

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนเรื่อง พิชคณิตบูตึน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นสำคัญดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ใน โรงเรียน
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับพิชคณิตบูตึน
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ในโรงเรียน

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2552) ได้กำหนดสาระหลักที่จำเป็นในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สำหรับผู้เรียนทุกคน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

1. จำนวนและการดำเนินการ ความคิดรวบยอดและความรู้ลึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง
2. การวัด ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัด ระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ
3. เรขาคณิต รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติสองมิติ และสามมิติ การนิยามภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation)
4. พิชคณิต แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรม เลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต
5. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม

การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลาง และการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

6. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

ปัจจุบันสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2552) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนัยสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิยามภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สำหรับมาตรฐานการเรียนรู้ เรื่อง พีชคณิต ได้ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้ของสาระที่ 4 และสาระที่ 6 ดังนี้

สาระที่ 4 มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 6 มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตบูลีน

ราพรณ จันทวิวัฒน์ (2543) กล่าวว่า พีชคณิตแบบบูล หรือพีชคณิตเลขฐานสอง (Boolean algebra) เป็นพีชคณิตที่ใช้สำหรับหาข้อเท็จจริงในการหาเหตุผลต่าง ๆ ซึ่ง จอร์จ เอส. บูล (George S. Boole ค.ศ. 1815 - 1869) นักคณิตศาสตร์และนักตรรกวิทยาชาวอังกฤษเป็นผู้นำเอาหลักการทางตรรกวิทยาของอริสโตเติล มาใช้ในตรรกวิทยาทางคณิตศาสตร์เป็นคนแรก โดยเฉพาะในวิชาพีชคณิต ที่ชื่อว่า พีชคณิตบูลีน ผลงานที่สำคัญของจอร์จ เอส. บูล เป็นหนังสือที่เขียนเมื่อปี พ.ศ.1854 ชื่อว่า “An Investigation of The Laws of Thought” ซึ่งกล่าวถึงทฤษฎีทางตรรกวิทยา และความน่าจะเป็นได้ทางคณิตศาสตร์

ธีราวุธ ปัทมวิบูลย์ (2545) กล่าวว่า ตรรกะหรือลอจิกเป็นส่วนสำคัญในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ เพราะเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นกระบวนการต่าง ๆ ทั้งในด้านการคำนวณและการเปรียบเทียบ โดยตรรกะหรือลอจิกได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบคอมพิวเตอร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ประกอบกับหลักการของลอจิกสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิธีการเขียนโปรแกรมได้อีกด้วย

จอร์จ บูล (George Boole) เป็นนักคณิตศาสตร์และนักตรรกศาสตร์ ที่พัฒนาและคิดวิธีการในการแก้ปัญหาทางตรรกศาสตร์ โดยใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิต และสร้างสาขาทางคณิตศาสตร์ที่รู้จักกันในนามของตรรกศาสตร์สัญลักษณ์ (Symbolic Logic) ขึ้นมาในระหว่างปี 1847 ถึง 1854 โดยบูลได้ทำการสังเกตสมบัติที่คล้ายคลึงกันของวิธีการทางคณิตศาสตร์ 2 ชุดระหว่าง “และ” กับ “หรือ” และการคูณกับการบวก นอกจากนี้เขายังได้ทำการพัฒนาระบบที่ใช้สำหรับการจัดการคำสั่งทางตรรกศาสตร์ที่มีความแม่นยำในการคำนวณ ซึ่งศาสตร์ทางด้านนี้ไม่ได้ใช้เฉพาะทางด้านการคำนวณเท่านั้น แต่ยังใช้ในส่วนทฤษฎีด้านสารสนเทศ ด้านสวิตซ์ซึ่งด้านกราฟ และด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และใช้ในงานวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์อีกด้วย

ตรรกศาสตร์บูลีนเป็นรูปแบบพื้นฐานของการคำนวณในระบบฐานสองของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถนำเสนอได้ในหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบของขั้นตอนวิธี หรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในคอมพิวเตอร์ โดยใช้ลักษณะของสมการบูลีน

พีชคณิตบูลีน (Boolean Algebra) เป็นสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ ซึ่งมีค่าเป็นไปได้จากสมการพีชคณิตบูลีนนั้นจะมีได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1 (เท็จและจริง) เท่านั้น โดยจะแสดงสถานะภายในคอมพิวเตอร์เหมือนกับการ “เปิด” และ “ปิด” สวิตซ์ไฟ สัญลักษณ์ที่ใช้ในสมการพีชคณิตบูลีนแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในสมการพีชคณิตบูลีน

สัญลักษณ์	การประมวลผลทางลอจิก	ความหมาย
'	NOT	กลับให้เป็นตรงกันข้าม
+	OR	หรือ
•	AND	และ
$\oplus$	XOR (Exclusive OR)	ถ้า...และถ้า...

สัญลักษณ์ $\bullet$ ใช้ในการกระทำตรรกศาสตร์ “AND” เช่น $A \bullet B$ คือ ผลลัพธ์ของการกระทำตรรกศาสตร์ “AND” และสามารถเขียนรูปสมการได้ 2 แบบ ดังนี้ $A \bullet B$ หรือ AB ซึ่งเราจะเรียกรูปแบบสมการนี้ว่าผลคูณของ A และ B (Product of A and B)

สัญลักษณ์ $+$ ใช้ในการกระทำตรรกศาสตร์ OR เช่น $A + B$ ซึ่งเราจะเรียกรูปแบบสมการนี้ว่าผลรวมของ A และ B (Sum of A and B)

สัญลักษณ์ ' เป็นการกระทำตรรกศาสตร์ที่มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น ส่วนเติมเต็ม (Complement), ลบ (Negative), หรือตรรกศาสตร์ NOT ซึ่งเป็นการทำให้ค่าตรรกศาสตร์ของตัวแปรมีค่าตรงกันข้าม เช่น กำหนดให้ $A = 0$ เมื่อกระทำตรรกศาสตร์เป็น' แล้วจะเปลี่ยนค่า A ให้เป็น 1 หรือถ้ากำหนดให้ $A = 1$ เมื่อกระทำตรรกศาสตร์เป็น' แล้วจะเปลี่ยนค่า A ให้เป็น 0

สัญลักษณ์ $\oplus$ ได้มาจากรูปของสมการ $A'B + AB'$ แต่ถูกนำมาเขียนแทนในรูปของ $A \oplus B$

ตารางค่าความจริงนี้มีไว้เพื่อใช้บอกสถานะของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทางตรรกศาสตร์ของสมการพีชคณิตบูลีน ซึ่งจะมีการเขียนรายละเอียดตามจำนวนสัญลักษณ์พื้นฐานที่มีในสมการ

ตารางที่ 2 การดำเนินการทางตรรกศาสตร์ของพีชคณิตบูลีน

A	B	$A \bullet B$	$A + B$	$A \oplus B$	A'	B'
0	0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0

$A \bullet B$ (AND) จะมีค่าความจริงเป็นจริง เมื่อ A และ B เป็นจริงทั้งคู่

$A + B$ (OR) จะมีค่าความจริงเป็นจริง เมื่อ A และ B ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจริง

A' (NOT) จะมีค่าความจริงเป็นตรงกันข้าม

$A \oplus B$ (XOR) จะมีค่าความจริงเป็นจริง เมื่อ A และ B ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจริงเพียงตัวเดียวเท่านั้น

ทฤษฎีบทพีชคณิตบูลีนจะเป็นสมมติฐานขั้นพื้นฐาน เพื่อช่วยในการพิสูจน์และลดรูปสมการพีชคณิตบูลีนให้มีขนาดที่สั้นลง แต่ยังให้ผลลัพธ์ในการคำนวณเหมือนเดิม

