนวคิดเรื่องจำนวนเต็มบวกต้องมาก่อนแนวคิดเรื่องจำนวนเต็ม เพราะเรื่องจำนวนเต็มเป็นแนวคิดที่สูงกว่าและมีความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับเรื่องจำนวนเต็มบวก

หลักการสอน (Pedagogical Principle) เป็นการวิเคราะห์ลำดับขั้นเนื้อหาวิชาโดยใช้เกณฑ์ว่า เนื้อหาใดที่เป็นอิสระต่อกัน จะเรียงลำดับขั้นเนื้อหาวิชาจากง่ายไปหายาก หรือเรียงจากเนื้อหาเก่าที่เคยเรียนแล้วไปหาเนื้อหาใหม่ที่ไม่เคยเรียน เช่น เนื้อหาเรื่องสมบัติการสลับที่กับสมบัติการจัดหมู่ ซึ่งทั้งสองเนื้อหานี้เป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือ สองเนื้อหานี้จะเรียนเนื้อหาใดก่อนก็ได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

จินดา ลิ่มถาวรศิริพงศ์ (2525) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างลำดับขั้นเนื้อหาวิชาจากการวินิจฉัยการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง "จำนวนเต็ม" ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างลำดับขั้นเนื้อหาวิชาจากการวินิจฉัยการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง "จำนวนเต็ม" ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนกับกลุ่มตัวอย่างประชากรจำนวน 396 คน ผลการวิจัย

ปรากฏว่าได้ลำดับขั้นเนื้อหาวิชาซึ่งแบ่งเป็นตอนใหญ่ ๆ ได้ 5 ตอน ประกอบด้วยลำดับขั้นทั้งหมด 34 ลำดับขั้น ดังต่อไปนี้

1. ความรู้พื้นฐาน ประกอบด้วย 7 ลำดับขั้น
2. การบวกจำนวนเต็ม ประกอบด้วย 7 ลำดับขั้น
3. การลบจำนวนเต็ม ประกอบด้วย 5 ลำดับขั้น
4. การคูณจำนวนเต็ม ประกอบด้วย 9 ลำดับขั้น
5. การหารจำนวนเต็ม ประกอบด้วย 6 ลำดับขั้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ค้นพบข้อบกพร่องจากการวิเคราะห์คำตอบของแบบทดสอบวินิจฉัยการเรียนซึ่งปรากฏว่านักเรียนส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องดังต่อไปนี้

1. ความรู้พื้นฐาน นักเรียนไม่เข้าใจการเขียนจำนวนเต็มบวกลงบนเส้นจำนวน
2. การบวกจำนวนเต็ม นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องคุณสมบัติการจัดหมู่สำหรับการบวก
3. การลบจำนวนเต็ม นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องจำนวนเต็มบวก ลบ จำนวนเต็มลบ
4. การคูณจำนวนเต็ม นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องคุณสมบัติการกระจาย
5. การหารจำนวนเต็ม นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องคุณสมบัติของศูนย์เกี่ยวกับการหาร

ลัดดาวัลย์ สุนทรินทร์ (2528) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค012 ที่เป็นปัญหาสำหรับครูคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เขตกรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 012 ที่เป็นปัญหาและระดับของปัญหาโดยใช้แบบสอบถาม ประชากรคือ ครูผู้สอนหรือเคยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค 012 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรมสามัญศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 95 โรงเรียน ใช้แบบสอบถามจำนวน 215 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 012 ที่เป็นปัญหา 44 ห้อข้อ มีเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับมาก 1 หัวข้อคือ ฟังก์ชันอินเวอร์ส เนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับปานกลางมี 3 หัวข้อคือ ฟังก์ชันคอมโพสิท การหาค่าของฟังก์ชันไซน์และโคไซน์ของจำนวนจริงใด ๆ และกราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติ ที่เหลือ 40 หัวข้อ เป็นเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับน้อย

ประวัติ เกตษา (2528) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 013 ที่เป็นปัญหาสำหรับครูคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เขตการศึกษา 10 เพื่อศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 013 ที่เป็นปัญหาและระดับของปัญหาโดยใช้แบบสอบถาม ประชากรคือ ครูผู้สอนหรือเคยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค 013 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 10 จำนวน 69 โรงเรียน ใช้แบบสอบถามจำนวน 124 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 013 ที่เป็นปัญหา 43 ห้อข้อ มีเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับมาก 2 หัวข้อคือ สมการและการแก้สมการตรีโกณมิติ การหาระยะทางและความสูง

โดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติ เนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับปานกลางมี 3 หัวข้อ คือ การคำนวณค่าโดยประมาณของการคูณและหารเลขจำนวนจริงโดยใช้ฟังก์ชันลอกาลิทึม การใช้เวกเตอร์พิสูจน์ทฤษฎีบทในเรขาคณิต เอกลักษณ์ตรีโกณมิติและการพิสูจน์ ที่เหลือ 38 หัวข้อเป็นเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับน้อย

กฤติลักษณ์ ลองโรจน์วงศ์ (2528) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 015 ที่เป็นปัญหาสำหรับครูคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคใต้ เพื่อศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 015 ที่เป็นปัญหาและระดับของปัญหาโดยใช้แบบสอบถาม ประชากรคือ ครูผู้สอนหรือเคยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค 015 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ภาคใต้ จำนวน 97 โรงเรียน ใช้แบบสอบถามจำนวน 143 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 015 ที่เป็นปัญหา 29 ห้อข้อ มีเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับมาก 3 หัวข้อคือ การใช้เมทริกซ์แก้ระบบสมการเชิงเส้น ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ และการหาจำนวนวิธีเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของที่ไม่แตกต่างกันทั้งหมด เนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับปานกลางมี 5 หัวข้อ คือ กฎที่สำคัญบางประการของความน่าจะเป็น การกระจาย $(a+b)^n$ โดยใช้ทฤษฎีบททวินาม การพิสูจน์คุณสมบัติดีเทอร์มิแนนท์ การหาจำนวนวิธีจัดหมู่ของสิ่งของที่แตกต่างกัน n สิ่ง ให้มีหมู่ละ r สิ่ง และการหาจำนวนวิธีเรียงสับเปลี่ยนของสิ่งของ n สิ่งที่แตกต่างกันทั้งหมด ที่เหลือ 21 หัวข้อเป็นเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับน้อย

นพร หิรัญมาพร (2528) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 016 ที่เป็นปัญหาสำหรับครูคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เขตการศึกษา 9 เพื่อศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 016 ที่เป็นปัญหาและระดับของปัญหาโดยใช้แบบสอบถาม ประชากรคือ ครูผู้สอนหรือเคยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค 016 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 9 จำนวน 52 โรงเรียน ใช้แบบสอบถามจำนวน 107 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ค 016 ที่เป็นปัญหา 63 ห้อข้อ มีเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับมาก 5 หัวข้อคือ กราฟเซมิลอกาลิทึม การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างข้อมูล ความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันของข้อมูลที่อยู่ในอนุกรมเวลา การประมาณค่าของค่าคงตัวโดยใช้ระเบียบวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และพื้นที่ใต้โค้งปกติ ที่เหลือ 58 หัวข้อเป็นเนื้อหาที่เป็นปัญหาในระดับน้อย

นิตยา เลิศวีรนนทรัตน์ (2530) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ตามการรับรู้ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และวิทยาลัยเทคนิค ตัวอย่างประชากรเป็นครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 700 คน จากวิทยาลัยเทคนิค จำนวน 99 คน รวมทั้งสิ้น 799 คน โดยใช้แบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมมีปัญหาเกี่ยวกับ

เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม 1 และ 2 ไม่กระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น ไม่มีแบบฝึกหัดที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนเก่งและนักเรียนอ่อนโดยเฉพาะ เนื้อหามีมากเกินไป ไม่เหมาะกับเวลาที่กำหนดให้ เนื้อหาบางตอนยากเกินความสามารถของนักเรียน ตัวอย่างที่ประยุกต์ใช้ในทางช่างอุตสาหกรรมมีให้น้อย รายละเอียดของเนื้อหาหยาบเกินไปไม่ชัดเจน แบบฝึกหัดส่วนใหญ่ยากเกินความสามารถของนักเรียน แบบฝึกหัดประยุกต์ในช่างอุตสาหกรรมน้อยเกินไป แบบฝึกหัดที่สอดคล้องกับเนื้อหาแต่ละตอนไม่เพียงพอ ตัวอย่างที่ให้ในเนื้อหาบางตอนไม่มี ตัวอย่างและแบบฝึกหัดไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังพบว่าครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และวิทยาลัยเทคนิคมีการรับรู้เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม 1 และ 2 ว่าเป็นปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง 20 หัวข้อ และเป็นปัญหาอยู่ในระดับน้อย 26 หัวข้อ จากหัวข้อเนื้อหาทั้งหมด 46 หัวข้อ

สันต์ชัย เบี้ยมุขดา (2334) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์เนื้อหาและปัญหาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและปัญหาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ตัวอย่างประชากรเป็นครูคณิตศาสตร์ จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสัมภาษณ์ปัญหาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม ผลการวิจัยพบว่า

1. ปัญหาทั่วไปในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พบว่ามีรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหามากเกินไป ไม่เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดให้ตามหลักสูตร ขาดงบประมาณสำหรับจัดหาสื่อการเรียนการสอน และนักศึกษามีความรู้พื้นฐานทางวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ

2. หัวข้อเนื้อหาที่เป็นปัญหาในการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก มีจำนวน 16 หัวข้อ หัวข้อที่เป็นปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง มีจำนวน 57 หัวข้อ และหัวข้อที่เป็นปัญหาอยู่ในระดับน้อย มีจำนวน 24 หัวข้อ

3. นักศึกษามีปัญหาในการเรียนหัวข้อเนื้อหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมาก 16 หัวข้อ โดยมีสาเหตุมาจากนักศึกษาขาดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่นำไปใช้ในการเรียนหัวข้อเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