ทฤษฎีบทที่ 1: กฎการกระจาย (Distributive law)

$$A + (B \bullet C) = (A + B) \bullet (A + C)$$

$$A \bullet (B + C) = (A \bullet B) + (A \bullet C)$$

ทฤษฎีบทที่ 2: กฎการสลับที่ (Commutative law)

$$A + B = B + A$$

$$A \bullet B = B \bullet A$$

ทฤษฎีบทที่ 3: กฎการจัดกลุ่ม (Associative law)

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

$$A \bullet (B \bullet C) = (A \bullet B) \bullet C$$

ทฤษฎีบทที่ 4: $A \bullet 1 = A$

ทฤษฎีบทที่ 5: $A \bullet 0 = 0$

ทฤษฎีบทที่ 6: $A \bullet A = A$

ทฤษฎีบทที่ 7: $A \bullet A' = 0$ (กฎการขัดแย้ง (Contradiction law))

ทฤษฎีบทที่ 8: $A + 1 = 1$

ทฤษฎีบทที่ 9: $A + 0 = A$

ทฤษฎีบทที่ 10: $A + A = A$

ทฤษฎีบทที่ 11: $A + A' = 1$ (กฎการแบ่งแยก (Exclude middle law))

ทฤษฎีบทที่ 12: $(A')' = A$ (กฎการปฏิเสธ (Negative law))

ทฤษฎีบทที่ 13: $A + (A \bullet B) = A$

ทฤษฎีบทที่ 14: $A + A'B = A + B$

ทฤษฎีบทที่ 15: $A \bullet (A + B) = A$

ทฤษฎีบทที่ 16: $AB + AB' = A$

ทฤษฎีบทที่ 17: $A' \bullet (A + B') = A'B'$

ทฤษฎีบทที่ 18: $(A' + B') \bullet (A' + B) = A'$

ทฤษฎีบทที่ 19: ทฤษฎีบทของเดอมอร์แกน (De Morgan's laws)

$$(A \bullet B)' = A' + B'$$

$$(A + B)' = A' \bullet B'$$

ทฤษฎีบทของเดอมอร์แกน คิดขึ้น โดย Augustus De Morgan ในปี 1838 ซึ่งช่วยทำให้
สมการที่มีการใช้ลอจิก NOT ร่วมกัน สามารถลดรูปลงได้ง่ายยิ่งขึ้น แต่ผลลัพธ์ของสมการยังคง
เหมือนเดิม

รูปแบบมาตรฐานของสมการพีชคณิตบูลีน

โดยทั่วไปรูปแบบมาตรฐานของสมการพีชคณิตบูลีนมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

1. ผลรวมของผลคูณ (Sum of product หรือ Minterm)

สมการที่อยู่ในรูปของผลรวมของผลคูณคือ สมการที่คิดผลรวมของผลคูณ ซึ่งฟังก์ชัน
บูลีนจะใช้ AND และ OR สำหรับตัวแปรบูลีนหนึ่งตัวนั้นสามารถที่จะมีได้ 2 สถานะ คือ 0 หรือ 1
กล่าวคือ ถ้ามีตัวแปรจำนวน n ตัว จะมีสถานะที่เป็นไปได้ 2^n สถานะ โดยในสมการอาจจะไม่มีทุก
สถานะก็ได้

2. ผลคูณของผลรวม (Product of sum หรือ Maxterm)

สมการที่อยู่ในรูปของผลคูณของผลรวม คือสมการที่คิดผลคูณของผลรวม ซึ่งฟังก์ชันบูลีนจะใช้ OR และ AND ทำให้ลักษณะสมการนั้นตรงข้ามกับสมการในรูปผลรวมของผลคูณ โดยจะมีการปรับรูปสมการที่มีค่า 1 ให้เป็นตัวแปรที่เป็น Not และค่า 0 ให้เป็นตัวแปรธรรมดา สำหรับตัวแปรบูลีนหนึ่งตัวนั้นสามารถที่จะมีได้ 2 สถานะ คือ 0 หรือ 1 กล่าวคือ ถ้ามีตัวแปรจำนวน n ตัว จะมีสถานะที่เป็นไปได้ 2^n สถานะ โดยในสมการอาจจะไม่มีทุกสถานะก็ได้

การลดรูปสมการพีชคณิตบูลีน

เราสามารถที่จะทำการลดรูปสมการพีชคณิตบูลีนให้สั้นลงได้ และผลลัพธ์ของสมการยังคงเหมือนเดิม โดยจะต้องใช้ทฤษฎีบทของพีชคณิตบูลีนเข้ามาเป็นหลักพื้นฐานในการลดรูป และถือว่าการลดรูปนี้จะช่วยในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก เพราะเป็นการประหยัดอุปกรณ์และส่วนประกอบของวงจร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้หลังจากลดรูปแล้วจะต้องอยู่ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานด้วย

นักทฤษฎีวณเทพินทร์ (2550) กล่าวถึงแผนผังคาร์โนห์ ไว้ว่า แผนผังคาร์โนห์ หรือเรียกว่า K map คือ แผนผังแบบหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับลดรูปฟังก์ชันของสมการพีชคณิตบูลีน ทั้งสมการแบบผลรวมของผลคูณ และผลคูณของผลรวม ได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ อีกทั้งมีความละเอียดและง่ายต่อการใช้งาน ทำให้วงจรลอจิกน้อยลงและง่ายต่อการต่อวงจร สามารถนำไปใช้แก้ปัญหของตัวแปรทางอินพุตได้หลายตัวแปร หลักการเขียนจำนวนช่องของแผนผังทำได้ โดยใช้กฎ 2^n เมื่อ n คือจำนวนตัวแปรของสมการพีชคณิต

รัตนพร บ่อคำ (2542) กล่าวถึง การประยุกต์ของพีชคณิตบูลีน ไว้ดังนี้

ในชีวิตประจำวัน จะพบการทำงานของสวิตช์ไฟ ซึ่งมี 2 สถานะ คือ เปิด และ ปิด สถานะเปิดของสวิตช์มีค่าเป็น 0 สถานะปิดมีค่าเป็น 1 (สวิตช์ปิด หมายถึง วงจรไฟฟ้าปิด นั่นก็คือมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ สวิตช์เปิด หมายถึง สถานะที่วงจรเปิด ทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้) ดังนั้น ถ้านำสวิตช์หลาย ๆ ตัวมาต่อรวมกัน จะสามารถต่อได้ในรูปแบบอนุกรมหรือขนานก็ได้ ซึ่งการต่อกันในแต่ละรูปแบบของสวิตช์ จะสามารถแทนการกระทำต่าง ๆ ของพีชคณิตบูลีนได้

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

พัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ชาติชาย พิทักษ์ธนาคม (2544) กล่าวว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะรู้จักตัดสินใจเลือกค่านิยมและมาตรฐานที่เขาเห็นว่าควรยึดเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิต เด็กเริ่มมี

ค่านิยมของตนเอง เพราะเด็กวัยนี้สามารถคิดได้อย่างมีแบบแผนมากขึ้น เป็นนามธรรมมากขึ้น และเป็นนามธรรมมากขึ้น และเป็นอิสระจากพ่อแม่มากขึ้น การมีค่านิยมเพื่อเป็นแนวทางการดำเนินชีวิตของตนเป็นลักษณะสำคัญที่ยอมรับกันว่าแสดงถึงความเป็นผู้ใหญ่ ครุมีอิทธิพลต่อเด็กทั้งทางด้านความคิดและการกระทำ นักเรียนเป็นผู้ฟังที่พร้อมจะยอมรับอยู่แล้ว บางคนอาจเลียนแบบครูและอยากทราบค่านิยมและความเชื่อของครูเพื่อรับไปปฏิบัติ

เพียเจต์ (อ้างถึงใน สุรางค์ โคว์ตระกูล, 2545) กล่าวว่า เนื่องจากเด็กวัยรุ่นหรือวัยมัธยมศึกษาสามารถที่จะคิดถึงที่เป็นนามธรรมได้ เด็กวัยนี้จึงมีความสนใจในปรัชญาชีวิต ศาสนา สามารถที่จะใช้เหตุผลเป็นหลักในการตัดสินใจ สามารถคิดเหตุผลได้ทั้งอนุमानและอุปมาน และจะมีหลักการ เหตุผลของตนเองเกี่ยวกับความยุติธรรม ความเสมอภาคและมนุษยธรรม การสอนเด็กวัยรุ่นควรจะทำให้เด็กรู้จักคิด เป็นต้นว่า การแก้ปัญหาโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ การสอนความคิดรวบยอดอาจจะเริ่มจากความคิดรวบยอดที่มีความหมายกว้าง และบอกคุณลักษณะที่สำคัญที่เน้นหลักทั่ว ๆ ไป

นอกจากนี้ ตามแนวคิดของเพียเจต์ (อ้างถึงใน มาลี จุฑา, 2542) ถือว่าเด็กระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สถิติปัญญาจะพัฒนาได้ดีแล้ว ประมาณ 90% จึงสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ตลอดจนหลักปรัชญาและตรรกศาสตร์ได้ นอกจากนี้ยังเข้าใจกฎเกณฑ์ของสังคม สามารถตัดสินใจแก้ปัญหา ทดลอง ทดสอบสมมติฐานและพิสูจน์ข้อต่าง ๆ ได้

พฤติกรรมด้านสติปัญญาด้านคณิตศาสตร์

วิลสัน (Wilson, 1971, pp. 643 – 685 อ้างถึงใน วราภรณ์ เสาวพาน, 2546, หน้า 39) ได้นำแนวคิดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบูลมและคณะมาพัฒนาต่อ และได้เสนอพฤติกรรมด้านสติปัญญาด้านคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การคำนวณ (Computation) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงความรู้ที่เคยเรียนมาแล้วเกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ พฤติกรรมในระดับนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมที่อยู่ในระดับต่ำสุด เป็นความรู้ในด้านการคิดคำนวณ ความจำแบบง่าย ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านไปแล้วโดยไม่มีกระบวนการตัดสินใจ เช่น สูตรการคำนวณ ความหมายของศัพท์ นิยามต่าง ๆ และความสามารถในการคำนวณตามวิธีการที่ได้เรียนมาแล้ว พฤติกรรมระดับนี้แบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น คือ

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specific Facts) เป็นความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในรูปแบบหรือแบบเดียวกันที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนมาแล้ว นอกจากนี้ยังรวมถึงความรู้พื้นฐานซึ่งผู้เรียนต้องนำมาใช้เสมอ

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) เป็นความรู้เกี่ยวกับความหมายของคำศัพท์และนิยามต่าง ๆ ตามที่เคยเรียนมาแล้ว โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใด และไม่ต้องการหาความรู้อื่นมาช่วย

1.3 ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry Out Algorithms) เป็นการที่ผู้เรียนสามารถนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาดำเนินการตามกระบวนการของการคิดคำนวณในแบบที่เคยได้เรียนมาแล้ว ในขั้นตอนนี้ได้มุ่งหมายให้ผู้เรียนคิดหากระบวนการคิดคำนวณแบบใหม่ด้วยตนเอง เช่น ลำดับขั้นตอนในการหารยาว ลำดับขั้นตอนในการหา ห.ร.ม. หรือ ก.ร.น.

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่มีอยู่แล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนสามารถตีความ แปลความ สรุปความ และขยายความได้ การวัดพฤติกรรมในระดับนี้แบ่งเป็น 6 ขั้น คือ

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) เป็นความสามารถในการสร้างความคิดรวบยอดของสิ่งที่ได้เรียนมาแล้ว รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาต่าง ๆ ที่เรียนรู้อมาสัมพันธ์กันโดยการนำมาสรุปความหมายของสิ่งนั้นอีกครั้งหนึ่ง

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุป เป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles, Rules and Generalization) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติกับตัวปัญหา ซึ่งผู้เรียนควรจะรู้หลักจากที่เรียนเรื่องนั้นจบไปแล้ว

2.3 ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) เป็นความสามารถในการมองเห็นส่วนประกอบย่อยของข้อความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยสมบัติของจำนวนบางจำนวน หรือกฎทางคณิตศาสตร์ในการหาคำตอบ

2.4 ความสามารถในการแปลงรูปแบบปัญหาจาก รูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Ability to Transform Problem Element from One Mode to Another) เช่น การแปลงข้อความให้เป็นสัญลักษณ์ แผนภาพหรือสมการ ในขั้นตอนนี้ได้รวมถึงการคิดคำนวณหาคำตอบของสมการนั้น

2.5 ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้ (Ability to Follow a Line of Reasoning) ความรู้ทางคณิตศาสตร์ส่วนมากอยู่ในรูปของการอนุมาน (Deductive format) หรืออุปมาน (Inductive format) ดังนั้นการที่จะเข้าใจบทความหรือผลงานทางคณิตศาสตร์จึงต้องอาศัยความสามารถในการดำเนินตามแนวเหตุผลขณะที่อ่าน

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา (Ability to Read and Interpret of Problem) จัดเป็นพฤติกรรมสูงสุดในกลุ่มนี้ ความสามารถระดับนี้รวมถึงการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลสถิติ ตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง การคิดแก้ปัญหาโดยการนำความรู้ กฎ สูตร ทฤษฎี หลักการ วิธีการ ตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้อย่างดีแล้วไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ออกไป ทั้งนี้โจทย์ปัญหาที่ใช่วัดในระดับนี้จะต้องไม่ใช่โจทย์ข้อเดิมที่อยู่ในแบบฝึกหัดหรือเคยทำมาแล้ว พฤติกรรมในระดับนี้แบ่งเป็น 4 ชั้น ดังนี้

3.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย (Ability to Solve Routine Problem) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาคู่คล้ายกับปัญหาที่เคยเรียนมาแล้วในห้องเรียน โดยที่ผู้เรียนจะต้องจัดทำความเข้าใจและการใช้กระบวนการในการแก้ปัญหา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Make Comparison) เป็นความสามารถในการนึกถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น มโนคติ กฎ ศัพท์ นิยาม ของข้อมูล 2 ชุด เพื่อค้นพบความสัมพันธ์ เปรียบเทียบ และนำมาสรุปในการตัดสินใจ

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Ability to Analyze Data) เป็นความสามารถในการแยกแยะ จำแนกปัญหาออกเป็นส่วนย่อย ว่ามีความจำเป็นหรือไม่ในการนำไปใช้แก้ปัญหา โจทย์

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบ ลักษณะ โครงสร้างที่เหมือนกัน และสมมาตร (Ability to Recognize Patterns, Isomorphism, and Symmetries) พฤติกรรมในชั้นนี้จัดเป็นพฤติกรรมสูงสุดในกลุ่มนี้ เพราะต้องบูรณาการความสามารถหลายเรื่อง เช่น การแปลงรูปแบบปัญหา การตีความ การเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาหาส่วนที่สำคัญ หาความสัมพันธ์ของส่วนที่สำคัญ และหลักการที่ส่วนที่สำคัญเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กัน เพื่อแก้ปัญหาคู่ที่แปลกกว่าธรรมดาหรือปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อนได้ พฤติกรรมในชั้นนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ผู้เรียนที่ตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ ต้องมีความสามารถในระดับสูง แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า ปัญหาเหล่านั้นจะอยู่นอกขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้นการแก้ปัญหาก็ครอบคลุมความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมา รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อสามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ พฤติกรรมในชั้นนี้แบ่งเป็น 5 ชั้นย่อย คือ

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาคู่ที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน (Ability to Solve Non routine Problems) เป็นความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้อย่างดีแล้วไปสู่เนื้อหาใหม่ ซึ่งผู้เรียนจะต้องแยกปัญหาคู่เป็นส่วนย่อย ๆ สืบรวจว่ารู้จะไรบ้างในแต่ละขั้นตอน รวมทั้งการเรียนรู้สัญลักษณ์ใหม่เพื่อนำไปสู่คำตอบ การแก้ปัญหาลักษณะนี้ส่วนมากเป็นปัญหาสถานการณ์ด้วย จะนำกระบวนการคิดคำนวณมาใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องพยายามหาวิธีการใหม่

4.2 ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) เป็นความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ใหม่ หรือนำสัญลักษณ์จากสิ่งที่กำหนดให้มาสร้างสูตรใหม่ด้วยตนเอง หรือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการหาคำตอบ

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) เป็นความสามารถในการพิสูจน์ด้วยตนเอง ซึ่งไม่เหมือนกับความสามารถในการพิสูจน์ขั้นนำไปใช้ โดยผู้ตอบจะต้องอาศัยนิยามและทฤษฎีต่าง ๆ เข้ามาช่วยแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์การพิสูจน์ (Ability to Criticize Proofs) เป็นความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ การพิสูจน์ เป็นการให้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียนพิสูจน์ แต่เป็นความสามารถที่ยุ่ยากซับซ้อนกว่าการเขียนพิสูจน์ เพราะจะต้องใช้เหตุผลว่าการพิสูจน์นั้นถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้างและการทดสอบความถูกต้องของสูตรให้มีผลใช้ได้ในกรณีทั่วไป (Ability to Formulate and Validate Generalization) เป็นความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์และการเขียนพิสูจน์ความสัมพันธ์ที่ค้นพบ ข้อคำถามจะให้แสดงความสมเหตุสมผล

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและหาประสิทธิภาพของแบบเรียน

ความหมายของแบบเรียน

เจริญ บางเสน (2549) แบบเรียนหรือหนังสือเรียน หมายถึง เอกสารที่จัดเป็นรูปเล่ม ใช้สำหรับการเรียน มีสาระตรงตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรอย่างถูกต้อง อาจมีลักษณะเป็นหนังสือเล่มเดียวตามกลุ่มวิชาหรือรายวิชาใด หรือเป็นชุด คือ มีหลายเล่มหลายชนิดอยู่ในชุดเดียวกันได้ และอาจมีแบบฝึกหัดประกอบด้วยเพื่อเป็นสื่อการเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดทักษะและแตกฉานในบทเรียน สำหรับรายวิชาที่เน้นทักษะและการปฏิบัติ

ชาญชัย อาจินสมาจาร (2541) กล่าวว่า แบบเรียนควรมีการวางแผนบทเรียนภายในเวลาที่กำหนดของวิชา บางครั้งครูใหม่ใส่เนื้อหาลงไปมากเกินไป ทำให้การสอนเป็นไปอย่างผิวเผิน และชั้นเรียนก็ไม่ได้เรียนรู้มากนักเพราะครูต้องการปล่อยให้นือหาวิชาไม่มีการเรียนการสอน

หลักการสร้างและหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษาและเครื่องมือวัด

สำราญ วังนุราช (2550) ได้เสนอหลักการสร้างและหาประสิทธิภาพสื่อการสอน นวัตกรรมการศึกษาและเครื่องมือวัด ไว้ดังนี้

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องมือวัด (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์)

การสร้างและหาประสิทธิภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ มีขั้นตอนในการสร้างและหาประสิทธิภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตร เนื้อหา และวิธีการสร้างข้อสอบ

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และภารกิจการเรียนรู้

1.2.1 วิเคราะห์เนื้อหาเพื่อกำหนดพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ครูคาดหวังว่าจะให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมนี้ออกมา

1.2.2 ภารกิจการเรียนรู้ (Learning Task) ประกอบด้วย

1.2.2.1 เนื้อหา (Content)

1.2.2.2 ขอบเขตหรือพิสัยของพฤติกรรม (Domain)

1.3 กำหนดและจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหา

1.4 เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์เนื้อหา การวิเคราะห์ภารกิจการเรียนรู้และสอดคล้องกับลำดับของเนื้อหา

1.5 สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Specification) ให้สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้กำหนดไว้ เพื่อเป็นกรอบในการสร้างข้อสอบ

1.6 เขียนข้อสอบโดยใช้คำถามให้สอดคล้องกับระดับของพฤติกรรมที่ต้องการวัดและ สอดคล้องกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ต้องสร้าง ตัวลวง (คำตอบผิด) ที่ดี กล่าวคือ ต้องเป็นตัวลวงที่นักเรียนเลือก

1.7 นำข้อสอบที่ได้ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบ ความเที่ยงตรง (Index of Item Objective Congruence: IIOC หรือ I.O.C)

1.8 เลือกข้อสอบที่มีค่า I.O.C ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป หมายถึงวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของ การวัดและมีความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.7 ซึ่งแสดงว่า เครื่องมือวัดให้ผลการวัดที่สม่ำเสมอ แน่นนอน คงที่ แม้จะวัดกี่ครั้งก็ตาม เพื่อจะได้นำไปหา ประสิทธิภาพ

1.9 นำข้อสอบตามข้อ 1.8 ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนั้นไปแล้ว (จำนวนผู้เรียนที่ใช้ในการทดสอบไม่ควรต่ำกว่า 30 คน) เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจ จำแนก (r) ของข้อสอบ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปหรือใช้การคำนวณ

1.10 คัดเลือกเอาข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป

1.11 นำข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ ไปทดลองซ้ำ เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปหรือการคำนวณตามวิธีของ Kuder-Richardson จากสูตร K-R 20 หรือ K-R 21 ซึ่งความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับควรมีค่า ตั้งแต่ .70 ขึ้นไป

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบแสดงได้ดังแผนผังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเลือกตอบชนิด 3 - 5 ตัวเลือก

2. การสร้างสื่อและนวัตกรรมการศึกษา

การสร้างสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ขั้นเตรียมการผลิต (Pre – Production)

2.1.1 วิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางการเรียน

2.1.2 วิเคราะห์ผู้เรียน

2.1.3 วิเคราะห์สื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา

2.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์

2.1.5 วิเคราะห์เนื้อหา จัดลำดับเนื้อหาและวิเคราะห์ภารกิจการเรียนรู้

2.1.6 ศึกษา เลือกสื่อและนวัตกรรมการศึกษาที่จะผลิต

2.1.7 จัดทำแนวคิด (Main Concept), โครงเรื่อง (Outline), การจัดกระทำ (Treatment), แผ่นเรื่องราว (Storyboard) และบท (Script)

2.1.8 จัดทำตารางการผลิต

2.2 ขั้นตอนการผลิต (Production)

2.2.1 ลงมือผลิตตามตารางการผลิต

2.2.2 ตรวจสอบคุณภาพการผลิตขั้นต้น

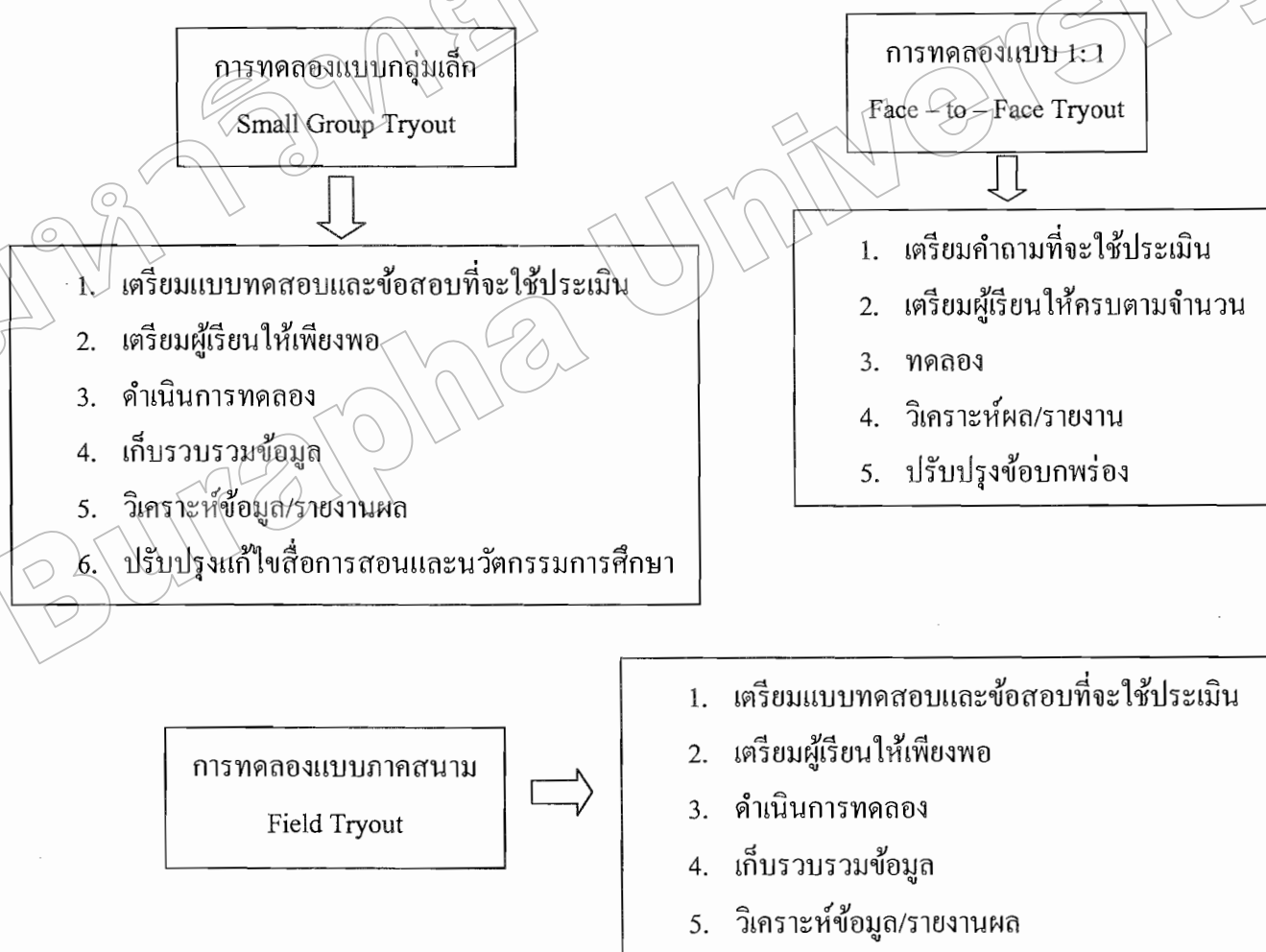
2.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post Production)

2.3.1 ตรวจสอบคุณภาพขั้นต้น (Preview)

2.3.2 ประเมินผลกระบวนการผลิต

2.3.3 หาประสิทธิภาพ

3. ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา

4. วิธีการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา

การหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการหาข้อมูลแบบผสมผสานระหว่างข้อมูลเชิงคุณภาพกับข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้กระบวนการของการวิจัยและพัฒนาการหาประสิทธิภาพสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษา จึงมีวิธีการที่หลากหลายให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับประเภทของสื่อ สภาพแวดล้อมทางการเรียนและการจัดกิจกรรมการเรียน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีวิธีการหาประสิทธิภาพหลายวิธี แต่ละวิธีต่างก็มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าตัวเลขที่บ่งบอกถึงปริมาณที่แสดงว่าสื่อการสอนและนวัตกรรมการศึกษานั้น ๆ มีคุณภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายนั้น ๆ โดยอาจใช้เครื่องมือในการหาประสิทธิภาพเพียงประเภทเดียวหรือหลายประเภทก็ได้ เครื่องมือที่นิยมใช้ในการหาประสิทธิภาพ ได้แก่

1. แบบสอบถามชนิดตรวจสอบรายการ (Checklist)
2. แบบให้ข้อมูลสารสนเทศ (Identifying Information)
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test)
4. แบบสอบถามความคิดเห็น (Questionnaire)
5. การสังเกต/การสัมภาษณ์ (Observation/Interviewing)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องมีเครื่องมือวัด ซึ่งเครื่องมือวัดที่นิยมใช้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน ให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้และต่อการปรับปรุง พัฒนาการสอนของครู ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น คือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (ประไพ อุ่นอก, 2553, หน้า 13) และมีนักการศึกษาให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ในแนวเดียวกัน ดังนี้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540, หน้า 28) ให้ความหมาย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้เชิงวิชาการ มักใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เน้นการวัดความรู้ความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีตหรือสภาพปัจจุบันของแต่ละบุคคล

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, หน้า 96) ให้ความหมาย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการ ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สมบูรณ์ ดันยะ (2545, หน้า 143) ให้ความหมาย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์อาจจำแนกได้หลายอย่างตามเกณฑ์ในการจำแนก ได้แก่ จำแนกตามจุดมุ่งหมายการประเมิน และจำแนกตามลักษณะการสร้าง (ศิริชัย รัฐอนันต์พินิจ, 2542)

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำแนกตามจุดมุ่งหมายการประเมิน ได้แก่ แบบทดสอบอิงเกณฑ์ และแบบทดสอบอิงกลุ่ม

1.1 แบบทดสอบอิงเกณฑ์ เนื่องจากการประเมินแบบอิงเกณฑ์นั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์สัมบูรณ์ หรือเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้เรียน มุ่งประเมินว่าผู้เรียนสามารถหรือไม่สามารถทำอะไรได้บ้าง โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า มิได้เปรียบเทียบกับคะแนนของเพื่อน ดังนั้นการวัดแบบอิงเกณฑ์จะก่อให้เกิดการเรียนรู้แบบเกื้อกูลช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ดังนั้นข้อสอบอิงเกณฑ์จะต้องมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ข้อสอบแต่ละข้อต้องวัดพฤติกรรมที่บ่งบอกการเรียนรู้ที่ชัดเจน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นหลัก ข้อสอบอิงเกณฑ์ก็จะมีทั้งความตรงตามเนื้อหาตามพฤติกรรมที่จะวัดหรือตรงตามโครงสร้าง และจะตรงตามสภาพด้วย จากลักษณะที่สำคัญดังกล่าวนี้ แบบทดสอบอิงเกณฑ์จึงไม่เน้นในด้านความยากหรืออำนาจจำแนก การแปลคะแนนแบบอิงเกณฑ์ยึดหลักที่ว่าความสามารถของผู้เรียนจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้ ความหมายของคะแนนก็จะขึ้นอยู่กับระยะความแตกต่างระหว่างคะแนนของผู้เรียนกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตั้งแต่ต้น ผู้ใดมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ก็แสดงว่าได้เรียนรู้ในเรื่องนั้นๆ หรือมีความสามารถในการเรียนรู้นั้นแล้ว แต่ถ้าคะแนนของผู้เรียนยังต่ำกว่าเกณฑ์อยู่ ก็แสดงว่าผู้เรียนยังไม่บรรลุจุดประสงค์ของการเรียน

1.2 แบบทดสอบอิงกลุ่ม เนื่องจากการประเมินแบบอิงกลุ่มเป็นการประเมินที่ขึ้นกับเกณฑ์สัมพัทธ์ หรือเกณฑ์ที่ได้จากพฤติกรรมของกลุ่ม การประเมินลักษณะนี้มุ่งหาความแตกต่างระหว่างผู้เรียนเป็นสำคัญและเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้แบบแข่งขันระหว่างผู้เรียนด้วยกัน ไม่สามารถระบุได้ว่าผู้เรียนบรรลุตามจุดมุ่งหมายของการสอนที่ระบุไว้แต่แรกแล้วหรือไม่ คุณสมบัติที่ดีของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม จะต้องมีความจำแนกสามารถจำแนกกลุ่มนักเรียนได้อย่างเด่นชัด ดังนั้นข้อสอบแต่ละข้อจึงควรมีอำนาจจำแนกสูงมาก ๆ และโดยทั่วไปข้อสอบจะมีอำนาจสูงได้ก็ต่อเมื่อข้อสอบนั้นมีค่าความยากประมาณ .50 ดังนั้น ข้อกำหนดที่ตามมาคือ ต้องมีความยากง่ายพอเหมาะ

การแปลความหมายของคะแนนแบบอิงกลุ่มจะเป็นลักษณะของการนำเอาคะแนนของนักเรียนไปเปรียบเทียบกับคะแนนของคนอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน โดยคะแนนของทุกคนที่นำไปเปรียบเทียบกับนั้นต้องได้มาจากแบบทดสอบชุดเดียวกัน การแปลความหมายมักจะใช้คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มเป็นจุดหลักในการเปรียบเทียบ

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำแนกตามลักษณะการสร้าง สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ แบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง

2.1 แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่มีคุณภาพได้ผ่านการวิเคราะห์เป็น อย่างดีตามหลักการและกระบวนการสร้าง อีกทั้งมีการหาเกณฑ์ปกติไว้เพื่อการเปรียบเทียบและตีความหมายของคะแนนอีกด้วย

2.2 แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบที่ครูผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นเองเพื่อใช้ประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งใช้กันเป็นปกติในโรงเรียน

หลักการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบแบบวิชาคณิตศาสตร์

สมนึก ภักทิษณี (2544) ได้เสนอหลักการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบแบบวิชาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ลักษณะทั่วไป

การเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์มักนิยมใช้ 4 ตัวเลือกในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนิยมใช้ 5 ตัวเลือก ซึ่งตัวเลือกดังกล่าวจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน คู่มือเขียนจะเห็นว่า ทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักรวมกันน้อยต่างกัน

หลักในการสร้าง

หลักในการสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์ มี 13 ข้อ ดังนี้

1. เขียนตอนนำให้เป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ อาจจะใส่เครื่องหมายปริศนาต่อท้ายประโยค แต่ไม่ควรสร้างตอนนำเป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาต้องแง่หรือข้อความมาต่อกัน หรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2. เน้นเรื่องจะถามให้ชัดเจน ตรงจุด ไม่คลุมเครือ เพื่อไม่ให้นักเรียนไขว้เขว สามารถมุ่งความคิดในการตอบไปถูกทิศทาง (เป็นปรนัย) ไม่ต้องอ่านคำถาม คำตอบย้อนขึ้นย้อนลงหลายครั้ง

3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่สังคมมีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมได้หลาย ๆ ด้าน ไม่ใช่ถามเฉพาะความจำหรือความจริงตามตำรา หรือถามรายละเอียดเกินจำเป็นซึ่งไม่ใช่สาระสำคัญ แต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ จึงเรียกว่ามีคุณค่าต่อการวัด หรือการใช้ความพยายามในการเขียนตัวเลือกน้อยเกินไป กล่าวคือ เขียนเพียง 2 – 3 ตัว แล้วใช้ตัวเลือกเหล่านั้นซ้ำ ๆ กัน ทำให้เป็นข้อสอบที่ขาด

ประสิทธิภาพ ส่วนการถามในสิ่งที่ดีงามมีประโยชน์ จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้สิ่งที่ดีงามหรือเป็นแบบอย่างในทางที่ดี หรือเกิดคุณค่าในการปลูกฝังสิ่งที่สังคมยอมรับ ในทางตรงข้ามสิ่งใดไม่ดีก็ควรถามในแง่ไม่ดีหรือก่อให้เกิดโทษ

4. หลีกเลี่ยงคำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้น แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะ ปกตินักเรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถาม และตอบคำถามที่ถามกลับหรือปฏิเสธซ้อน ผิดมากกว่าถูก

5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้เป็นเงื่อนไขในการคิด ก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถาม จะช่วยให้คำถามรัดกุม ชัดเจนมากขึ้น บางครั้งการใช้คำฟุ่มเฟือยในตัวเลือก โดยไม่จำเป็น เช่น ใช้คำว่า (ยกเว้นคำที่แสดงเหตุผลหรือคำที่บ่งอาการนาม เช่น เพราะ การ ความ รวมทั้งหน่วยที่เกิดจากการคำนวณในทางคณิตศาสตร์ ไม่ถือว่าซ้ำซ้อนฟุ่มเฟือย)

6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพจน์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือมีทิศทางแบบเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน เช่น กล่าวถึงคำที่คำนวณ นิยาม วิธีการหาคำตอบ ประโยคสัญลักษณ์ในรูปแบบที่เหมือนกัน ช่วยให้การใช้ตัวถูก ตัวสวามีคุณค่ามากขึ้น

7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ คำตอบที่เป็นตัวเลข นิยมเรียงจากน้อยไปมาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาหาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก แต่ถ้าตัวเลือกมีหลายประเภทปะปนกัน เช่น มาก – น้อย ใกล้เคียง – ไกล หรือ ลดลง – เพิ่มขึ้น ไม่ควรใช้คำเหล่านี้สลับกัน แต่ควรเรียงกันเฉพาะภายในประเภทนั้น ๆ กรณีตัวเลือกเป็นข้อความทั่ว ๆ ไป ควรเรียงจากข้อความสั้นไปยาวตามลำดับ หรืออาจเรียงย้อนกลับกันก็ได้ ยกเว้นตัวเลือกประเภทข้อมูลเป็นระบบ หรือวงจรอยู่แล้ว ต้องเรียงตามระบบของสิ่งนั้น ตัวอย่างได้แก่ เวลา วัน เดือน ปี เช่น เกี่ยวกับวันต้องเรียงตามปฏิทิน คือ จันทร์ อังคาร พุธ พฤหัสบดี เป็นต้น ในเรื่องนี้ ผู้ออกข้อสอบมักกังวลว่า การเรียงข้อความในตัวเลือกจากสั้นไปยาวทุกข้อ ตัวถูกจะไปซ้ำ ๆ ติดกันในตัวเดียวกันมากเกินไป เช่น ข้อ ข ถูกติดกัน 3 – 4 หรือ 5 ตัว ซึ่งในความเป็นจริง ตัวถูกจะกระจายกันไปเอง หรือหากเป็นเช่นนั้นจริง ๆ สามารถแก้ไข โดยการเพิ่ม ลด เปลี่ยนคำ วลี จำนวน ฯลฯ ในตัวเลือกเหล่านั้น ตัวถูกก็กระจายไปเอง

8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม โดยทั่วไป เอกสารตำราเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล ได้เสนอแนะการใช้ตัวเลือกจากหัวข้อปลายเปิดและปลายปิด ดังนี้

9. ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้าย ใช้คำว่า สรุปแน่นอนไม่ได้ หรือ ผิดหมดทุกข้อ หรือ ข้อความเป็นอย่างอื่น แต่มีความหมายในทำนองเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าอาจมีคำตอบอื่น ๆ

ได้นอกเหนือจากตัวเลือกดังกล่าว โอกาสที่จะใช้ตัวเลือกแบบปลายเปิดนี้ ความเป็นคำถามเกี่ยวกับเรื่องราว หรือเหตุการณ์ที่ยังไม่มีผลสรุป หรือยังไม่มีข้อยุติแน่ชัด

1.10 ตัวเลือกปลายปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้าย ใช้คำว่า ถูกหมดทุกข้อ หรือข้อความเป็นอย่างอื่น แต่มีความหมายในทำนองเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าตัวเลือกต่าง ๆ ในข้อเดียวกันถูกหมดทุกข้อ

อนึ่ง การใช้ตัวเลือกปลายเปิด หรือปลายปิด มีเหตุผลที่สำคัญอีกประการที่ควรทราบ คือ

1) ถ้าใช้เป็นตัวเลือกในบางข้อ ต้องใช้เป็นตัวเลือกในบางข้อด้วย เพื่อป้องกันการเดา แต่ไม่ควรใช้เป็นตัวเลือกสุดท้ายทุกข้อ เพราะคล้ายกับผู้เขียนข้อสอบ ไม่มีความสามารถในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ

2) ในกรณีที่หาตัวเลือกยาก หรือหากเขียนก็ไม่มีคุณค่า หรือไม่มีน้ำหนัก หรือเห็นเด่นชัดว่าไม่ใช่ตัวเลือก

3) ใช้ในกรณีที่ต้องการให้ข้อสอบนั้น มีความยากหรือง่ายกว่าปกติ

4) ในบางเรื่อง คำตอบถูกหรือความรู้ที่นักเรียนควรจะได้รับมีหลายข้อหลายประเด็น จึงต้องใช้ตัวเลือกประเภทนี้ โดยเฉพาะแบบปลายปิด ซึ่งเป็นการฝึกความละเอียดถี่ถ้วนให้กับนักเรียน ไปพร้อมกัน

หมายเหตุ

1. ไม่ควรใช้ตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดในข้อเดียวกัน เพราะอาจมีโอกาเป็นตัวเลือก 1 ตัว ตัวผิด 1 ตัว หรือผิดทั้ง 2 ตัว
2. การเขียนข้อสอบทุกครั้ง ควรมีตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดรวมอยู่ด้วย ทั้งเป็นตัวถูกและตัวลวง เพื่อช่วยให้การเขียนข้อสอบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (หากไม่ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดผสมด้วย จะทำให้ตัวลวงบางตัวขาดคุณภาพ คือเห็นได้ชัดว่า ไม่มีโอกาสเป็นตัวเลือก นอกจากนี้ในการเขียนข้อสอบจริง ๆ จำเป็นต้องใช้ 2 ประโยคนี้เป็นตัวเลือกสุดท้ายทุกครั้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ)
3. ข้อสอบแบบตัวเลือกปลายเปิดและปลายปิดนี้ หากใช้ไม่ระวังหรือไม่เหมาะสม จะบ่งพร่องหลายประการ ทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้
4. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว บางครั้งผู้ออกข้อสอบเผอเรอ ไม่เข้าใจจริงของครูผู้สอนหรืออาจจะเกิดจากเขียนตัวลวงไม่รัดกุม จึงพิจารณาตัวลวงเหล่านั้นได้อีกแง่หนึ่ง ทำให้เกิดปัญหาสองแง่สองมุม
5. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา คือกำหนดตัวถูกหรือตัวผิดเพราะสอดคล้องกับความเชื่อของสังคม หรือตามความรู้สึกของคนบางกลุ่มย่อมไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจาก

การเรียนการสอนมุ่งให้นักเรียนเกิดความรู้ เห็นจริง และมีความคิดตามหลักวิชาเป็นสำคัญ จะนำความเชื่อหรือโชคลาง หรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้

6. เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน คืออย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง เป็นส่วนหนึ่งหรือส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง มักจะถามเกี่ยวกับระดับสูง – ต่ำ ขนาดมาก – น้อย หรือเพิ่มขึ้น – ลดลง เป็นต้น

7. ข้อความหรือรูปภาพต้องสอดคล้องกับความเป็นจริงหรือเหมาะสมกับเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ในบางครั้งการเขียนคำถามหรือการเขียนภาพไม่ถูกต้องหลักการที่ควรจะเป็น ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนในการหาคำตอบ

8. อย่าแนะคำตอบ มีหลายกรณี ดังนี้

8.1 คำถามข้อหลัง ๆ แนะนำคำตอบข้อแรก ๆ (หรือคำถามข้อแรก ๆ แนะนำคำตอบข้อหลัง ๆ) เพราะจะกลายเป็นข้อสอบเฉลยคำตอบกันเอง ดังนั้น ก่อนนำข้อสอบไปใช้ ควรมีการตรวจสอบให้เรียบร้อยก่อน โดยเฉพาะข้อสอบที่มีกรรมการร่วมกันออกหลายคน

8.2 ถามในเรื่องที่นักเรียนคล่องปาก โดยเฉพาะคำถามประเภทที่ครูผู้สอนฝึกให้นักเรียนจำหรือเรื่องที่นักเรียนเรียนผ่านมาแล้ว จะจำได้โดยอัตโนมัติแทบไม่ต้องคิด

8.3 ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างไม่ได้ชัด นักเรียนที่ไม่มีความรู้ก็อาจจะเดาได้ถูก

8.4 ข้อความของตัวถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก ทำให้ข้อความนั้นไม่มีความหมาย และเป็นการเฉลยคำตอบโดยไม่รู้ตัว

8.5 เขียนตัวถูกหรือตัวลวง ซึ่งถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป จะทำให้นักเรียนสังเกตเห็นได้ชัดเจน จนกลายเป็นการแนะคำตอบ

8.6 คำตอบไม่กระจาย คือข้อสอบที่มีตัวถูกซ้ำ ๆ กันหรือผลัดเวียนกันไปเป็นช่วง ๆ การกำหนดเช่นนี้จะทำให้ข้อสอบเสียคุณภาพ นักเรียนอาจจะเดาได้โดยไม่ต้องใช้ความคิด ดังนั้นควรกระจายคำตอบออกไปทุก ๆ ตัวเลือก โดยมีอัตราส่วนเกือบเท่า ๆ กัน และควรสลับตัวถูกอย่างไม่เป็นระบบ เช่น ถ้ามีข้อสอบ 100 ข้อ แบบ 5 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกก็ควรเป็นตัวถูกประมาณ 20 ตัว โดยสลับตัวถูก และวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้คำตอบกระจายสลับกันอย่างไม่เป็นระบบ ก็คือ เรียงข้อความของทุกตัวเลือกในแต่ละข้อจากสั้นไปยาว และหากตัวเลือกใดเป็นตัวถูกซ้ำ ๆ ติดกันมาก ๆ ก็ลด เพิ่ม เปลี่ยนคำ พยางค์ วลี จำนวน ฯลฯ จะทำให้ตัวถูกกระจายและสลับกันอย่างไม่เป็นระบบ ดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 7

การหาประสิทธิภาพสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา

เผชิญ กิจระการ (2544) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพสื่อและนวัตกรรมการศึกษา ไว้ดังนี้

การหาประสิทธิภาพสื่อและนวัตกรรมการศึกษา มีกระบวนการสำคัญอยู่ขั้นตอนอยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ การหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) และ การหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) ทั้งสองวิธีนี้ควรทำควบคู่กันไป จึงจะมั่นใจได้ว่าสื่อและนวัตกรรมการศึกษาที่ผ่านกระบวนการหาประสิทธิภาพจะเป็นที่ยอมรับได้

การหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach)

วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพสื่อ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI), บทเรียน โปรแกรม, ชุดการสอน, แบบฝึกทักษะ เป็นต้น ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการเรียน หรือแบบทดสอบย่อย โดยแสดงเป็นค่าตัวเลข 2 ตัว เช่น $E_1/E_2 = 80/80$, $E_1/E_2 = 85/85$, $E_1/E_2 = 90/90$ เป็นต้น

เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ ในที่นี้จะยกตัวอย่าง $E_1/E_2 = 80/80$ ดังนี้

1. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนการหาค่า E_1 และ E_2 ใช้สูตรดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{A}$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum x$ แทน คะแนนของแบบฝึกหัดหรือของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชุดรวมกัน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{N} \times 100}{B}$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum x$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. เกณฑ์ 80/ 80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้น ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/ 80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน โดยเทียบกับคะแนนที่ทำได้ก่อนการเรียน (Pretest)

4. เกณฑ์ 80/ 80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูก มีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูก มีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่า ข้อไม่มีประสิทธิภาพ และชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง)

การกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใด ควรกำหนดไว้ก่อนว่าในครั้งนี้จะให้มาตรฐานหรือเกณฑ์มาตรฐานเท่าใด และ E_1 ควรสูงกว่า E_2 โดยยึดเกณฑ์ในการกำหนด ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ ควรตั้งเกณฑ์ให้สูงไว้ คือ 80/80, 85/85, 90/90.
2. เนื้อหาวิชาที่เป็นทักษะหรือเจตคติ ควรตั้งเกณฑ์ให้ต่ำลงมาเล็กน้อย คือ 70/70, 75/75 แต่อาจตั้งเกณฑ์สูงกว่านี้ก็ได้

การยอมรับประสิทธิภาพ

1. สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 70/70 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพแบบเรียนได้ 75/75
2. เท่ากับเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้พอดี เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 70/70 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพแบบเรียนได้ 70/70
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1/E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5 %

ส่วนแนวคิดในการหาประสิทธิภาพที่ควรคำนึง มีดังนี้

1. สื่อการเรียนการสอน ที่สร้างขึ้นต้องมีการกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อการเรียนการสอนอย่างชัดเจนและสามารถวัดได้

2. เนื้อหาของบทเรียนที่สร้างขึ้นต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์เนื้อหาตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน

3. แบบฝึกหัดและแบบทดสอบต้องมีการประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา ตามวัตถุประสงค์ของการสอนที่ได้วิเคราะห์ไว้ ส่วนความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบควรมีการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้กำหนดค่าน้ำหนักของคะแนนในแต่ละข้อคำถาม

4. จำนวนแบบฝึกหัดต้องสอดคล้องกับจำนวนของวัตถุประสงค์ และต้องมีแบบฝึกหัดและข้อคำถามในแบบทดสอบครอบคลุมทุกจุดประสงค์ของการสอน จำนวนแบบฝึกหัดและข้อคำถามในแบบทดสอบไม่ควรน้อยกว่าจำนวนวัตถุประสงค์

จะเห็นได้ว่า การกำหนดหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนการสอนนี้ เป็นผลรวมของการหาคุณภาพ (Quality) ทั้งเชิงปริมาณที่แสดงเป็นตัวเลข (Quantitative) และเชิงคุณภาพ (Qualitative) ที่แสดงเป็นภาษาที่เข้าใจได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตบูลีนมีงานวิจัยที่ใช้เป็นแนวทาง ดังนี้

ปริญญญา จุฬารัตน์ (2543) เขียนโปรแกรมการออกแบบวงจรดิจิทัล โดยใช้โปรแกรมวิซวลเบสิกในการพัฒนา โดยโปรแกรมจะครอบคลุมการออกแบบวงจรทุกรูปแบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่หนึ่ง คือ การออกแบบวงจรคอมบินชันนอล มีการรับค่าได้ 3 รูปแบบ คือ การรับค่าจากตารางความจริง แผนผังคาร์โนห์และสวิตชิงฟังก์ชัน ส่วนที่สองคือการออกแบบวงจรซีเควนเชียล ทั้งแบบของมอร์และมิลล์ ผลที่ได้จากโปรแกรมจะอยู่ในรูปสมการบูลีนที่ลดรูป ซึ่งสามารถที่จะนำไปเขียนเป็นวงจรเพื่อใช้งานได้จริง

อุไรรัตน์ มากจันทร์ (2550) พัฒนาชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์วิชาดิจิทัลเบื้องต้น เรื่อง ระบบตัวเลข ลอจิกเกต และพีชคณิตบูลีน สำหรับนักศึกษาหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจากชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อคุณภาพจากชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์วิชาดิจิทัล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิทยาการสารสนเทศ ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2550 มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) ชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์วิชาดิจิทัลเบื้องต้น เรื่อง ระบบตัวเลข ลอจิกเกต และพีชคณิตบูลีน จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ หน่วยที่ 1 เรื่อง ระบบตัวเลขและรหัส

หน่วยที่ 2 เรื่อง ลอจิกเกตและชนิดของลอจิก หน่วยที่ 3 เรื่อง พีชคณิตบูลีน (2) แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และ (3) แบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษา ผลการวิจัย พบว่า (1) ชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาทั้ง 3 หน่วย มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 85/ 85 คือ 83.22/ 86.67, 84.44/ 85.56, 82.22/83.33 ตามลำดับ (2) นักศึกษาที่เรียนจากชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายมีความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักศึกษามีความคิดเห็นต่อคุณภาพชุดการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในระดับเหมาะสมมาก

ศิริโรจน์ คงมาชีพ (2546) สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การลดรูปสมการและวงจรลอจิก ในรายวิชาดิจิทัลเทคนิค หลักสูตรประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีสอน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การลดรูปสมการและวงจรลอจิก กับวิธีการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี 2 อ.บ้านโป่ง จ.ราชบุรี จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การลดรูปสมการและวงจรลอจิก ในรายวิชาดิจิทัลเทคนิค หลักสูตรประกาศนียบัตรชั้นสูง (ปวส.) ผลการศึกษาวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.88: 80.63 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 80: 80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีสอน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับวิธีการสอนปกติ ไม่แตกต่างกัน

ณัชชา กมล (2548) พัฒนาร่างกรอบแสดงลักษณะการคิดเชิงพีชคณิตสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 จำนวน 24 คน เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ ผลการวิจัย พบว่า ในแต่ละตัวบ่งชี้ นักเรียนแสดงลักษณะการคิดครบทั้ง 4 ระดับ และลักษณะการคิดดังกล่าวยังตรงกับการจัดระดับการคิดของ Biggs และ Collis ที่ระบุไว้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีระดับการคิดในระดับเดียวกันทั้งสามตัวบ่งชี้ ซึ่งทำให้เห็นว่ากรอบแสดงลักษณะการคิดที่ได้สามารถนำไปอธิบายการคิดเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้ และจากการศึกษายังพบว่า นักเรียนทั้งสามชั้นมีระดับการคิดเชิงพีชคณิตต่างกันเพียงเล็กน้อย

พรรณทิพา พรหมรักษ์ (2552) พัฒนาระบบการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวางแผนทั่วไป เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยพิจารณาจากความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 79 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิต และแบบวัดความสามารถในการสื่อสาร

ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า (1) กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการสร้างความสัมพันธ์ ขั้นการปฏิบัติกิจกรรม ขั้นการสร้างข้อสรุป และขั้นการประยุกต์ความรู้ (2) ผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น คือ

(1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วยกระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วราภรณ์ เสาวะพาน (2546) พัฒนาคณิตศาสตร์ เรื่อง เซตและการให้เหตุผล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนธัญญาพัฒนาวิทย อำเภออมลาลาย จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เซตและการให้เหตุผล ผลการศึกษา พบว่า (1) ประสิทธิภาพของบทเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เซตและการให้เหตุผล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่าประสิทธิภาพ 88.88/ 88.05 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังใช้บทเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เซตและการให้เหตุผล สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เสรี ชีโนคม (2521) สร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง “ตรรกศาสตร์เบื้องต้น” สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2520 ของโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนแบบโปรแกรมและแบบสอบหลังการเรียน บทเรียน พบว่า บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ 96.90/82.88

สุกัญญา สีส (2546) ได้สร้างบทเรียน โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และเพื่อให้บทเรียนโปรแกรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนโพธิ์สัมพันธ์พิทยาคาร อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค102 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโปรแกรมเรื่อง โจทย์ปัญหาสมการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และแบบทดสอบท้าย

บทเรียน พบว่า บทเรียนโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาสมการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 91.43/86.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

มาริณี มหาวงษ์ (2549) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมการเรียนรู้ เรื่อง ตรรกศาสตร์และพีชคณิตบูลีน วิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาบริหารธุรกิจ ตามหลักสูตรกรมอาชีวศึกษา (พุทธศักราช 2546) กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่จบการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาวิชาบริหารธุรกิจ ประเภทวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ รหัสวิชา 3204-2002 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 วิทยาลัย พณิชยการอินทราชัย จำนวนทั้งหมด 44 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมการเรียนรู้ เรื่อง ตรรกศาสตร์และพีชคณิตบูลีน วิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.97/82.21 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมิน 80/80 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

อรอุมา กลิ่นโลกย์ (2549) ได้สร้างบทเรียนสำหรับการสอนคณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็น โดยใช้สถานการณ์จำลองที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 66 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินพฤติกรรม และแบบสอบถามวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เรียนโดยใช้สถานการณ์จำลองที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94.10/75.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70