2 งานวิจัยต่างประเทศ

โซเวลล์ เอเวลีน เจ และ คาเซย์ ริตา เจ (Sowell,-Evelyn-J. and Casey,-Rita-J. : 1982) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประเมินผลความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่องการรวมลำดับขั้นต่าง ๆ ทางความคิดในการวิเคราะห์และวิธีการแสดงตัวอย่าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง

และพัฒนาเครื่องมือในการประเมินผลที่ใช้ได้ผล ซึ่งออกแบบให้บอกถึงความก้าวหน้าของผู้เรียนด้วยลำดับความยากง่ายของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และวิธีการสอนซึ่งผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหานั้นได้ดีที่สุด ในการศึกษาครั้งแรกผู้ถูกประเมินจะได้รับแบบฟอร์ม 1-2 แบบฟอร์ม เพื่อประเมินความรู้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยใช้ตัวเลข 3 ตำแหน่ง มีการแสดงตัวอย่างเป็นเครื่องหมาย 5 แบบ นับตั้งแต่ที่เป็นรูปธรรมไปจนถึงนามธรรม เมื่อนักเรียนจัดการกับวัตถุหรือวาดรูปได้ การแสดงออกจะทำได้ดีกว่าเมื่อมีผู้เฝ้าดูผู้ทำการสอบ ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับสิ่งที่เป็นรูปธรรมกับนามธรรม รูปภาพกับนามธรรม และระดับของนามธรรม การศึกษาครั้งที่สองผู้ประเมินลำดับที่ 6 จำนวน 45 คนได้รับเครื่องมือในการทดสอบซึ่งเป็นแบบทดสอบ 48 ข้อ 1 ชุด ประเมินความรู้ในการลบเศษส่วนและเลขผสม โดยการใช้รูปธรรม รูปภาพหรือตัวอย่างที่เป็นนามธรรมหรือใช้หมดทั้ง 3 อย่าง ผลการวิจัยพบว่าการลำดับเนื้อหาจะยากขึ้นเรื่อย ๆ เริ่มจากตอนต้นจนถึงตอนท้ายของแบบทดสอบ ประมาณ 92% ของส่วนนี้แปรออกไป เกิดจากแบบทดสอบที่ใช้แบบรูปภาพ การแสดงออกมาจะเกี่ยวข้องกับระดับความสามารถอย่างมีนัยสำคัญ

เอ ที มอร์แกน (A.T. Morgan 1990) ได้ศึกษา ปัญหาการเรียนการสอนของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา ที่มีความยากลำบากในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาการเรียนการสอนของนักศึกษาในการใช้ความรู้พื้นฐานทางวิชาคณิตศาสตร์ ตัวอย่างประชากรคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 3 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมเครื่องกลที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ จำนวน 367 คน และนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ถึง 3 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมเครื่องกลที่ศึกษาอยู่ในวิทยาลัยต่าง ๆ จำนวน 297 คน โดยใช้แบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 57 ข้อ นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างประชากรโดยที่ไม่บอกให้ทราบล่วงหน้าว่าจะมีการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ครูจะต้องอธิบายให้นักศึกษาเข้าใจในบทเรียนที่ซับซ้อนตามลำดับจากง่ายไปหามาก นักศึกษาจะเป็นต้องเข้าใจในเนื้อหา ส่วนครูนั้นต้องมีการปรับปรุงวิธีสอนเพื่อสร้างความเข้าใจในแนวคิดมิใช่ฝึกทักษะการแก้ปัญหาเท่านั้น ครูควรกระตุ้นให้นักศึกษาเชื่อมโยงแนวคิดโดยการจัดลำดับขั้นตอนของแนวคิดต่าง ๆ ทีละเรื่อง หลักสูตรวิชาต่าง ๆ ควรจะครอบคลุมหัวข้อที่มีประโยชน์มีการบูรณาการอย่างใกล้ชิดระหว่างวิชาคณิตศาสตร์ และสาขาวิศวกรรมศาสตร์ให้มีความสอดคล้องกันมากยิ่งขึ้นเพื่อที่จะมีส่วนขยายให้สังคมมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น

จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น พบว่านักวิจัยส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญกับวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างมากทั้งในด้านเนื้อหาวิชา ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียนว่านักเรียนจะสามารถเรียนรู้เนื้อหาวิชาในแต่ละเรื่องได้มากน้อยเพียงใด สามารถเรียนรู้ได้ตามลำดับขั้นเนื้อหาวิชาที่จัดไว้หรือไม่ และความ

เหมาะสมของเนื้อหาวิชาสำหรับเป็นพื้นฐานการเรียนในเรื่องต่อไปและเป็นพื้นฐานในการเรียนของวิชาอื่น ๆ นอกจากนี้ได้มีการศึกษาข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์และปัญหาต่าง ๆ ที่พบในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในพัฒนาการเรียนการสอนของครู-อาจารย์ และนักเรียนต่อไป รวมทั้งการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเทคนิควิธีการสอนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในปัจจุบัน