

ประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต
กรณีศึกษากับนักเรียนพิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
ในโรงเรียนสอนคนตาบอด



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (งานบริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ)
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

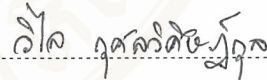
ประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต
กรณีศึกษากับนักเรียนพิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
ในโรงเรียนสอนคนตาบอด



นายเจน ชัยเดช
ผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมพา ขจรธรรม, ปช.ด.
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



รองศาสตราจารย์วิไล กุศลวิเศษกุล, วท.ม.
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม



ศาสตราจารย์บรรจง มไหสวริยะ,
พ.บ., ว.ว. ออร์โทปิดิกส์
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล



ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจพร ศักดิ์ศิริ, Ph.D.
ประธานหลักสูตร
ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการ
ฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ
วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพการใช้กระดานรขาคณิตเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุรขาคณิต
กรณีศึกษากับนักเรียนพิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
ในโรงเรียนสอนคนตาบอด

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (งานบริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ)

วันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2554

นายเจน ชัยเดช

ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ฉลอง บุญญานันต์, Ph.D.
ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมพ์ ขจรธรรม, ปช.ด.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์วีระแมน นิยมพล, Ph.D.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์บรรจง มไหสวริยะ,
พ.บ., ว.ว. ออร์โทปิดิกส์
คณบดี
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์วิไล กุศลวิศิษฐ์กุล, วท.ม.
กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิมพ์ ขจรธรรม,
ปช.ด.
คณบดี
วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2552-2553 ซึ่งผู้วิจัยได้รับประสบการณ์และเรียนรู้กระบวนการวิจัยและนำความรู้ ประสบการณ์มาประยุกต์ผสมผสานกัน เพื่อดำเนินการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ การสำเร็จลุล่วงครั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิมพา ขจรธรรม รองศาสตราจารย์ วิไล กุศลวิศิษฐ์กุล อาจารย์ วีระแมน นิยมพล และรองศาสตราจารย์ ดร. นลอง บุญญานันต์ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำงานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณมูลนิธิราชกรีฑาสโมสร มูลนิธิการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสารที่สนับสนุนทุนการศึกษาของผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบญจพร ศักดิ์ศิริ ที่เป็นผู้ให้แนวความคิด และเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะครูและนักเรียนจากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทั้งหลายที่ให้การเลี้ยงดู ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และสนับสนุนผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

เจน ชัยเดช

ประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต: กรณีศึกษากับนักเรียนพิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสอนคนตาบอด

EFFICIENCY OF USING GEOBOARD COMPARE WITH GEOMETRIC TACTILE MATERIALS:
CASE STUDY OF FIFTH GRADE STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT AT SCHOOL FOR
THE BLIND

เจน ชัยเดช 5037402 RSRS/M

ศศ.ม. (งานบริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : พิมพา ขจรธรรม, ปช.ด., วิไล กุศลวิศิษฐ์กุล, วท.ม.

บทคัดย่อ

นักเรียนพิการทางการเห็นขาดแคลนสื่อและอุปกรณ์ในการเรียนเรขาคณิต ทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจในวิชาเรขาคณิต ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนากระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตของครูและนักเรียนพิการทางการเห็น โดยมีผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นครู 2 คนและนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 22 คน จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) ทั้งสองกลุ่มเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยในวันแรกเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม นักเรียนกลุ่มที่ 1 ใช้กระดานเรขาคณิต กลุ่มที่ 2 ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต และในวันที่สองเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม นักเรียนกลุ่มที่ 1 ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต กลุ่มที่ 2 ใช้กระดานเรขาคณิต หลังจากจบบทเรียนแต่ละบทนักเรียนทำแบบทดสอบชนิด 4 ตัวเลือก ผลการวิจัยสรุปได้ว่า คะแนนจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} > 0.05$) และคะแนนจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม กลุ่มที่เรียนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value} = 0.032$) ครูมีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดและพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลาง นักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตมากกว่าสื่อวัสดุเรขาคณิต

คำสำคัญ : พิการทางการเห็น / กระดานเรขาคณิต / สื่อวัสดุเรขาคณิต

EFFICIENCY OF USING GEOBOARD COMPARE WITH GEOMETRIC TACTILE MATERIALS: CASE STUDY OF FIFTH GRADE STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT AT SCHOOL FOR THE BLIND

JANE CHAIYADECH 5037402 RSRS/M

M.A. (REHABILITATION SERVICE FOR PERSONS WITH DISABILITIES)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: PIMPA KACHONDHAM, Ph.D.,
WILAI KUSOLVISITKUL, M.Sc.

ABSTRACT

The lack of educational aids and materials for students with visual impairment is known to be the cause of students' decreased comprehension in learning geometry. The purpose of this research was to develop and study the use of a special type of geoboard for students with visual impairment in order to reduce that limitation. The methodology of the research was designed to compare learning achievements between using this geoboard and traditional geometric tactile materials in learning geometry. In addition, the satisfaction level of using the geoboard and geometric tactile materials were also surveyed from students and teachers from schools for the blind.

The participants in this study were two teachers and 22 visually impaired fifth grade students who studied during the 2010 academic year at Bangkok School for the Blind and Southern School for the Blind. The researcher divided the students into two groups by using the simple random sampling technique. Both groups studied two geometry topics: types of quadrilaterals and types of triangles. To evenly compare the achievement of both teaching aids, lessons were conducted on two different days and teaching aids were presented in reverse order. The lesson on types of quadrilaterals was taught to the first group using the geoboard, followed by the second group using geometric tactile materials on the first day. To reverse the sequence of teaching, the lesson on types of triangles was taught to the first group using geometric tactile materials followed by the second group using the geoboard on the second day. A multiple choice test was given after each session.

The results of the study revealed that there was no significant difference between geoboard users and geometric tactile materials users for the types of quadrilaterals lesson ($P\text{-value} > 0.05$). However, geoboard users had a significantly higher level of achievement than geometric tactile materials users for the types of triangles lesson ($P\text{-value} = 0.032$). The satisfaction level of teachers using the geoboard was found to be at the highest level and geometric tactile materials was at the medium level. Furthermore, the students were more satisfied using the geoboard than using the geometric tactile materials.

KEY WORDS : VISUAL IMPAIRMENT / GEOBOARD / GEOMETRIC /
TACTILE MATERIALS

142 pages

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 คำถามงานวิจัย	4
1.4 สมมุติฐานการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.6 นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ลักษณะและความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็น	8
2.2 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น	18
2.3 คณิตศาสตร์กับนักเรียนพิการทางการเห็น	23
2.4 หลักการและทฤษฎีสื่อการสอน	25
2.5 สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น	30
2.6 วิธีการสอนคณิตศาสตร์โดยการใช้สื่อสัมผัสสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น	41
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	47
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การสร้างและพัฒนากระดานเรขาคณิต	52
3.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	52
3.5 ขั้นตอนการวิจัย	55
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล	57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมระหว่างกลุ่ม ที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต	59
4.2 ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียน	61
4.3 ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยมของครูผู้สอน	65
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	69
5.2 อภิปรายผล	70
5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย	72
5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป	73
บทสรุปแบบสมบูรณ์ภาษาไทย	74
บทสรุปแบบสมบูรณ์ภาษาอังกฤษ	87
บรรณานุกรม	101
ภาคผนวก	104
ประวัติผู้วิจัย	142

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
3.1	การจัดกลุ่มนักเรียนเพื่อเรียนบทเรียนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต	56
4.1	ผลการทดสอบการแจกแจงด้วยสถิติทดสอบ Klomogorov-Smirnov จากแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม	59
4.2	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทำแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมระหว่างการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต	60
4.3	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทำแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสามเหลี่ยม ระหว่างการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต	60
4.4	จำนวน และ ร้อยละ ของนักเรียนตามระดับความคิดเห็นที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิต จำแนกรายข้อคำถามความพึงพอใจ	62
4.5	จำนวน และ ร้อยละ ของนักเรียนตามระดับความคิดเห็นต่อการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต จำแนกรายข้อคำถามความพึงพอใจ	63
4.6	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต	64
4.7	ระดับความคิดเห็นของครูจำนวน 2 คนที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำแนกตามรายข้อคำถามความพึงพอใจ	66
4.8	ระดับความคิดเห็นของครูจำนวน 2 คนที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำแนกตามรายข้อคำถามความพึงพอใจ	67

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.1	กระดานเรขาคณิต	6
2.1	สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์ ATH Number line	31
2.2	สื่อสัมผัส Geomerty teaching aid	32
2.3	สื่อสัมผัส Geoboard	33
2.4	สื่อสัมผัส Fractional parts	33
2.5	แผ่นตารางแบบพลาสติกพร้อม Wicky Stick	34
2.6	แผ่นตารางแบบไม้	34
2.7	กระดานติดแถบแม่เหล็กพร้อมแท่งแม่เหล็ก	35
3.1	กระดานเรขาคณิต	48
3.2	สื่อวัสดุเรขาคณิตรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่างๆ	49
3.3	สื่อวัสดุเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

การจัดการศึกษาสำหรับคนพิการจัดขึ้นตามพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 ซึ่งกำหนดให้คนพิการมีสิทธิได้รับการศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตั้งแต่แรกเกิดหรือเมื่อพบความพิการจนตลอดชีพ พร้อมทั้งได้รับเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา และยังมีสิทธิได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐานและประกันคุณภาพการศึกษา รวมทั้งการจัดหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ การทดสอบทางการศึกษา ที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการแต่ละประเภทและบุคคล การจัดการศึกษาสำหรับเด็กพิการทางการเห็นในประเทศไทยมีการจัดการศึกษาหลายรูปแบบ เช่น การจัดการศึกษาในโรงเรียนเฉพาะความพิการ การจัดการศึกษาแบบเรียนร่วม เป็นต้น โดยใช้หลักสูตรเดียวกันกับเด็กทั่วไป (ผดุง อารยะวิญญู, 2542:78) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ได้แก่ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ สังคมวิทยา ศาสนาและวัฒนธรรม สุขศึกษาพลศึกษา ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งจัดแบ่งหลักสูตรเป็นช่วงชั้นคือ ช่วงชั้นที่ 1 เป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2 เป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3 เป็นระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และช่วงชั้นที่ 4 เป็นระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4-6

จากหลักสูตรนี้แสดงให้เห็นว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งในกลุ่มสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่เด็กทุกคนต้องได้รับการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นเด็กทั่วไปหรือเด็กพิการก็ตาม ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์มีทั้งสัญลักษณ์ รูปภาพ รวมทั้งกระบวนการคิด เป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรมสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ความเข้าใจในสิ่งที่ป็นนามธรรมของนักเรียนพิการทางการเห็นแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปเป็นอย่างมาก แต่ความเข้าใจในสิ่งที่ป็นรูปธรรม ไม่แตกต่างกัน (Ostad 1989, ชูชีพ อ่อน โกลสูง, 2527: 114) เนื่องมาจากนักเรียนพิการทางการเห็นขาดการรับรู้ด้วยการเห็น ทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นบางอย่างในการเรียนรู้ จากการสำรวจของ Cahill และคณะ (1996) ในประเทศเบลเยียมและไอร์แลนด์พบว่า นักเรียนพิการทางการเห็นส่วนใหญ่เข้าถึงรูปภาพทาง

คณิตศาสตร์ เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพต่างๆ ได้น้อย ซึ่งอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น แผนภาพและรูปภาพมีความซับซ้อน ขาดการออกแบบสื่อสัมผัสที่ดี นักเรียนขาดทักษะการสัมผัส เป็นต้น

เรขาคณิตเป็นแขนงหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์และเป็นวิชาที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง เส้น มุม การวัดพื้นที่ และปริมาตร ส่วนที่กล่าวถึงรูปบนพื้นราบ เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสามเหลี่ยม รูปจัตุรัสและวงกลม เรียกว่า เรขาคณิต ส่วนที่กล่าวถึงรูปทรง เช่น ลูกบาศก์ ทรงกลม กรวยกลม และกรวยเหลี่ยม (พีระมิด) เรียกว่า เรขาคณิตสามมิติ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 6, 2533) การจัดการศึกษาในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นจะจัดตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยจัดนักเรียนพิการทางการเห็น 7-10 คนต่อหนึ่งห้อง ซึ่งสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นดังกล่าวมีจำนวน 3 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ การเรียนการสอนเรขาคณิตในโรงเรียนสอนคนตาบอดส่วนใหญ่ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต เช่น วัสดุกระดาษแข็งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วัสดุพลาสติกรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น ซึ่งสื่อวัสดุเรขาคณิตมีรูปร่างคงที่ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปร่างได้ นอกจากนี้การใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตทำให้การสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นมีลักษณะเป็นนามธรรม เช่น ด้านนี้ มุมนี้ เป็นต้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นที่เป็นแบบรูปธรรม(Dion และคณะ, 2000) ครูผู้สอนจึงต้องอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนการสอน

จากการสัมภาษณ์นายจักกริช ดวงแป้น ซึ่งเป็นนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้พบว่า การเรียนการสอนรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้สื่อวัสดุรูปสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม นักเรียนเรียนรู้ด้วยการสัมผัสและขาดการสร้างรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมที่เป็นการเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนขาดความเข้าใจในคุณสมบัติของรูปเรขาคณิต

กระดานเรขาคณิต(geoboard) เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ประกอบการสอนเรขาคณิต มีลักษณะเป็นแผ่นกระดานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เจาะรูบนแผ่นตามจุดตัดกันของเส้นโครงตาข่าย(grid line) การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉากลงไปในรูและใช้เส้นยางคล้องระหว่างรู ซึ่ง Britton, Stump(2001) Cahill และคณะ(1996) Piggott และคณะ(2006) Trafton, Hartman(1997) เสนอแนะวิธีการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตสำหรับนักเรียนทั่วไป นอกจากนี้โรงเรียนสอนคนตาบอดแห่งรัฐเท็กซัส(Texas school for the blind and visually impaired)(1997)และ Klingenberg(2007)เสนอแนะวิธีการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น อย่างไรก็ตามกระดานเรขาคณิตดังกล่าวไม่สามารถบันทึกตำแหน่งที่ใช้

สร้างรูปเรขาคณิตไว้ได้ ซึ่ง เจน ชัยเดชและสุปราณี ศรีสวัสดิ์(2552) ได้ออกแบบและปรับปรุง กระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น โดยออกแบบเป็นกระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูเป็นรูปวงกลม มีอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษกำกับแต่ละรูเพื่อกำหนดตำแหน่งในการสร้างรูปเรขาคณิตและสามารถบันทึกตำแหน่งต่างๆเป็นอักษรเบรลล์ได้ การใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตยังช่วยให้การสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนมีลักษณะเป็นรูปธรรม สามารถระบุตำแหน่งของรูเป็นตัวอักษร รวมทั้งนักเรียนพิการทางการเห็นสามารถสร้างรูปเรขาคณิตได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการเสริมสร้างจินตนาการของผู้เรียนอีกด้วย

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จาก กระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น เพื่อแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้เรขาคณิตโดย ผู้วิจัยมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของกระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต ซึ่ง ผลการวิจัยครั้งนี้อาจนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสอนและพัฒนาสื่อคณิตศาสตร์อื่นๆ สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นได้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1.2.2 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

1.3 คำถามงานวิจัย

1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นด้วยวิธีการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่าวิธีการสอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตหรือไม่

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นด้วยวิธีการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่าวิธีการสอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตหรือไม่

1.3.3 ความพึงพอใจของนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเป็นอย่างไร

1.3.4 ความพึงพอใจของครูผู้สอนในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเป็นอย่างไร

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

1.4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1.4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1.4.3 ความพึงพอใจของนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมมากกว่าการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1.4.4 ความพึงพอใจของนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมมากกว่าการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1.5.1 กลุ่มประชากร

ประชากรที่ศึกษาในการวิจัยนี้เป็นนักเรียนพิการทางการเห็น อายุระหว่าง 10-15 ปีและกำลังศึกษาอยู่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็น ที่จัดการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 แห่ง ได้แก่

โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.5.2 ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรต้นในการวิจัยนี้คือ วิธีการสอนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต

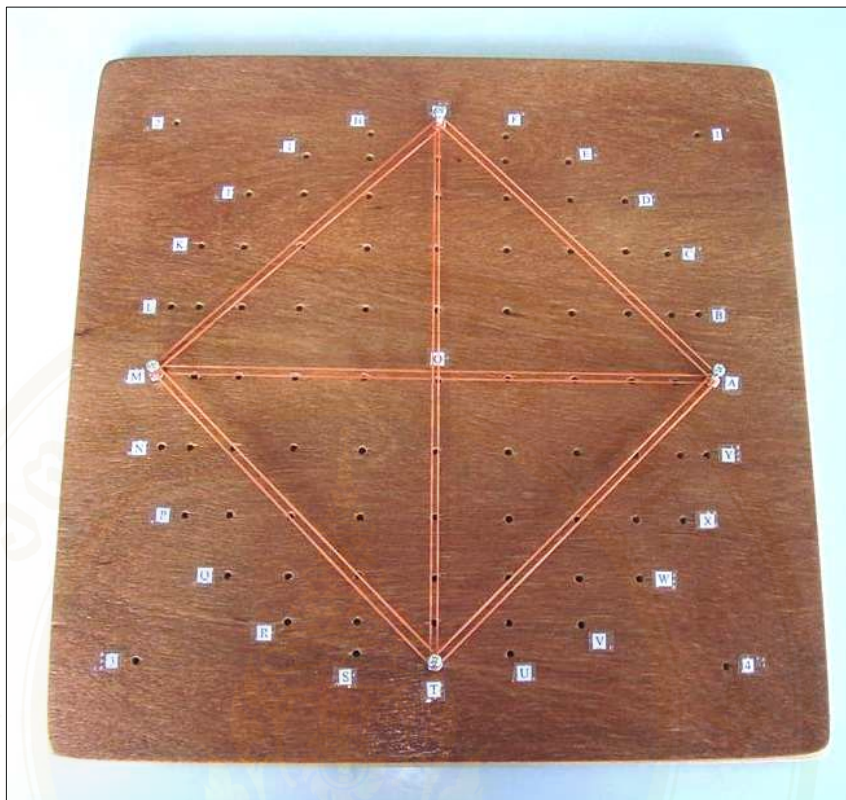
ตัวแปรตามในการวิจัยนี้คือ

(1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งวัดผลเป็นคะแนนที่ตอบได้ถูกต้องจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

(2) ความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

1.6 นิยามคำศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

1.6.1 กระดานเรขาคณิต(geoboard) หมายถึง กระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูเป็นรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว จำนวน 24 รู แต่ละรูทำมุมห่างกัน 15 องศา ภายในวงกลมมีรูที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงตามแนวตั้งและแนวนอนและมีรูที่มุมทั้งสี่ของกระดาน รูที่อยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมและรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมมีอักษรปกติและอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตั้งแต่ตัว A จนถึงตัว Y กำกับไว้ โดยรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมเป็นตัว O ส่วนรูที่มุมทั้งสี่มีตัวเลขปกติและอักษรเบรลล์ตัวเลข 1-4 กำกับไว้ ซึ่งเป็นกระดานที่ผู้วิจัยและคณะได้พัฒนาขึ้น



รูปที่ 1.1 กระดานเรขาคณิต

1.6.2 สื่อวัสดุเรขาคณิต หมายถึง สื่อวัสดุรูปเรขาคณิตที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น ซึ่งผลิตจากกระดาษแข็ง และมีขนาดที่มือทั้งสองข้างของนักเรียนพิการทางการเห็นสามารถสำรวจได้หมดในคราวเดียวกัน

1.6.3 นักเรียนพิการทางการเห็น หมายถึง นักเรียนที่มีระดับการมองเห็นตั้งแต่ 6/60 เมตร ลงไปจนไม่เห็นแสง และกำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทั้ง 2 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.6.4 บทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม หมายถึง บทเรียนคุณสมบัติและการจำแนกรูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในบทเรียนเรื่องสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมที่บรรจุอยู่ในสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 2 (ประถมศึกษาปีที่ 4-6) ตามหลักสูตรสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2544

1.6.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิต หมายถึง คะแนนที่นักเรียนพิการทางการเห็นตอบได้ถูกต้องจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรขาคณิตของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 1.7.1 ได้แนวทางการพัฒนาวิธีการสอนเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 1.7.2 ได้แนวทางในการพัฒนาสื่อคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 1.7.3 ได้เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษาที่สะดวก ใช้งานง่าย รวมทั้งช่วยลดขั้นตอนการเตรียมสื่อของครูผู้สอน

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมจากเอกสาร หนังสือและวารสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.1 ลักษณะและความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็น
- 2.2 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 2.3 ความคิดเห็นกับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 2.4 หลักการและทฤษฎีสื่อการสอน
- 2.5 สื่อสัมผัสคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 2.6 วิธีการสอนคอมพิวเตอร์โดยการใช้สื่อสัมผัสสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะและความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็น

2.1.1 คำจำกัดความของคนพิการทางการเห็น

องค์การอนามัยโลก(World health organization: WHO) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับคนที่มีความพิการทางการเห็น ไว้ดังนี้

- (1) คนสายตาสปกติ (normal vision) คือ คนที่มีระดับการมองเห็นได้ชัดระหว่าง 6/6 ถึง 6/18 ในสายตาข้างที่ได้รับการแก้ไขแล้ว
- (2) คนที่มองเห็นเลือนราง (low vision) คือคนที่มีระดับการมองเห็นได้ชัดตั้งแต่ 3/60 ขึ้นไป แต่น้อยกว่า 6/18 หรือลานสายตาไม่น้อยกว่า 20 องศา ในสายตาข้างที่ได้รับการแก้ไขแล้ว
- (3) คนตาบอด (blind) คือคนที่มีระดับการมองเห็นได้ชัดน้อยกว่า 3/60 หรือลานสายตาแคบกว่า 10 องศาในสายตาข้างที่ได้รับการแก้ไขแล้ว

ในประเทศไทย ให้คำจำกัดความของคนพิการทางการเห็นตามกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ พ.ศ. 2534 ว่า

(ก) คนที่มีสายตาข้างที่ดีกว่า เมื่อใช้แว่นสายตาธรรมดาแล้วมองเห็นน้อยกว่า 6/18 หรือ 20/70 ลงไปจนมองไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง หรือ

(ข) คนที่มีลานสายตาแคบกว่า 30 องศา

กระทรวงศึกษาธิการได้ให้คำจำกัดความของคนพิการทางการเห็นหรือคนบกพร่องทางการเห็น เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและการจัดการศึกษาไว้ว่า

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการเห็น หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็นตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงตาบอดสนิท อาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

(1) คนตาบอด หมายถึง คนที่สูญเสียการเห็นมากจนต้องสอนให้อ่านอักษรเบรลล์หรือใช้วิธีการฟังเทปหรือแผ่นเสียง หากตรวจวัดความชัดของสายตาข้างดีเมื่อแก้ไขแล้วอยู่ในระดับ 6/60 เมตรหรือ 20/200 ฟุตลงมาจนถึงตาบอดสนิท หรือมีลานสายตาแคบกว่า 20 องศา

(2) คนเห็นเลือนราง หมายถึง คนที่สูญเสียการเห็น แต่ยังสามารถอ่านอักษรตัวพิมพ์ที่ขยายใหญ่ได้ หรือต้องใช้แว่นขยายอ่าน หากตรวจวัดความชัดของสายตาข้างดีเมื่อแก้ไขแล้วอยู่ในระดับระหว่าง 6/18 เมตรหรือ 20/70 ฟุตถึง 6/60 เมตรหรือ 20/200 ฟุตหรือมีลานสายตาแคบกว่า 30 องศา

ผดุง อารยะวิญญู(2542:75)ให้คำจำกัดความนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็น หมายถึงนักเรียนพิการทางการเห็นหรือนักเรียนพิการทางการเห็นบางส่วน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

(1) นักเรียนพิการทางการเห็น หมายถึง นักเรียนที่มีสายตาเหลืออยู่น้อยมาก หรือไม่มีเลยแม้จะได้รับการแก้ไขแล้ว จึงไม่สามารถใช้สายตาในการเรียนหนังสือได้เป็นผู้ที่มีสายตาภายหลังการแก้ไข 20/200

(2) นักเรียนพิการทางการเห็นบางส่วน หมายถึง นักเรียนที่มีสายตาบกพร่อง แต่ภายหลังจากการแก้ไขแล้ว สามารถมองเห็นได้บ้าง จึงสามารถใช้สายตาในการเรียนหนังสือได้บ้างเป็นผู้ที่มีสายตาภายหลังการแก้ไขอยู่ระหว่าง 20/70 และ 20/200

เกณฑ์การตัดสินสำหรับนักเรียนที่จะได้รับการตัดสินว่าเป็นนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็น และเข้ารับบริการทางการศึกษาพิเศษที่จัดให้แก่ผู้มีความพิการทางการเห็น ผดุง อารยะวิญญู(2542:75-76)กล่าวว่าควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) มีความไวของสายตา 20/70 หรือน้อยกว่าในตาข้างดีกว่า เป็นความไวของสายตาที่วัดภายหลังการแก้ไขสายตาแล้ว

(2) มีลานสายตาแคบมาก ซึ่งเป็นเหตุให้นักเรียนไม่สามารถใช้สายตาในการเรียนหนังสือได้

(3) เป็นโรคบางชนิดที่ทำให้สายตาเสื่อมสภาพลงเรื่อยๆ ซึ่งจะเป็นผลให้นักเรียนไม่สามารถใช้สายตาในการเรียนได้ในอนาคต

(4) สูญเสียสายตา ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเรียนหนังสือของนักเรียนทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียนหนังสือในลักษณะเดียวกันกับนักเรียนทั่วไป จำเป็นต้องใช้ตำราและอุปกรณ์การเรียนการสอนและวิธีการที่แตกต่างไปจากนักเรียนทั่วไป

การสังเกตว่านักเรียนมีความผิดปกติทางการเห็นหรือไม่ สุชา จันทน์เอม(2525:73) ให้สังเกตจากอาการต่อไปนี้

- (1) มีอาการคันตาเรื้อรัง มีน้ำตาไหลอยู่เสมอ หรือมีอาการตาแดงบ่อยๆ
- (2) มักมองเห็นภาพซ้อน วิงเวียนศีรษะ มอง เห็นไม่ชัดเจนในบางครั้ง
- (3) เวลาองวัตถุระยะไกลๆ ต้องขยี้ตาหรือทำหน้าย่น ขมวดคิ้ว
- (4) เวลาเดินต้องมองอย่างระมัดระวังหรือเดินช้าๆ โดยกลัวจะสะดุดสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ขวางหน้า และจำเพื่อนในระยะไกลๆ ไม่ได้
- (5) ไม่มีความสนใจรูปภาพที่ติดตามฝาผนัง หรือข้อความที่เขียนบนกระดานดำ
- (6) มักบ่นเรื่องสายตาอยู่เสมอ และมักขยี้ตา
- (7) ถ้าทำงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้สายตามักไม่ชอบ
- (8) ในขณะที่อ่านหนังสือมักกระพริตาบ่อยๆ
- (9) วางหนังสือในลักษณะผิดปกติขณะอ่าน เช่น โก้เกินไปหรือไกลเกินไป
- (10) ขณะอ่านหนังสือต้องเอียงศีรษะ
- (11) อ่านหนังสือได้ในระยะเวลานั้น
- (12) ขณะอ่านหนังสือต้องปิดตาข้างใดข้างหนึ่ง
- (13) สายตาสู้แสงสว่างไม่ค่อยได้
- (14) ไม่สามารถร่วมการเล่นที่ต้องใช้สายตาได้เลย
- (15) ชอบขมวดคิ้วเวลามองดู
- (16) เวลาอ่านหนังสือ หรือทำงานที่ต้องใช้ความละเอียด จะมีอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน แสดงว่าต้องใช้สายตาเพ่งมากกว่าปกติ เกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อลูกตา

2.1.2 ลักษณะของนักเรียนพิการทางการเห็น

ลักษณะทางด้านร่างกายของนักเรียนพิการทางการเห็นไม่แตกต่างจากนักเรียนทั่วไปทั้งน้ำหนัก ส่วนสูงและสุขภาพ (สุชา จันทน์เอม, 2525:77) แต่พัฒนาการด้านต่างๆมีความแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปบ้าง ซึ่ง ผดุง อารยะวิญญู(2542:76-77) ได้กล่าวถึงพัฒนาการของนักเรียนพิการทางการเห็นไว้ดังนี้

(1) พัฒนาการทางด้านการคิด

ทารกที่มีร่างกายทุกส่วนปกติจะเรียนรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสทุกด้าน แต่ทารกที่มีความพิการทางการเห็น ขาดประสาทสัมผัสไปหนึ่งด้าน จึงทำให้พัฒนาการของนักเรียนในการรับรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดของสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวช้ากว่านักเรียนทั่วไป ด้วยเหตุนี้การฝึกการด้านความคิดความจำจึงล่าช้าด้วย เนื่องจากความพิการดังกล่าวต้องอาศัยประสบการณ์ และการรับรู้จากประสาทสัมผัสหลายด้าน เมื่ออายุถึงเกณฑ์เข้าโรงเรียนนักเรียนพิการทางการเห็นมีพัฒนาการทางด้านช้ากว่านักเรียนทั่วไป

(2) พัฒนาการทางภาษา

นักเรียนที่มีความพิการทางการเห็นมีพัฒนาการทางภาษาช้ากว่านักเรียนทั่วไป บางอย่าง การเปล่งเสียงโดยการเลียนแบบอาจเท่าเทียมกับนักเรียนทั่วไป แต่การเปล่งเสียงพูดเอง โดยไม่มีการเลียนแบบอาจล่าช้ากว่านักเรียนทั่วไป ยิ่งไปกว่านั้นนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็นมักใช้คำไม่เหมาะสม มีความหมายไม่ตรงกับคำที่แท้จริงของคำ หากพิจารณาในแง่ของภาษาโดยรวมแล้ว นักเรียนพิการทางการเห็นมีพัฒนาการทางภาษาล่าช้ากว่านักเรียนทั่วไป

(3) พัฒนาการทางการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนไหวเป็นปัญหาที่เด่นชัดที่สุดของนักเรียนพิการทางการเห็น ในวัยทารกนั้น แม้ว่านักเรียนที่มีความพิการทางการเห็น จะมีพัฒนาการทางการเคลื่อนไหวแต่ก็เป็นไปด้วยความล่าช้า จึงจำเป็นต้องมีการสอนและการกระตุ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระยะทาง ทิศ (เหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก) ช้าย ขวา ส่วนต่างๆ ของร่างกาย ตำแหน่งของร่างกาย ตำแหน่งที่ตั้งสิ่งของ เครื่องใช้ที่อยู่รอบตัวและการเคลื่อนไหว การเดินภายในที่อยู่อาศัยและบริเวณรอบที่อยู่อาศัย นักเรียน ตาบอดบางคนอาจเดินไม่ตรง อาจเดินชนเซ หากไม่ได้รับการฝึกหัดอย่างถูกต้องเมื่ออายุยังน้อย การฝึกการเคลื่อนไหวจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ตลอดช่วงระยะเวลาที่อยู่ในโรงเรียน จนกว่านักเรียนจะสามารถเคลื่อนไหวได้คล่อง

(4) พัฒนาการทางสังคม

คนทั่วไปอาจมีทัศนคติต่อนักเรียนพิการทางการเห็นในทางลบหลายประการ เช่น มีความเห็นว่า นักเรียนพิการทางการเห็นมีบุคคลที่น่าสงสาร เป็นคนที่เกิดมาพิการ เป็นคนมีความหวาดกลัวและมีความทุกข์ เนื่องจากมองไม่เห็นโลกที่สวยงามเหมือนคนทั่วไป ทัศนคติของคนเหล่านี้เป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็นในการพัฒนาทักษะทางสังคมกับคนทั่วไป ในอันที่จะสร้างความสัมพันธ์อันดีกับคนทั่วไปได้อย่างราบรื่น

สิ่งสำคัญที่สุดสิ่งหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนที่มีความพิการทางการเห็น สร้างพัฒนาการทางสังคมได้ดีคือ ทัศนคติของพ่อแม่ หากพ่อแม่เชื่อว่านักเรียนที่มีความพิการทางการเห็นมีศักยภาพ

ในการเรียนรู้ นักเรียนก็จะมีโอกาสพัฒนาได้ดี หากพ่อแม่คิดว่าบุตรของตนที่มีความพิการทางการเห็นเป็นนักเรียนโชคร้าย จะยังเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะถ่วงพัฒนาการของนักเรียน หากนักเรียนพิการทางการเห็นเพราะกรรมพันธุ์แล้ว ผู้ปกครองยังรู้สึกว่าเป็นความผิดของตนที่มีส่วนทำให้ลูกตาบอด

เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ดีและประกอบกิจวัตรประจำได้ เช่นเดียวกับนักเรียนทั่วไป นักเรียนพิการทางการเห็นส่วนมากจึงเป็นนักเรียนที่เงียบขรึม ไม่ค่อยขำพูดเหมือนนักเรียนทั่วไปในวัยเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนักเรียนอยู่ในวัยทารก และในวัยนักเรียนเล็ก แต่เมื่อนักเรียนโตขึ้น พฤติกรรมนี้อาจเปลี่ยนไป ดังนั้น ผู้ปกครองของนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็น จึงควรศึกษาและทำความเข้าใจกับนักเรียนจึงจะสามารถตั้งความคาดหวังได้อย่างเหมาะสม

2.1.3 การรับรู้(perception) ของนักเรียนพิการทางการเห็น

คนเรารับรู้สิ่งเร้าต่างๆ โดยใช้อวัยวะรับสัมผัส (sense organ) ที่มีอยู่ได้แก่ หู ตา จมูก ผิวหนัง เป็นต้น เป็นเครื่องมือสำคัญในการรับรู้ ดังนั้นคนที่รับรู้ได้สมบูรณ์จะต้องมีอวัยวะรับสัมผัสที่สมบูรณ์ด้วย และถ้าสิ่งใดสิ่งหนึ่งบกพร่องไป สมรรถภาพในการรับรู้ก็จะลดน้อยลงไปด้วย อวัยวะรับสัมผัสจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญอันหนึ่งสำหรับการรับรู้

ความรู้สึกจากการรับสัมผัส (sensation) เป็นกระบวนการที่เกิดจากการกระตุ้นอวัยวะรับความรู้สึก ซึ่งมีอยู่ 5 ชนิด คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง การรู้สึกจึงเป็นกระบวนการพื้นฐานก่อนที่จะเกิดการรับรู้ขึ้นอวัยวะรับความรู้สึกแต่ละชนิดจะรับตัวกระตุ้นหรือพลังงานกระตุ้นเฉพาะ เช่น นัยน์ตาจับได้เฉพาะแสง หูจับได้เฉพาะเสียง จมูกจับได้เฉพาะกลิ่น ลิ้นจับได้เฉพาะรส ผิวหนังจับได้เฉพาะสัมผัสและอุณหภูมิ เมื่อมีการกระตุ้นอวัยวะรับความรู้สึกเกิดขึ้น เช่น มีแสงมากระทบ นัยน์ตา ประสาทรับการกระตุ้นจะส่งกระแสประสาทขึ้นสู่สมอง ทำให้เกิดการมองเห็นมีเสียงมากระทบหู ประสาทรับการกระตุ้นส่งกระแสประสาทขึ้นสู่สมองทำให้เกิดการได้ยินซึ่งเป็นการรู้สึก การที่บุคคลรู้สึกจึงมีลักษณะง่าย ตรงไปตรงมา ไม่คดอยู่ใต้อิทธิพลของการเรียนรู้ประสบการณ์ แรงจูงใจ อารมณ์ เป็นต้น

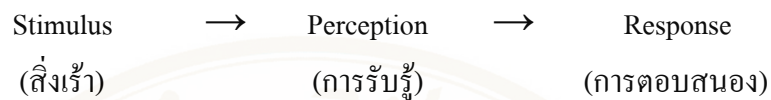
มีผู้ให้ความหมายการรับรู้แตกต่างกันออกไป ซึ่งสุชา จันทน์เอมและสุรางค์ จันทน์เอม (มปก.:104-105)ได้สรุปไว้ดังนี้

(1) การรับรู้ คือ การจัดระบบ การรวบรวม และการตีความหมายจากความรู้สึกจากการรับสัมผัส

(2) การรับรู้คือกระบวนการที่สิ่งมีชีวิตได้รับรู้สิ่งต่างๆ โดยอาศัยอวัยวะรับสัมผัสเป็นตัวส่งผ่าน การรับรู้แตกต่างจากความรู้สึกจากการรับสัมผัส โดยความรู้สึกจากการรับสัมผัสหมายถึง

ปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้า แต่การรับรู้หมายถึงปฏิกิริยาที่ตีความหมายและคุณค่าของสิ่งเร้าที่ได้รับมาจากความรู้ที่สืบทอดมาจากการสัมผัสอีกทีหนึ่ง

(3) การรับรู้ หมายถึง กระบวนการที่เกิดแทรกอยู่ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองต่อสิ่งเร้า



สรุปได้ว่า การรับรู้หมายถึง กระบวนการที่คนเรามีประสบการณ์กับวัตถุ หรือ เหตุการณ์ต่างๆ โดยอาศัยอวัยวะรับสัมผัส

การรับรู้จะเกิดขึ้นได้ ต้องเป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการดังนี้

ขั้นที่ 1 สิ่งเร้า (stimulus) มากระทบอวัยวะสัมผัสของอินทรีย์

ขั้นที่ 2 กระแสประสาทสัมผัสวิ่งไปยังระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งมีศูนย์อยู่ที่สมอง เพื่อสั่งการ ตรงนี้เกิดการรับรู้ (perception)

ขั้นที่ 3 สมองแปลความหมายออกมาเป็นความรู้ความเข้าใจโดยอาศัย ความรู้เดิม ประสบการณ์เดิม ความจำ เจตคติ ความต้องการ ปทัสถาน บุคลิกภาพ เชาวน์ปัญญา ทำให้เกิดการตอบสนองอย่างใดอย่างหนึ่ง

สุชา จันทน์เอม(2525:76) กล่าวถึงการรับรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นไว้ว่า นักเรียนพิการทางการเห็นขาดการรับรู้ทางสายตา ดังนั้น การรับรู้วัตถุต่างๆ ของนักเรียนพิการทางการเห็น ต้องอาศัยประสาทสัมผัสที่สำคัญคือการได้ยินและการสัมผัส เพื่อให้เกิดมีความรู้ ความเข้าใจในสิ่งต่างๆ ได้ การรับฟังของคนตาบอดช่วยให้ทราบถึงระยะทางและทิศทางของวัตถุ เช่น ขณะที่คนตาบอดเดินอยู่ใต้ต้นไม้ เมื่อได้ยินเสียงวัตถุกำลังเคลื่อนไหว เสียงลมพัดผ่านใบไม้ ได้กลิ่นต่างๆ จะทำให้สามารถแยกแยะได้ว่า ต้นไม้นั้นมีใบไม้หรือไม่ มากน้อยแค่ไหน เป็นใบไม้แห้งหรือสด มีผลหรือไม่ ใบไม้ใหญ่หรือเล็ก หนาเท่าใด เป็นต้น ไม้ชนิดไหนกำลังออกดอกหรือไม่ การแตกกิ่งก้านสาขาเป็นอย่างไร และอยู่ห่างจากต้นไม้เท่าไร เป็นต้น ส่วนการรับรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวัตถุเช่น รูปร่าง รูปทรง เป็นต้น จะทราบได้จากการสัมผัสเท่านั้น สิ่งที่สัมผัสไม่ได้ เช่น ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ท้องฟ้า ขอบฟ้า ดวงดาว และเมฆ คนตาบอดไม่สามารถรับรู้สัมผัสได้ การอธิบายสิ่งเหล่านี้จึงต้องใช้วิธีเปรียบเทียบจากขอบเขตการสัมผัสอื่นๆ ที่สามารถรับรู้ได้ คนตาบอดสนิท ไม่สามารถรับรู้เกี่ยวกับสีได้เลย ต้องอาศัยการบอกเล่าให้ฟังเท่านั้น

2.1.4 ความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็น

นักเรียนพิการทางการเห็นมีการรับรู้ทางการเห็นได้บ้างหรืออาจจะไม่มีเลย ซึ่งส่งผลให้การเรียนรู้ด้วยการมองเห็นไม่สามารถกระทำได้อย่างคนทั่วไป นักเรียนเหล่านี้จะใช้การรับรู้ทางประสาทสัมผัสอย่างอื่นทดแทนการมองเห็น เช่น การได้ยิน การสัมผัส การดมกลิ่น การชิมรส เป็นต้น ดังนั้นการเรียนรู้ของนักเรียนเหล่านี้จำเป็นต้องใช้สื่อการเรียนการสอนและวิธีการที่แตกต่างจากนักเรียนทั่วไป เช่น การเขียนและอ่านอักษรเบรลล์ ภาพนูน หนังสือขนาดขยายใหญ่ สื่อสัมผัส เป็นต้น

การส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นมีสิ่งสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา คือ ความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็น เพื่อจะได้เข้าใจธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียนเหล่านี้และส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมตามศักยภาพ ซึ่งความสามารถของนักเรียนพิการทางการเห็นนั้น ชูชีพ อ่อน โกลสูง (2527:113-118) สุชาจันท์เอม (2525:78-81) และวินัย เพ็ชรงาม (2523:134-138) สรุปได้ดังนี้

2.1.4.1 ความสามารถทางสติปัญญา

Samuel P. Hayes ผู้อำนวยการหน่วยวิจัยด้านจิตวิทยาแห่ง Perkin school for the blind ได้ใช้แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา(intelligence quotient, IQ) ซึ่งปรับปรุงมาจากแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาของ Binet วัดระดับเชาวน์ปัญญาของนักเรียนพิการทางการเห็น โดยใช้นักเรียนพิการทางการเห็นจากโรงเรียนต่างๆ ถึง 17 แห่ง พบว่า ระดับเชาวน์ปัญญาเฉลี่ยของนักเรียนพิการทางการเห็นประมาณ 99 และพบว่าร้อยละ 10 ของนักเรียนพิการทางการเห็นกลุ่มนี้มี ระดับเชาวน์ปัญญา สูงกว่า 120 และร้อยละ 9 ของนักเรียนกลุ่มนี้มี ระดับเชาวน์ปัญญา ต่ำกว่า 70 จากการวัด ระดับเชาวน์ปัญญา ของ Hayes ที่ได้นำมากล่าวไว้นี้จะชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่ตาบอดนั้นยังคงมีความสามารถทางสติปัญญาเป็นปกติ ดังนั้นนักเรียนพิการทางการเห็นไม่ได้มีสติปัญญาดำดั่งแต่กำเนิด ถ้า นักเรียนเหล่านี้มีโอกาสได้รับการศึกษาและการส่งเสริมการเรียนรู้เพียงพอแล้ว ความสามารถทางสติปัญญาจะมีการพัฒนาคล้ายๆกับนักเรียนทั่วไป การที่นักเรียนไม่สามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ เป็นเหตุให้พัฒนาการทางสมองของนักเรียนพลอยช้าไปด้วย แต่ทั้งนี้ความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนจะไม่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการที่นักเรียนพิการทางการเห็นแต่อย่างใด เพียงแต่สติปัญญาของนักเรียนไม่อาจพัฒนาให้ได้ดีจนถึงที่สุดเท่านั้น ผลจากการวัดเชาวน์ปัญญาของนักเรียนพิการทางการเห็นโดยนักจิตวิทยาหลายๆ ท่าน สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) ไม่สามารถยืนยันได้ว่า นักเรียนพิการทางการเห็นมีระดับเชาวน์ปัญญาดำกว่านักเรียนทั่วไป

(2) ถ้าพิจารณาเฉพาะด้านภาษาอาจเป็นไปได้ว่าระดับการสูญเสียการมองเห็นเพิ่มมากขึ้น ระดับเขาวนปัญญาจะลดลง

(3) นักเรียนพิการทางการเห็นเนื่องจากขาดพัฒนาการของตาและบางส่วนของสมอง ซึ่งเป็นมาแต่กำเนิด (congenital anophthalmos) จะเป็นนักเรียนปัญญาอ่อน

(4) แบบทดสอบเขาวนปัญญาทั่วไป ที่ใช้ทดสอบคนพิการทางการเห็นจะวัดความสามารถทางภาษา

(5) แบบทดสอบเขาวนปัญญาทั่วไปที่ใช้ทดสอบนักเรียนพิการทางการเห็นจะมีความเที่ยงตรงต่ำกว่าแบบทดสอบเขาวนปัญญาที่ใช้ทดสอบนักเรียนทั่วไป เนื่องจากแบบทดสอบที่นำมาใช้วัดนักเรียนพิการทางการเห็นต้องได้รับการดัดแปลงจากแบบทดสอบเขาวนปัญญาทั่วไป อีกทอดหนึ่ง

2.1.4.2 ความสามารถด้านความคิด ความเข้าใจ

ความสามารถด้านความคิด ของนักเรียนพิการทางการเห็นแตกต่างกับนักเรียนทั่วไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น Witkin และคณะ(1968) ได้ศึกษารูปแบบการคิดของนักเรียนพิการทางการเห็นและนักเรียนทั่วไปพบว่า นักเรียนพิการทางการเห็นมีรูปแบบการคิดซึ่งเรียกว่า global cognitive คือ การคิดรวมๆ ไม่สามารถคิดหรือเข้าใจถึงรายละเอียดปลีกย่อยได้ เนื่องจากนักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถรับรู้ในส่วนที่ละเอียดได้นั่นเอง ส่วนนักเรียนทั่วไปรูปแบบการคิดจะเป็น articulated cognitive style ซึ่งหมายถึงการคิดอย่างละเอียดทั้งในส่วนรวมและส่วนที่ละเอียดปลีกย่อย สามารถวิเคราะห์และเข้าใจถึงโครงสร้างของสิ่งที่กำลังคิดได้ เนื่องจากนักเรียนทั่วไปสามารถมีประสบการณ์ทั้งที่เป็นส่วนรวมทั้งหมด และทั้งที่เป็นรายละเอียดปลีกย่อยของสิ่งเร้าต่างๆ ในขณะเดียวกันได้ นอกจากนี้ความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นามธรรมของนักเรียนพิการทางการเห็นจะแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปเป็นอย่างมาก แต่ในด้านความคิดที่เกี่ยวกับรูปธรรมจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ความแตกต่างดังกล่าวจะมีผลต่อประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นมาก คือ นักเรียนพิการทางการเห็นจะขาดประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่จำเป็นบางอย่างไป Jean Piaget (อ้างถึงใน ชูชีพ อ่อน โกลสูง, 2527:114) ทดลองให้นักเรียนพิการทางการเห็นและนักเรียนทั่วไปฝึกฝนแยกแยะสิ่งของต่างๆ ให้เป็นหมวดหมู่ พบว่า ถ้านักเรียนพิการทางการเห็นได้รับการฝึกฝนเพิ่มมากขึ้นความสามารถในการแยกแยะสิ่งของจะไม่แตกต่างจากนักเรียนทั่วไป

สำหรับความเข้าใจเกี่ยวกับระยะทางและความสัมพันธ์นั้น นักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถมองเห็นเกี่ยวกับระยะทางจึงขาดความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ด้วย อย่างไรก็ตามนักเรียนเหล่านี้อาจเข้าใจเกี่ยวกับระยะทางและความสัมพันธ์ได้โดยใช้การรับรู้ระยะทางด้วยประสาทสัมผัสอื่น เช่น การรับรู้ระยะทางโดยการเดิน เป็นต้น

2.1.4.3 ความสามารถในการสัมผัส

นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถรับรู้เกี่ยวกับระยะทางและความสัมพันธ์ได้โดยการใช้มือสัมผัส Lowenfeld (อ้างถึงใน ชูชีพ อ่อนโคกสูง, 2527:115) แบ่งการสัมผัสออกเป็น 2 ลักษณะ คือ สัมผัสในลักษณะการสังเคราะห์ และสัมผัสในลักษณะการวิเคราะห์

การสัมผัสในลักษณะการสังเคราะห์ หมายถึง การสัมผัสวัตถุหรือสิ่งของที่มีขนาดใหญ่พอที่จะใช้มือข้างเดียวหรือสองข้างจับต้องได้ทั้งหมดในคราวเดียวกัน เช่น ขวดน้ำ รองเท้า ปากกา เป็นต้น

การสัมผัสในลักษณะการวิเคราะห์ หมายถึง การสัมผัสวัตถุหรือสิ่งของทีละส่วนเนื่องจากวัตถุหรือสิ่งของมีขนาดใหญ่จนไม่สามารถจับต้องได้ทั้งหมดในคราวเดียวกัน เช่น ข้าง รถยนต์ รถจักรยานยนต์ เป็นต้น

ผลจากการสัมผัสดังกล่าวทำให้คนตาบอดรับรู้สิ่งเร้าต่อเนื่องกันหลายครั้งจึงจะเข้าใจ ในขณะที่คนทั่วไปจะรับรู้สิ่งเร้าส่วนต่างๆ ได้ในคราวเดียวกัน การสอนนักเรียนพิการทางการเห็นให้สามารถรับรู้สิ่งเร้าต่างๆ ที่ตนสัมผัสได้โดยเร็ว นั้น ครูควรจะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะสัมผัสสิ่งเร้าตรงส่วนที่จะทำให้เข้าใจว่าสิ่งเร้านั้นคืออะไร นักเรียนก็จะสามารถรับรู้สิ่งเร้านั้นได้

2.1.4.4 ความสามารถในการเคลื่อนไหว

ความสามารถในการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อมต่างๆ ของคนพิการทางการเห็นเป็นสิ่งที่แสดงถึงความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม สาเหตุที่ทำให้คนพิการทางการเห็นสามารถเคลื่อนไหวไปในสภาพแวดล้อมต่างๆ กันได้ก็คือ คนพิการทางการเห็นได้รับการฝึกฝนทักษะการสร้างความรู้ความคุ้นเคยและการเคลื่อนไหว(orientation and mobility)มาเป็นอย่างดีโดยเกิดจากความต้องการที่จะเคลื่อนไหวหรือเดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ ด้วยตัวเอง Warren และKocon (อ้างถึงใน ชูชีพ อ่อนโคกสูง, 2527:117) ศึกษาจากการวิจัยต่างๆ สรุปได้ว่า คนตาบอดสนิทมีปัญหาในการเคลื่อนที่น้อยกว่าคนสายตาดูแลเนื่องมาจากคนสายตาดูแลมีความกล้าขี้อายมากกว่าคนตาบอด เพราะมองเห็นได้ไม่ชัดเจนพอที่จะใช้ประโยชน์ได้ จึงทำให้ต้องพึ่งพาอาศัย คนอื่นอยู่ตลอดเวลา ตรงข้ามกับคนตาบอดที่จะพยายามเรียนรู้ในการใช้จุดสังเกตที่ประสาทสัมผัสอื่นๆ สามารถรับสัมผัสได้เนื่องจากไม่สามารถสัมผัสทางสายตาได้เลย นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนที่ตาบอดมาตั้งแต่กำเนิดจะมีปัญหาในการเคลื่อนไหวไปมาน้อยกว่าผู้ที่ตาบอดในภายหลัง

การที่คนตาบอดสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ เนื่องจากเขาสามารถหลีกเลี่ยงสิ่งต่างๆ ที่ขวางหน้าอยู่ได้ ความสามารถดังกล่าวเรียกว่า obstacle sense ซึ่งเป็นความสามารถในการจับเสียงในสิ่งแวดล้อมเท่านั้นเอง สามารถสรุป obstacle sense ได้ดังนี้

- (1) คนตาบอดแต่ละคนมี obstacle sense แตกต่างกัน พบว่า 1 ใน 5 ของนักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถใช้ obstacle sense ได้
- (2) ไม่ว่าสิ่งเร้าจะอยู่ตรงหน้า หลัง หรือข้างๆ จะไม่ทำให้ความสามารถในการรับรู้โดยการจับเสียงแตกต่างกัน
- (3) คนตาบอดที่หูหนวกด้วยไม่สามารถใช้ obstacle sense ได้
- (4) เสียงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับการใช้ obstacle sense
- (5) สิ่งกระตุ้นที่สัมผัสได้ทางประสาทสัมผัสอื่น เช่น ผิวกาย จมูก ใช้ได้ไม่ดีเท่ากับสิ่งกระตุ้นที่เป็นเสียง แต่อาจจะใช้ได้บ้างในกรณีที่มีการได้ยินบกพร่อง
- (6) การเปลี่ยนระดับเสียง หรือเสียงก้อง เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการรับรู้โดยใช้ obstacle sense ระดับเสียงซึ่งทำให้ผู้ฟังเข้าไปใกล้ เรียกว่า doppler effect
- (7) ความถี่ของเสียงที่สามารถรับรู้ได้โดยการรับรู้ทาง obstacle sense จะมีความถี่ 10,000 Hz ขึ้นไป ถ้าต่ำกว่านี้จะรับรู้ได้ไม่ค่อยดี ในการรับรู้วัตถุเล็กๆ ต้องใช้ความถี่สูงๆ จึงจะสามารถรับรู้ได้ดี
- (8) คนตาบอดที่ขาดความสามารถในการรับรู้โดยใช้ obstacle sense สามารถฝึกฝนได้
- (9) คนสายตาทึบเมื่อใช้ผ้าผูกตาจนไม่สามารถมองเห็นได้ ก็สามารถฝึกการรับรู้โดยใช้ obstacle sense ได้

2.1.4.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพิการทางการเห็นไม่แตกต่างไปจากนักเรียนทั่วไปมากนัก ในปี ค.ศ. 1918 ได้มีการปรับปรุงแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นขึ้นมาใช้ ผู้ปรับปรุงคือ Hayes และในปัจจุบันนี้มีการปรับปรุงแบบทดสอบชนิดนี้ขึ้นมามากมาย เพื่อใช้สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น จากการใช้แบบทดสอบพบว่าผลสัมฤทธิ์ในวิชาอื่นๆ ดีพอๆ กับนักเรียนทั่วไป ยกเว้นวิชาคณิตศาสตร์เท่านั้นที่ต่ำกว่า และนักเรียนพิการทางการเห็น มักเรียนช้ากว่านักเรียนทั่วไปประมาณ 2 ปี ซึ่งหมายความว่าในชั้นเดียวกันนักเรียนพิการทางการเห็นมักมีอายุมากกว่านักเรียนอื่นๆ ประมาณ 2 ปี การที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจากนักเรียนพิการทางการเห็นมักเข้าโรงเรียนช้ากว่า หรือมักขาดโรงเรียนเนื่องมาจากสายตาบกพร่อง

นักจิตวิทยาบางคนเชื่อว่าปัญหาในการมองเห็นไม่เป็นอุปสรรคต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการมากเท่าปัญหาในการได้ยิน เนื่องจากการเรียนการสอนตามปกติธรรมดาแล้วคนเราใช้การฟังมากกว่าการมองเห็น โดยสรุปแล้วกล่าวได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนพิการทางการเห็นมีดังนี้

- (1) การมีความพิการทางการเห็นไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด
- (2) นักเรียนพิการทางการเห็นที่อายุมากเมื่อเข้าโรงเรียนจะมีโอกาสสำเร็จการศึกษาน้อย
- (3) นักเรียนพิการทางการเห็นมักเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้ลำบากกว่าวิชาอื่นๆ

2.2 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

2.2.1 ความเป็นมาของการจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

สุชา จันทน์เอม(2525: 81) กล่าวถึงการจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นไว้ว่าการจัดการศึกษาอย่างเป็นทางการสำหรับคนตาบอดเริ่มในปี ค.ศ.1784 เมื่อวาเรนติน ฮอย (Valentin Haüy) ได้ตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดเป็นแห่งแรกในกรุงปารีส หลังจากนั้นประมาณ 50 ปี จอห์น ดี. ฟิชเชอร์ (John D. Fisher) ซึ่งเคยไปดูงานโรงเรียนสอนคนตาบอดที่ปารีสก็ได้จัดตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1829 โดยเริ่มที่บอสตัน นิวยอร์ก และฟิลาเดลเฟีย การศึกษาของคนตาบอดในระยะแรกนี้จัดทำโดยเอกชนจนกระทั่งในปี ค.ศ.1837 รัฐบาลสหรัฐอเมริกาจึงจัดสร้างโรงเรียนสอนคนตาบอดของรัฐบาลขึ้นเป็นแห่งแรกของโลก คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดโอไฮโอ (Ohio School for the Blind) หลังจากนั้นก็มีกลุ่มบุคคลทางศาสนาได้จัดตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดแบบอยู่ประจำขึ้นในสหรัฐอเมริกาอีกหลายแห่ง

การจัดการศึกษาสำหรับคนตาบอดในประเทศไทย กล่าวว่า เริ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2482 โดย มิสเจนีวีฟ คอลฟิลด์ (Miss Genevieve Caulfield) ก่อตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย เมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2482 เดิมเป็นบ้านหลังเล็กๆ ที่ศาลาแดง กรุงเทพมหานคร ในวันเปิดโรงเรียน มิสคอลฟิลด์ มีกระดานชนวน กระดาษและหนังสือ ตำราเรียนเพียงเล็กน้อย ที่มีตัวอักษรเป็นเส้นนูนขึ้นมาชุดหนึ่งและมีลูกศิษย์เพียงคนเดียว แต่ภายหลังจำนวนนักเรียนพิการทางการเห็นได้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2494 สมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ รับมูลนิธิช่วยคนตาบอดเข้าไว้ในพระบรมราชินูปถัมภ์ และได้เปลี่ยนชื่อใหม่ว่า

"มูลนิธิช่วยคนตาบอดแห่งประเทศไทยในพระบรมราชินูปถัมภ์" ในปัจจุบันนี้โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพตั้งอยู่เลขที่ 420 ถนนราชวิถี เขตดุสิต กรุงเทพฯ (สุชา จันทน์เอม, 2525)

ในปี พ.ศ. 2496 มิสคอลฟิลด์ ได้เริ่มชักชวนชาวเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง ให้จัดตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดและมูลนิธิ เพื่อให้การศึกษาและสงเคราะห์คนตาบอดที่มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคเหนือ จนกระทั่งวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2502 จึงจดทะเบียนตั้งมูลนิธิได้ และได้จดทะเบียนจัดตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือขึ้นด้วย เปิดดำเนินการสอนตั้งแต่ปีการศึกษา 2503 เป็นต้นมา

2.2.2 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นในประเทศไทย จัดขึ้นโดยสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีรูปแบบการจัดการศึกษา 2 ลักษณะ ได้แก่

(1) จัดการศึกษาในโรงเรียนการศึกษาเฉพาะ ซึ่งมีอยู่ 2 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีและโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่

(2) จัดการศึกษาเป็นโครงการเรียนร่วมในโรงเรียนปกติสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

อุบล เล่นวารี (2542:45-46) แบ่งรูปแบบการจัดการศึกษาแบบเรียนร่วมไว้ ดังนี้

(1) เรียนร่วมในชั้นปกติ เป็นการจัดนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษเข้าเรียนร่วมกับนักเรียนทั่วไปและเรียนเหมือนกับนักเรียนทั่วไปทุกประการ นักเรียนที่จะเข้าเรียนในลักษณะนี้ได้ควรเป็นนักเรียนที่มีความพิการน้อย มีความฉลาดและมีความพร้อมในด้านการเรียนตลอดจนวุฒิภาวะทางอารมณ์และสังคม

(2) เรียนร่วมในชั้นปกติและมีครูพิเศษให้คำแนะนำปรึกษา การเรียนร่วมวิธีนี้คล้ายคลึงกับวิธีแรก กล่าวคือนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษเรียนร่วมกับนักเรียนทั่วไปเต็มเวลา แต่มีครูการศึกษาพิเศษคอยช่วยเหลือครูประจำชั้นและครูประจำวิชา ครูการศึกษาพิเศษนี้อาจเรียกว่าครูที่ปรึกษา ครูประเภทนี้ไม่ทำการสอนโดยตรง แต่ให้คำแนะนำแก่ครูที่สอนนักเรียน เช่น แนะนำชี้แจงให้ครูที่สอนชั้นเรียนร่วมเข้าใจความต้องการและความสามารถของนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ ช่วยกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ ให้คำแนะนำเกี่ยวกับวิธีสอนตลอดจนการปฏิบัติต่อนักเรียน จัดสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ เป็นต้น

(3) เรียนร่วมในชั้นปกติและรับบริการครูเวียนสอน เป็นการจ้ดนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษเรียนร่วมกับนักเรียนทั่วไป และรับบริการด้านการสอนเพิ่มเติมจากครูการศึกษาพิเศษ ซึ่งจะเดินทางไปตามโรงเรียนต่างๆ เพื่อให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเนื่องจากมีจำนวนนักเรียนในแต่ละโรงเรียนไม่มากนัก (อาจจะประมาณ 2-3 คนต่อโรง) ครูจึงเดินทางจากโรงเรียนหนึ่งไปยังอีกโรงเรียนหนึ่งเมื่อครบสัปดาห์ก็วนกลับมาสอนนักเรียนกลุ่มเดิมในโรงเรียนเดิมอีก จึงเรียกครูประเภทนี้ว่า ครูเดินสอนหรือ ครูเวียนสอน

(4) เรียนร่วมในชั้นเรียนปกติและรับบริการจากครูเสริมวิชาการ ครูเสริมวิชาการคือครูการศึกษาพิเศษที่ปฏิบัติงานประจำอยู่ในห้องเสริมวิชาการ นักเรียนที่มีความต้องการพิเศษจะเข้ามาเรียนกับครูเสริมวิชาการวันละ 1-2 ชั่วโมง หรือมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับความต้องการพิเศษของนักเรียน นักเรียนทุกคนที่เข้ามาเรียนในห้องนี้จะต้องมีตารางเรียนที่กำหนดไว้แน่นอน ครูเสริมวิชาการอาจมีคนเดียวหรือหลายคนก็ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนนักเรียนและประเภทของนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ การสอนนักเรียนอาจกระทำเป็นรายบุคคลหรือสอนเป็นกลุ่มเล็กๆก็ได้ และสอนในเนื้อหาที่นักเรียนไม่ได้รับการสอนในชั้นปกติ หรือเนื้อหาที่นักเรียนมีปัญหา นอกจากสอนนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษแล้ว ครูเสริมวิชาการยังมีหน้าที่ในการให้คำแนะนำปรึกษาแก่ครูปกติในการปฏิบัติต่อนักเรียนประเภทนี้อีกด้วย

2.2.3 หลักสูตรและการเรียนการสอนนักเรียนพิการทางการเห็น

ผดุง อารยะวิญญู(2542: 78-79) กล่าวว่าหลักสูตรสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นควรเป็นหลักสูตรเดียวกันกับนักเรียนทั่วไป เมื่อสำเร็จการศึกษานักเรียนพิการทางการเห็นจะได้มีทักษะใกล้เคียงหรือเท่าเทียมกับนักเรียนทั่วไป แต่วิธีการเรียนการสอน สื่อและอุปกรณ์ที่ใช้อาจแตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและความสามารถของนักเรียน หลักสูตรสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นควรมีลักษณะดังนี้

(1) หลักสูตรสำหรับนักเรียนก่อนวัยเรียน

หลักสูตรสำหรับนักเรียนก่อนวัยเรียนมีจุดมุ่งหมายครอบคลุมการฝึกประสาทการรับรู้เพื่อชดเชยความบกพร่องทางการเห็น ดังนั้นกิจกรรมในหลักสูตรควรมุ่งเน้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสต่างๆ เช่นการสัมผัส การดมกลิ่น การชิมรส การฟัง เป็นต้น และควรใช้วัตถุจริงมากกว่าวัตถุจำลองหรือเลียนแบบเพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง นอกจากนี้กิจกรรมในระดับนี้ ควรเน้นเกี่ยวกับการช่วยตนเอง ซึ่งรวมไปถึงการรับประทานอาหาร การแต่งตัว การขับถ่ายที่ถูกต้อง การเคลื่อนไหวทั้งภายในอาคาร และรอบอาคาร การฝึกให้คุ้นเคยกับเสียงในสภาพแวดล้อมรอบตัวนักเรียน การใช้กล้ามเนื้อ ทั้งกล้ามเนื้อใหญ่ (แขน ขา) และกล้ามเนื้อเล็ก (การหยิบจับ การใช้นิ้วมือ)

(2) หลักสูตรระดับประถมศึกษา

หลักสูตรระดับประถมศึกษาควรใช้หลักสูตรเดียวกันกับนักเรียนทั่วไปแต่วิธีการสอนสื่อและอุปกรณ์อาจแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปบ้าง การเรียนการสอนควรใช้เสียงเป็นหลัก เช่น การอภิปราย การนำเสนอรายงาน การใช้แถบบันทึกเสียง เป็นต้น รวมทั้งการจัดสภาพแวดล้อมให้เอื้ออำนวยต่อการฟัง กิจกรรมในระดับนี้ควรมุ่งเน้นการฝึกการรับรู้ด้วยการฟัง การจำแนกเสียงต่างๆ การอ่านและเขียนด้วยอักษรเบรลล์ และควรมีการฝึกเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม (orientation and mobility) ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถเคลื่อนที่ไปในสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) หลักสูตรระดับมัธยมศึกษา

หลักสูตรในระดับมัธยมศึกษาควรใช้หลักสูตรเดียวกันกับนักเรียนทั่วไป และควรเพิ่มการเตรียมพื้นฐานสำหรับการประกอบอาชีพ เนื้อหาของหลักสูตรจึงควรครอบคลุมด้านอาชีวศึกษาด้วย นักเรียนควรได้รับการฝึกทักษะที่จำเป็นเพื่อการประกอบอาชีพในอนาคต นอกจากนี้นักเรียนควรได้รับบริการอื่นเพิ่มเติม ซึ่งบริการการแนะแนวและการให้คำปรึกษาเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เนื่องจากนักเรียนเหล่านี้มีปัญหาในทางจิตวิทยาเช่นเดียวกับนักเรียนทั่วไป และเมื่ออยู่ในระยะวัยรุ่น ปัญหาอาจยังมีมากขึ้น นักเรียนต้องการการแนะนำปรึกษาในด้านการปรับตัวทั้งกับเพื่อนที่สูญเสียการมองเห็นด้วยกัน และเพื่อนที่สายตาปกติ ต้องการการยอมรับจากเพื่อน จากครู นักเรียนบางคนสายตาเลื่อมลง ทำให้ต้องอาศัยการรับรู้ทางการฟังและการสัมผัสมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านจิตใจจึงต้องการคำแนะนำปรึกษาจากครูแนะแนว

การเรียนการสอนสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นจะต้องสอดคล้องกับความต้องการและความสามารถของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งกิจกรรมและกลวิธีการเรียนการสอนอาจแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปบ้าง โดยเฉพาะในกิจกรรมที่นักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถปฏิบัติหรือร่วมกิจกรรมในลักษณะเดียวกันกับนักเรียนทั่วไปได้ ซึ่งกิจกรรมและวิธีการเรียนการสอนควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักเรียนที่มีความพิการทางการเห็นกับนักเรียนทั่วไป

(2) ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการประเมินตนเอง

(3) ช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการเรียนหนังสืออย่างเป็นอิสระโดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยผู้อื่นมากนัก

อุบล เล่นวารี (2542:51-52) กล่าวถึงหลักการสอนทั่วไปสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นไว้ดังนี้

(1) การสอนรายบุคคล เนื่องจากนักเรียนที่มีความบกพร่องจะแตกต่างกันในเรื่องของความต้องการพิเศษ ซึ่งเป็นผลมาจากความพิการทางการเห็น ระดับสติปัญญา พื้นฐานความรู้เดิม จึงมีความต้องการได้รับการสอนเป็นรายบุคคลมาก ฉะนั้น ในห้องเรียนหนึ่งจึงควรมีนักเรียนไม่เกิน 10 คน และแต่ละคนควรมีแผนการสอนรายบุคคลสำหรับระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาอาจจะเพิ่มจำนวนนักเรียนได้เล็กน้อย เพราะนักเรียนได้รับการฝึก และเรียนรู้มากขึ้นทำให้ช่วยตัวเองได้ดีขึ้น

(2) สอนด้วยรูปธรรม โดยที่นักเรียนจำเป็นต้องได้รับความรู้โดยการฟังและการสัมผัสทางกายเท่านั้น เพื่อให้นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับโลกอย่างถูกต้อง ตรงกับความจริงมากที่สุดจึงต้องใช้ของจริงและสถานการณ์จริง เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการฟัง ดู คลำ สัมผัส ฆนาครูปร่าง ลักษณะของพื้นผิว เสียง อุณหภูมิ ของสิ่งของนั้น หรือสถานการณ์นั้น เป็นต้น ถ้าหากนักเรียนได้สัมผัสเพียงหุ่นจำลองที่ย่อส่วนจากของจริง ควรอธิบายถึงขนาดที่แท้จริง โดยเปรียบเทียบให้เหมาะสมและชัดเจนที่สุดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงน้อยที่สุด

(3) การสอนสรุป โดยการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ซึ่งครูอธิบายให้นักเรียนเห็นภาพรวมของสิ่งแวดล้อมหนึ่งโดยนำไปเชื่อมโยงกับสิ่งแวดล้อมที่นักเรียนเคยรู้จักมาแล้ว

(4) สอนโดยเพิ่มสิ่งเร้าทีละน้อย เพื่อให้การดำรงชีวิตของนักเรียนกว้างขวางขึ้น และเพื่อนำนักเรียนไปสู่สิ่งแวดล้อมที่กว้างขึ้นจำเป็นต้องวางแผนเพิ่มสิ่งเร้า เพื่อพัฒนาประสบการณ์ของนักเรียน โดยผ่านการสอนทักษะการสร้างความรู้ความคุ้นเคยและการเคลื่อนไหว

(5) การฝึกให้ทำงานด้วยตัวเอง การเรียนรู้สิ่งแวดล้อมของนักเรียนพิการทางการเห็นจำเป็นต้องจูงใจให้กระทำด้วยตัวเอง การที่นักเรียนสูญเสียสายตาทำให้นักเรียนไม่สนใจหยิบจับของ เพราะไม่มีอะไรจูงใจทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนช้า จึงควรจัดโอกาสและกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำอะไรต่างๆ ด้วยตนเองเสมอ เพื่อเป็นการฝึกอบรมและแนะแนวให้เกิดความกล้าและกระตือรือร้นจนเป็นนิสัย

เครื่องมือและอุปกรณ์การสอนที่จำเป็น ได้แก่ อุปกรณ์ในการเขียนอักษรเบรลล์ เครื่องบันทึกเสียง หนังสือที่มีตัวอักษรขนาดใหญ่ หนังสืออักษรเบรลล์ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อฝึกทักษะของนักเรียนให้มีความชำนาญในการอ่านและเขียนหนังสือด้วยอักษรเบรลล์ ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวควรฝึกทุกวันจนกระทั่งนักเรียนเกิดความชำนาญ

2.3 คณิตศาสตร์กับนักเรียนพิการทางการเห็น

หลักสูตรการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นเป็นหลักสูตรเดียวกันกับนักเรียนทั่วไป แต่วิธีการสอน รวมทั้งสื่อและอุปกรณ์อาจแตกต่างกันบ้าง ซึ่งหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2544 ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ได้แก่

- (1) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาไทย
- (2) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์
- (3) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
- (4) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ สังคมวิทยา ศาสนาและวัฒนธรรม

- (5) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ สุขศึกษา พลศึกษา
- (6) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ศิลปะ
- (7) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ การงานอาชีพและเทคโนโลยี
- (8) สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาต่างประเทศ

จากหลักสูตรเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่นักเรียนทุกคนต้องได้รับการจัดการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นนักเรียนทั่วไปหรือนักเรียนพิการทางการเห็นก็ตาม จากการศึกษาของ Ostad(1989) พบว่ากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสัญลักษณ์ต่างๆทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นนามธรรมสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งไม่สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นที่เป็นแบบรูปธรรม(Dion และคณะ, 2000) โดย Ostad แนะนำว่าการสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นควรให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากการสัมผัส ทั้งในชีวิตประจำวัน วัตถุจริง รูปจำลอง ภาพหุ่นสัญลักษณ์ โดยนักเรียนต้องได้รับคำชี้แนะจากครูผู้สอนขณะสัมผัส นอกจากนี้การที่นักเรียนจะสามารถรับรู้สิ่งที่กำลังสัมผัสได้ยังขึ้นอยู่กับความสามารถและทักษะการสัมผัสของนักเรียนอีกด้วย และจากการสำรวจของ Cahill และคณะ(1996)ในประเทศเบลเยียมและไอร์แลนด์ พบว่านักเรียนพิการทางการเห็นส่วนใหญ่เข้าถึงรูปภาพทางคณิตศาสตร์ เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพต่างๆได้น้อย ซึ่งอาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น แผนภาพและรูปภาพมีความซับซ้อน ขาดการออกแบบสื่อสัมผัสที่ดี นักเรียนขาดทักษะการสัมผัส เป็นต้น ซึ่งโรงเรียนสอนคนตาบอดแห่งรัฐเท็กซัส(Texas school for the blind and visually impaired)(1997)ได้เสนอแนะแนวทางที่นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสบผลสำเร็จ มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่

(1) ทักษะการใช้สื่อสัมผัส (tactile display) ของนักเรียน เช่น ทักษะการแยกแยะเส้นต่างๆ ทักษะในการค้นหาข้อมูลสำคัญ เป็นต้น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง

(2) สื่อสัมผัสต้องมีการออกแบบมาให้เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน โดยเน้นที่จุดประสงค์การใช้และสารสนเทศสำคัญเท่านั้น

(3) วิธีการสอนนักเรียนพิการทางการเห็นควรสอนอย่างเป็นลำดับจากง่ายไปสู่ยาก โดยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์จากวัตถุจริง รูปจำลอง สื่อสัมผัส

องค์ประกอบทั้งสามประการนี้ควรพัฒนาไปพร้อมๆ กัน เพื่อให้นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความสามารถของนักเรียน

นักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถใช้การมองเห็นได้เหมือนกับนักเรียนทั่วไป ดังนั้นลักษณะการเรียนรู้ด้วยการสัมผัสของนักเรียนพิการทางการเห็นจะเป็นแบบทีละส่วนและเป็นลำดับ ซึ่งกระบวนการตั้งเคราะห์แต่ละส่วนเข้าด้วยกันจะเป็นสิ่งที่ยากมากและใช้เวลาพอสมควร ดังนั้นเพื่อให้การเรียนรู้ด้วยการสัมผัสเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงควรฝึกฝนนักเรียนพิการทางการเห็นให้ตรวจตราสื่อสัมผัสอย่างรอบคอบและเป็นระบบ เพื่อจะได้ไม่พลาดสารสนเทศที่สำคัญและเชื่อมโยงความสัมพันธ์แต่ละส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งทักษะที่ควรฝึกฝนให้นักเรียนมีดังต่อไปนี้

- (1) การแยกแยะวัตถุ รูปทรง ภาพสัญลักษณ์ 2 มิติ และเส้นต่างๆ
- (2) การติดตาม(tracking) และการเปรียบเทียบเส้นต่างๆรวมทั้งรูปทรงและสัญลักษณ์
- (3) การพัฒนาและการดูแลรักษาสื่อสัมผัส

การจดจำสิ่งเดียวกันแต่มีขนาดต่างกัน รูปทรงต่างกันหรืออยู่ในตำแหน่งทิศทางต่างกัน เป็นสิ่งที่ยากต่อการเข้าใจสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ดังนั้นการฝึกฝนทักษะการรับรู้สิ่งเหล่านี้เป็นเรื่องที่สำคัญมาก เพราะนักเรียนจะสามารถตัดสินใจได้ว่าขนาดที่แตกต่างกันหรือกลับทิศทางกัน เป็นสิ่งเดียวกันหรือไม่ หรือเป็นสารสนเทศที่แตกต่างกัน Barth (1982) กล่าวว่า ทักษะการใช้สื่อสัมผัสควรฝึกฝนผ่านการเรียนการสอนและกิจวัตรประจำวัน ดังนั้นควรพัฒนาเนื้อหาบทเรียนและหลักสูตรในการใช้สื่อสัมผัสให้เหมาะสมกับนักเรียนพิการทางการเห็นและครูควรสอนชี้แนะวิธีการใช้แก่นักเรียนด้วย

2.4 หลักการและทฤษฎีสื่อการสอน

2.4.1 ความหมายของสื่อการสอน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้หลากหลาย เช่น

เปรี๊ยะ กุมุท (2519: 1) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เป็นเครื่องมือ หรือช่องทางสำหรับการสอนของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่วางไว้อย่างดี

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526: 4) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งที่จะช่วยให้การเรียนรู้ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้การศึกษามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2529: 112) ให้ความหมายของสื่อการสอนว่า สื่อการสอนหมายถึง วัสดุ(สิ่งเปลี่ยน) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ใช้ไม่ผุพังง่าย) วิธีการ (กิจกรรม เกม การทดลอง ฯลฯ) ที่ใช้สื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติ (อารมณ์ ความรู้สึก ความสนใจ ทักษะ) และค่านิยม) และทักษะไปยังผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปได้ว่าสื่อการสอนหมายถึง ตัวกลางที่ช่วยนำและถ่ายทอดข้อมูลความรู้จากผู้สอนหรือจากแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เป็นสิ่งที่ช่วยอธิบายและขยายเนื้อหาบทเรียนให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นเพื่อบรรลุถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

2.4.2 หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้สื่อทั่วไป

ประหยัด จิรวรพงศ์ (2529:79-85)ให้หลักการใช้สื่อทั่วไป ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 หลักการ ได้แก่

2.4.2.1 หลักการเลือกสื่อ(principle of selection)

ผู้สอนควรพิจารณาหลักการเลือกสื่อบนพื้นฐานของจุดมุ่งหมายการเรียนรู้และความสอดคล้องกับคุณลักษณะของผู้เรียน โดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้

(1) ทำความเข้าใจ วิเคราะห์จุดประสงค์ของการสอน เกณฑ์การปฏิบัติเงื่อนไขการเรียนรู้ และส่วนประกอบของรูปแบบของสื่อให้ชัดเจน

(2) พยายามหาแหล่งทรัพยากร และข้อมูลเกี่ยวกับสื่อที่เหมาะสมจากแหล่งต่างๆ เช่น คู่มือ(Catalogs) และรายการที่ปรากฏในหนังสือต่างๆ

(3) เลือกสื่อที่เหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการเรียนรู้

(4) สามารถคาดการณ์ได้ว่าประสบการณ์การเรียนรู้จากสื่อเหล่านั้น จะส่งผลต่อกระบวนการเรียนและบรรลุจุดมุ่งหมายอย่างไร

(5) สื่อที่เลือกมานั้นมีความถูกต้อง สอดคล้องกับประสบการณ์ทางการเรียน ทั้งเป็นบุคคลและกลุ่มผู้เรียน

(6) เลือกสื่อที่สอดคล้องกับวิธีสอนต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพและสถานการณ์ใหม่ๆ เพื่อใช้กับการเรียนเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มใหญ่ หรือการสอนเป็นคณะ

(7) เลือกสื่อที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับคุณลักษณะของผู้เรียน

(8) วางแผนและเตรียมการใช้สื่อต่างๆ ที่เลือกสรรแล้วสามารถปฏิบัติได้โดยสะดวก

(9) วางแผนและเตรียมการสนับสนุนการผลิตสื่อที่จำเป็นเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

(10) ทดสอบกระบวนการเลือกสื่อ โดยอาศัยหลักวิชาการสังเกต และการใช้ตามจุดมุ่งหมายของการสอน

แม้ว่าผู้สอนส่วนใหญ่จะเลือกสื่อโดยอาศัยเนื้อหาวิชาและหลักการจากตำราไปใช้แล้วก็ตาม หากไม่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการใช้สื่อแล้วก็จะประสบความสำเร็ได้ยาก นอกจากนี้ยังต้องการการสนับสนุนจากแหล่งบริการสื่อหรือห้องสมุด ที่สามารถจะช่วยอำนวยความสะดวกในการอ่าน การสังเกตและข้อสนเทศจากแหล่งทรัพยากรต่างๆ อีกด้วย

ผู้สอนและผู้เรียนควรจะได้ประเมินสื่อในลักษณะของศักยภาพของสื่อ ที่จะช่วยกระตุ้นให้สามารถแสวงหาคำตอบหรือการใช้สื่อที่บรรลุจุดมุ่งหมายนั้น โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากการตอบคำถามดังต่อไปนี้

- (1) สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่
- (2) มีความสัมพันธ์กับผู้เรียนหรือไม่
- (3) เนื้อหามีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนหรือไม่
- (4) สามารถแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของผู้เรียนหรือไม่
- (5) สอดคล้องกับความแตกต่างระหว่างบุคคลหรือไม่
- (6) มีการจัดรูปแบบและการเสนอข้อมูลเป็นลำดับหรือไม่
- (7) มีความถูกต้อง และทันสมัยหรือไม่
- (8) เน้นการมีส่วนร่วม และการปฏิบัติหรือไม่
- (9) มีการเสริมแรงและการกระทำซ้ำเพื่อให้เกิดความคิดต่อๆ ไปหรือไม่
- (10) ประสิทธิภาพ และความชัดเจนของสื่อมีความสัมพันธ์กันหรือไม่
- (11) ช่วงเวลาของการเสนอสอดคล้องกับความสนใจและความต้องการเพียงใด

- (12) สามารถรายงานผลการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด
- (13) ผู้ผลิตมีความรับผิดชอบและมีหลักประกันเพียงใด
- (14) คุณค่าของสื่อผ่านการตรวจสอบ ทดลอง อย่างน่าเชื่อถือเพียงใด

2.4.2.2 หลักความพร้อม (principle of readiness)

การใช้สื่อควรจะได้มีการพัฒนาความพร้อมของผู้เรียนก่อน เพราะผู้เรียนจะได้มีโอกาสร่วมมือในการเรียนอย่างเต็มความสามารถ ถ้าปรากฏว่าสื่อการสอนดี สอดคล้องกับความสามารถในการใช้สื่อของผู้เรียน ผู้เรียนเข้าใจจุดประสงค์ และรายละเอียดของปัญหาแล้วก็จะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หลักการสร้างความพร้อมมีดังนี้

- (1) ออกแบบการวางแผนในการสร้างความพร้อมเฉพาะอย่างเป็นขั้นตอน เช่น การปฏิบัติ การอธิบาย และการช่วยเหลือที่จำเป็นแก่ผู้เรียน
- (2) แนะนำให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจในการพิจารณาสื่อตามความเหมาะสมของตนเองและเป็นกลุ่ม
- (3) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์โดยเฉพาะระหว่างสื่อกับกิจกรรมแก้ปัญหาที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติต่อไป
- (4) ใช้วิธีการต่างๆ เพื่อสร้างความพร้อมให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนก่อนใช้สื่อ และหารูปแบบเสริมสร้างความพร้อมเพิ่มเติม
- (5) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียนเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างความพร้อมโดยเฉพาะ

2.4.2.3 หลักการควบคุม (principle of control)

ในการใช้และการจัดระบบสื่อให้มีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องมีหน้าที่ควบคุมและรับผิดชอบโดยตรงเกี่ยวกับสื่อที่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ตามจุดมุ่งหมาย และให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นผลที่เกี่ยวกับ ค่าใช้จ่าย สิ่งที่ได้รับ การใช้เวลา ความพอใจของเจ้าของงาน อัตราความผิดพลาด และปัญหาที่กระทบ ที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและเงื่อนไขการใช้สื่อ ดังนั้น การควบคุมจึงต้องอาศัยความสามารถของผู้สอนที่จะประสานหลักการเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้รวมทั้งผลส่วนรวมที่เกิดจากการใช้สื่อ หลักการควบคุมควรพิจารณาในลักษณะต่อไปนี้

- (1) การจัดเตรียมเครื่องมือที่มีความเหมาะสมและถูกต้องตามลักษณะของสื่อแต่ละชนิด

- (2) ตรวจสอบ ป้องกัน และแก้ไขข้อบกพร่องในการใช้สื่อได้
- (3) จัดสถานที่และสภาพแวดล้อมการใช้สื่อที่สอดคล้องกับสภาพการณ์เรียนรู้
- (4) จัดบรรยากาศที่เกี่ยวกับการถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น แสงสว่าง และระบบเสียง ที่เหมาะสม
- (5) จัดประสิทธิภาพการเสนอ การตอบสนองระหว่างผู้สอน ผู้เรียนและสื่อที่เกี่ยวข้อง อย่างสัมพันธ์กัน
- (6) จัดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ โดยอาศัยตารางสอน
- (7) จัดระบบความปลอดภัยเกี่ยวกับสื่อและผู้ใช้สื่อ

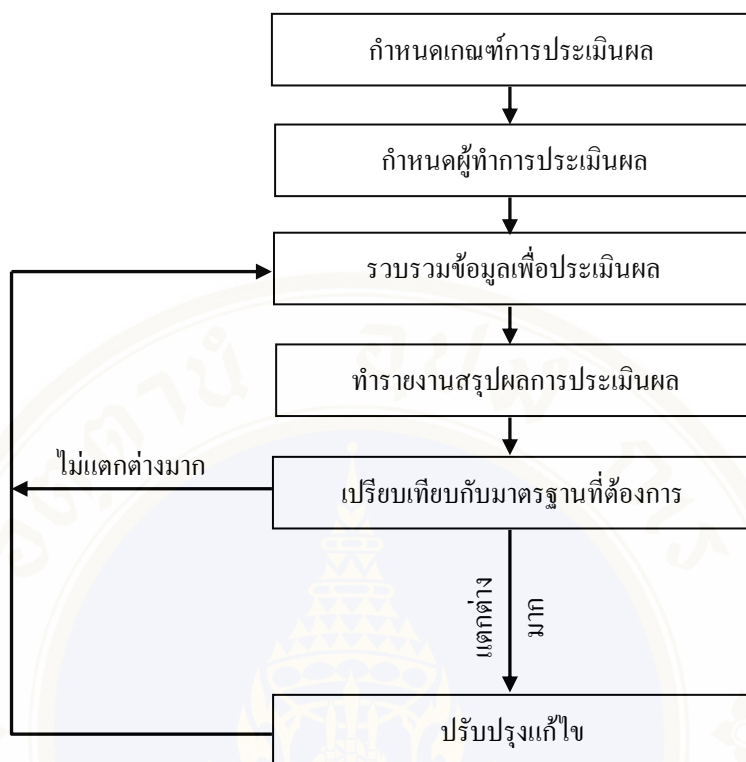
2.4.2.4 หลักการปฏิบัติ (principle of action)

ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถใช้สื่อในการเรียนด้วยตนเอง วิเคราะห์ตนเอง ตลอดจนการประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาบางอย่างให้มากที่สุด แนวคิดพื้นฐานที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรม มีดังนี้

- (1) การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ใคร่รู้ใคร่เรียนตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน
- (2) ใช้เทคนิคการตั้งคำถาม ที่ท้าทายให้ผู้เรียนอยากตอบสนอง
- (3) ใช้เทคนิคการอภิปรายที่ดี
- (4) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติโดยวิธีต่างๆ เช่น การจินตนาการ การค้นคว้า การแก้ปัญหา หรือการทำโครงการ
- (5) จัดลำดับประสบการณ์ และสื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้โดยสะดวกที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการสอนนั้นๆ
- (6) กำหนดและจัดสถานการณ์โดยใช้โครงการที่มีสื่อช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถเฉพาะของบุคคล หรือกลุ่มผู้เรียนในกระบวนการเรียนการสอน
- (7) จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการผลิตสื่อ ทั้งเป็นลักษณะรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ตามความเหมาะสม อันเป็นการเสริมสร้างลักษณะการปฏิบัติให้เกิดทักษะแก่ผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

2.4.2.5 หลักการประเมินผล (principle of valuation)

ผู้สอนควรจะต้องมีการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง ทั้งด้านคุณลักษณะของสื่อและเทคนิคการใช้สื่อ ตลอดจนความเหมาะสมอย่างอื่นๆ ในการประเมินผลสื่อ ควรพิจารณาระบบการประเมินดังแผนภาพ



แผนภาพที่ 2.1 กระบวนการประเมินผล

จากแผนภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า การประเมินผลเชิงระบบนั้น จะเริ่มจากการวางแผนเกณฑ์การประเมินผลก่อน ให้เกิดความชัดเจนและสามารถปฏิบัติได้ แล้วพิจารณาผู้ทำการประเมินที่มีความเข้าใจ หรือเกี่ยวข้องโดยตรง เพื่อจะได้รวบรวมข้อมูลที่จะทำการประเมินผลและสรุปผลที่ได้ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ต้องการว่าแตกต่างมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้แก้ไขปรับปรุงให้เข้าสู่สภาวะปกติของการทำงานตามความมุ่งหมาย โดยปกติแล้วการประเมินผลการใช้สื่อ จะพิจารณาจาก

- (1) กระบวนการใช้สื่อที่ผ่านมา
- (2) พิจารณาคูณค่าของสื่อทั้งหมด ที่ให้ผลตามจุดมุ่งหมายการเรียนรู้โดยเฉพาะรวมถึงการพัฒนาคุณค่าของมนุษย์
- (3) พิจารณาในแง่ของการเสริมสร้างความเจริญงอกงามของผู้เรียน
- (4) พิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ประกอบสำหรับการประเมิน การเลือกใช้ และวิธีการต่างๆ ในการใช้ที่เหมาะสม

หลักการและทฤษฎีทั้ง 5 ประการ ของการใช้สื่อและการจัดสื่อจะมีอิทธิพลต่อการกิจของผู้สอนโดยตรงที่จะต้องศึกษาโดยตลอด เพราะเป็นเครื่องมือในการวางแผนการใช้หลักสูตรหรือการแก้ปัญหาในกระบวนการเรียนการสอนอย่างสมเหตุสมผล

2.5 สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

2.5.1 ประวัติการใช้สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

จากหลักฐานที่มีการบันทึกไว้ในวารสาร NEW BEACON ฉบับที่ 18 No. 210, 1934 (อ้างถึงใน <http://s22318.tsbvi.edu>) พบว่ามีการใช้สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์ตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 18 โดย Nicholas Saunderson ศาสตราจารย์ด้านคณิตศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ (Cambridge University) สร้างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พีชคณิตและเรขาคณิต โดยใช้แผ่นกระดานสี่เหลี่ยม จัตุรัสเจาะรู และใช้หมุดเสียบลงไปในเรื่อง ต่อมา Herr Weissenberg ครูสอนพิเศษวิชาพีชคณิต ตรีโกณมิติและเรขาคณิต ได้ดัดแปลงแผ่นกระดานของ Saunderson สำหรับการสอนนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งต่อมา Valentine Haüy จากสถาบัน Jeunes Aveugles ได้ปรับปรุงแผ่นกระดานของ Saunderson อีกครั้ง

William Taylor ผู้บริหารโรงเรียน Wilberforce Memorial ในเมืองยอร์ก (York) ประเทศอังกฤษได้ประดิษฐ์ Taylor Arithmetic frame ซึ่งทำจากโลหะ เจาะรูเป็นรูปแฉกคล้ายดาว 8 มุม Taylor frame เป็นอุปกรณ์ในการสอนคณิตศาสตร์อยู่หลายปีแต่เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้ซับซ้อนกว่าการเขียนด้วยดินสอบนกระดานจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมแพร่หลายนัก มีเพียงนักเรียนพิการทางการเห็นเท่านั้นที่ใช้ในการเรียนวิชาเลขคณิต

ในปี ค.ศ. 1914 Brown ได้รับมอบหมายจาก Worcester College for the Blind ให้ช่วยปรับปรุงอุปกรณ์คณิตศาสตร์สำหรับคนตาบอดให้ดีขึ้น ซึ่ง Brown ได้ทำการปรับปรุงกระดานกราฟสำหรับกราฟพีชคณิตและกราฟตรีโกณมิติ อีกไม่กี่ปีต่อมา Emblen เป็นผู้หนึ่งในทีมงานของ National Institute for the Blind ได้รับมอบหมายให้ดูแล Miss Sadie หญิงตาบอดที่กำลังศึกษาในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในลอนดอน (London) ประเทศอังกฤษ ซึ่งในขณะนั้นยังขาดอุปกรณ์การเรียนคณิตศาสตร์ มีเพียงดินสอที่ปลายติดลูกดิ่งและวงเวียนใช้ในการวาดรูปเรขาคณิตที่ประดิษฐ์โดย Guy Campbell เท่านั้น Emblen ได้ประดิษฐ์ กระดานคณิตศาสตร์ใช้ในการสร้างรูปเรขาคณิตและ plot กราฟได้ ประกอบด้วยกระดานผ้าขนสัตว์ทำเครื่องหมายเป็นจุดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดครึ่งนิ้วและใช้เข็มหมุดเสียบลงไปตามจุดเหล่านั้นเพื่อสร้างรูปเรขาคณิตเช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม เป็นต้น สร้างเส้น

โดยใช้สายรัดยางยืดคล้องระหว่างเข็มหมุด ส่วนวงกลมสร้างโดยใช้ขดลวดวงกลมยืดหยุ่นและใช้เข็มหมุดเสียบขดลวดเพื่อยึดติดกับกระดานได้ ซึ่งเป็นการสร้างรูปเรขาคณิตที่ง่ายและรวดเร็วมาก

ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถใช้ในการสร้างรูปภาพสัมผัสได้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้ ได้ยกตัวอย่างไว้เช่น Wicky Sticks ทำมาจาก wax เป็นเส้นยาว สามารถใช้ร่วมกับกระดาดจุนุ่นเป็นโครงค้ำขยับในการสร้างรูปกราฟได้ Wicky Sticks สามารถดัดเป็นรูปต่างๆและฉีกให้เป็นชิ้นเล็กๆได้ ซึ่งนำชิ้นเล็กๆเหล่านี้มาใช้ในการ plot กราฟบนระนาบพิกัดฉาก (Evelyn, 1996)

วิธีการสร้างรูปกราฟด้วยการใช้ชุดวาดภาพลายเส้นของ Sewell ซึ่งประกอบด้วย แผ่นยางรองเขียนที่ยึดติดกับกระดาน stylus และแผ่นพลาสติก mylar วิธีใช้คือ ยึดแผ่นพลาสติก mylar ติดกับแผ่นยางรองเขียนด้วยตะปูเกลียว จากนั้นใช้ stylus จี๊ดวาดรูปลงไปบนแผ่นพลาสติก ลายเส้นที่วาดก็จะนูนขึ้นมา และยังใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นช่วยในการวาดรูปอีกเช่น วงเวียน ไม้โปรแทรกเตอร์ ที่ทำจุนุ่นทุกๆ 15 องศา ไม้บรรทัดยาว 1 ฟุตมีจุนุ่นทุกๆ 1 นิ้ว เป็นต้น นอกจากอุปกรณ์ต่างๆที่กล่าวมาแล้วยังมีวิธีการและอุปกรณ์อื่นๆอีก เช่น กระดาดชนิดพิเศษ เมื่อวาดลายเส้นหรือพิมพ์ภาพลงบนกระดาดแล้วนำกระดาดไปผ่านความร้อน ลายเส้นต่างๆก็จะนูนขึ้นมา ปากกาความร้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันในประเทศเยอรมัน แต่อุปกรณ์เหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูงจึงไม่นิยมแพร่หลายมากนัก

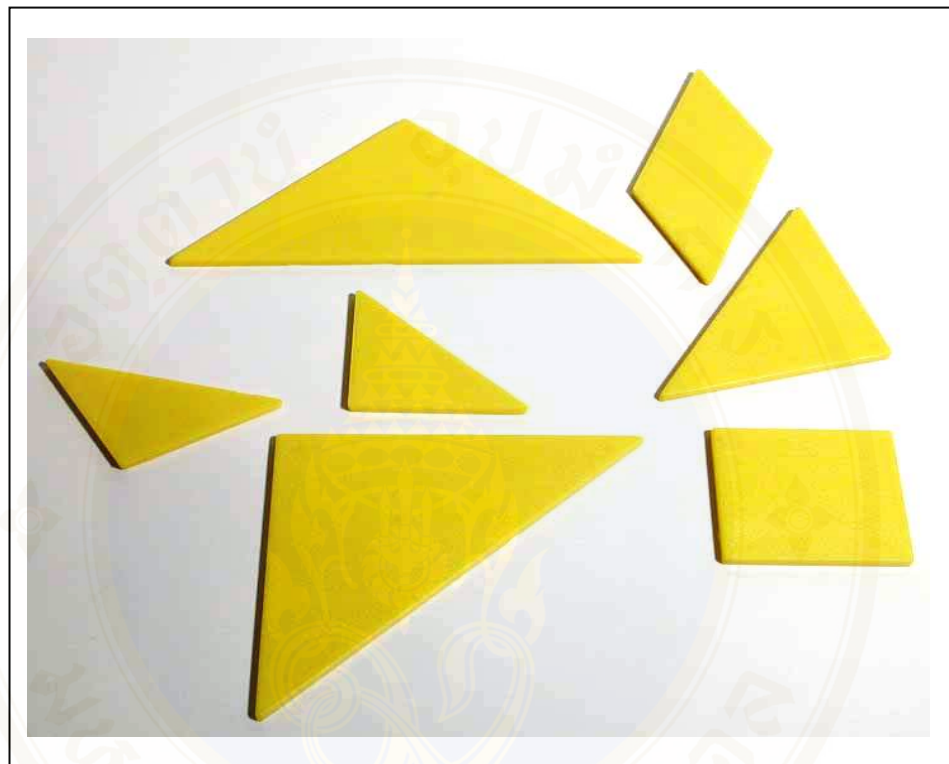
2.5.2 ตัวอย่างสื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

(1) ATH Numberline เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการสอนเส้นจำนวน โดยใช้เข็มหมุดเสียบลงในรูตามตำแหน่งต่างๆ



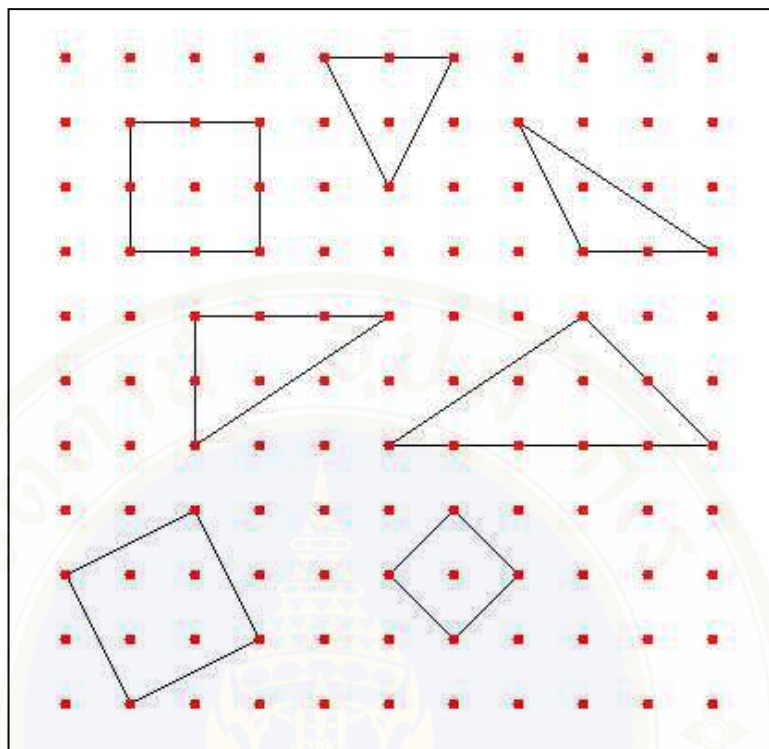
รูปที่ 2.1 สื่อสัมผัสคณิตศาสตร์ ATH Number line

(2) Geometry teaching aid เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สร้างรูปเรขาคณิตต่างๆ เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปกราฟ เป็นต้น โดยใช้แผ่นโครงตาข่ายวางลงบนแผ่นยางและใช้เข็มหมุดเสียบลงไปในแผ่นยางตามตำแหน่งต่างๆ จากนั้นสร้างเส้นตรงโดยใช้เส้นยางยืดหยุ่น



รูปที่ 2.2 สื่อสัมผัส Geometry teaching aid

(3) Geoboard เป็นอุปกรณ์สร้างรูปเรขาคณิต เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้เข็มหมุดเสียบลงในรูบนแผ่นกระดานและใช้เส้นยางยืดหยุ่นสร้างเส้นตรง



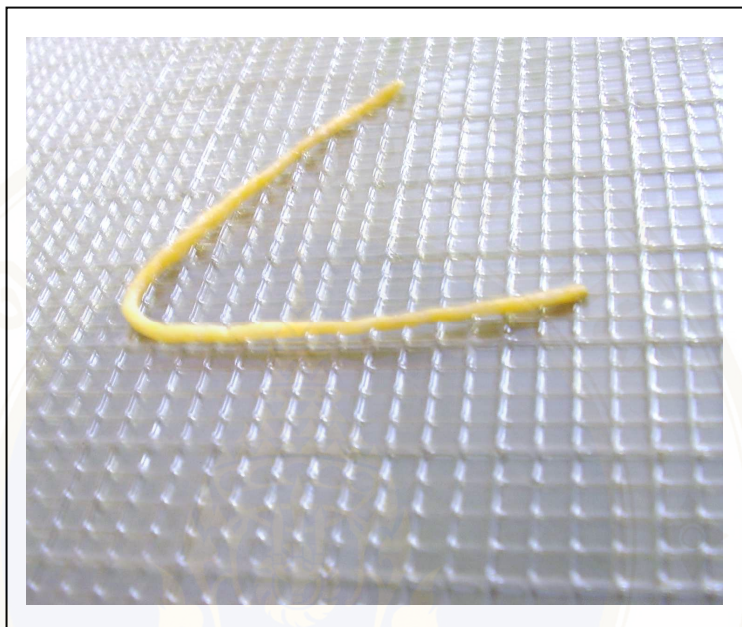
รูปที่ 2.3 สื่อสัมผัส Geoboard

(4) Fractional part เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สอนความคิดรวบยอดพื้นฐานเรื่องเศษส่วน



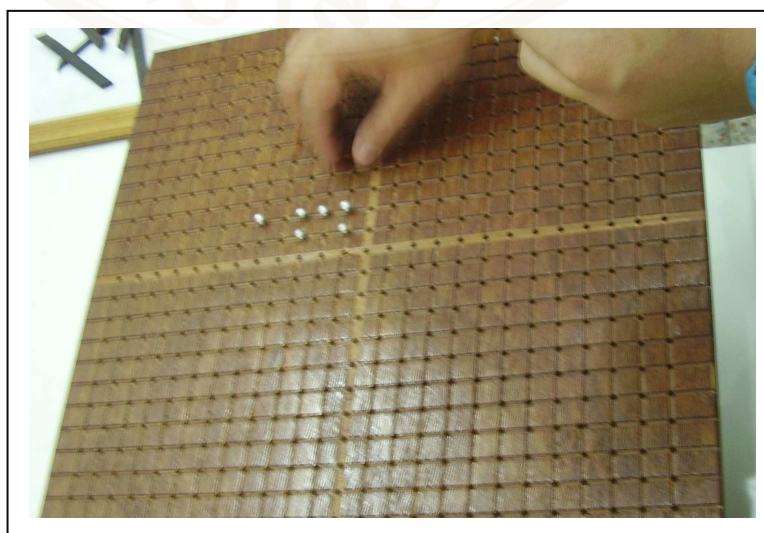
รูปที่ 2.4 สื่อสัมผัส Fractional parts

(5) แผ่นตารางแบบพลาสติกพร้อม Wicky Stick ซึ่ง Wicky Stick เป็นวัสดุประเภทไข (wax) มีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้ายเส้นเชือก สามารถตัดโค้งเป็นรูปเส้นโค้งต่างๆได้หรือตัดเป็นชิ้นเล็กๆใช้ติดลงไปตามจุดต่างๆบนแผ่นตารางประกอบการสอนเรื่อง คู่อันดับและกราฟได้



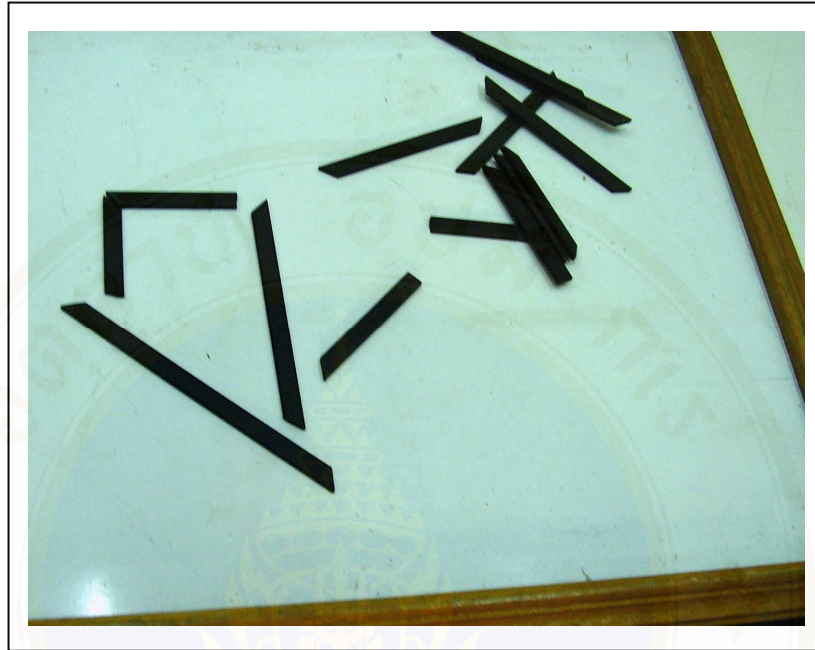
รูปที่ 2.5 แผ่นตารางแบบพลาสติกพร้อม Wicky Stick

(6) แผ่นตารางพร้อมหมุดเสียบ เป็นอุปกรณ์สร้างรูปเรขาคณิตและรูปกราฟ โดยใช้หมุดเสียบลงไปตามตำแหน่งต่างๆและสร้างรูปเรขาคณิตโดยใช้เส้นยางยืดหุ้नคล้องระหว่างหมุด



รูปที่ 2.6 แผ่นตารางแบบไม้

(7) กระดานติดแถบแม่เหล็กพร้อมแท่งแม่เหล็กเพื่อสร้างแผนภูมิแท่ง เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนเรื่องแผนภูมิแท่ง โดยใช้แถบแท่งแม่เหล็กติดลงไปบนแผ่นกระดาน



รูปที่ 2.7 กระดานติดแถบแม่เหล็กพร้อมแท่งแม่เหล็ก

2.5.3 การออกแบบสื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

การออกแบบสื่อสัมผัสคณิตศาสตร์ที่ดีเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามศักยภาพของตนเอง โรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส(1997) ได้ให้คำแนะนำในการออกแบบสื่อสัมผัสคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปประเด็นต่างๆได้ดังนี้

(1) ขนาดและการจัดวางตำแหน่งของสารสนเทศ (information) และสัญลักษณ์ (symbol)

ขนาดของสารสนเทศควรมีขนาดเท่ากัน แต่เค้าโครงร่างหรือการจัดวางตำแหน่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความยาวของบรรทัดและพื้นที่ว่าง ในบางกรณีขนาดของสารสนเทศอาจปรับเปลี่ยนได้ตามความสำคัญของเนื้อหา และพื้นที่ว่างระหว่างสารสนเทศ เช่น รูปภาพสัมผัสควรมีระยะห่างอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ นิ้ว ซึ่งผู้อ่านจะสามารถแยกแยะสิ่งที่สัมผัสได้และถ้ารูปสัมผัสมีความสูงที่แตกต่างกัน พื้นที่ว่างควรมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

ขนาดของสัญลักษณ์ที่ใช้ต้องนำมาพิจารณาด้วยโดยเฉพาะขนาดของสัญลักษณ์ที่มีขนาดเท่ากับสัญลักษณ์จริงซึ่งเป็นสิ่งสำคัญเพราะว่า

- 1) คนตาบอดไม่สามารถรับรู้รายละเอียดที่มีขนาดเล็กได้เหมือนคนทั่วไป
- 2) คนตาบอดไม่สามารถใช้อุปกรณ์ที่ช่วยขยายขนาดของภาพได้

ขนาดสัมพัทธ์ของสัญลักษณ์ยังส่งผลต่อความสามารถของผู้อ่านที่จะจดจำสัญลักษณ์เหล่านี้ ถ้ารูปร่างของสัญลักษณ์มีขนาดที่แตกต่างกัน การจดจำรูปร่างเหล่านี้จะยากและใช้เวลานานมาก ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญลักษณ์ต่างๆ ยกเว้นว่าความแตกต่างของขนาดสัญลักษณ์นั้นจะแสดงถึงความหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งก็มีนักเรียนหลายคนอาจจะใช้ประโยชน์จากการใช้สัญลักษณ์ที่มีขนาดเท่ากันด้วย

การจัดวางตำแหน่งของสัญลักษณ์เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาเพิ่มเติมด้วย คนตาบอดส่วนใหญ่มีสิ่งที่คล้ายกันคือ การใช้สัญลักษณ์ที่เหมือนกัน หากจัดวางตำแหน่งที่แตกต่างกันจะค่อนข้างยากในการจดจำ ดังนั้นไม่ควรเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของสัญลักษณ์ หากสัญลักษณ์นั้นเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องจดจำ ในบางกรณีที่มีการจัดวางตำแหน่งของสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันอาจแสดงถึงสารสนเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องสร้างความคุ้นเคยกับสื่อสัมผัสและคำอธิบายรายละเอียดด้วยเสมอ

(2) แผนภาพ (diagram)

ถ้าต้องการแบ่งแผนภาพออกเป็นส่วนย่อยมากกว่าหนึ่งส่วนแล้ว ส่วนที่แบ่งเหล่านี้ต้องไม่ไปรบกวนความคิดรวบยอดของแผนภาพ นอกจากนี้แต่ละส่วนควรจะเป็นลำดับขั้นซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันได้

หากต้องการแสดงแผนภาพทั้งหมดในแผ่นเดียวกันควรมีรายละเอียดในแต่ละส่วนหรือมีบทสรุปเนื้อหาสำหรับผู้อ่าน ดังนั้นแผนภาพแบบนี้จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่พอสมควร

นักเรียนพิการทางการเห็นไม่สามารถสัมผัสรู้ได้ทั้งหมดในคราวเดียวและไม่สามารถอ่านข้ามรายละเอียดที่ไม่สำคัญจากสื่อสัมผัสที่สลับซับซ้อน ดังนั้นการทำสื่อสัมผัสต้องตรวจวิเคราะห์ก่อนที่จะนำไปทำเป็นแผนภาพและต้องแสดงให้เห็นเป็นลำดับด้วยรูปแบบที่เป็นระเบียบเพื่อผู้อ่านจะสามารถค้นหาสาระสำคัญได้ง่าย

(3) พื้นหลัง (background)

สื่อสำหรับคนที่มองเห็นได้มักจะมีพื้นหลังที่เป็นลวดลายหรือแสงเงา มีหลายกรณีที่ลวดลายของพื้นหลังไม่สัมพันธ์กับจุดประสงค์ของแผนภาพ การใช้ลวดลายของพื้นหลังที่ทำให้มีผิวสัมผัสที่แตกต่างกันหลายชนิดอาจจะทำให้ผู้อ่านสับสนและเข้าใจผิดได้ พื้นผิวสัมผัสจะทำให้ความเร็วในการอ่านและความแม่นยำในการอ่านแผนภาพที่สัมผัสได้ลดลง และการอ่านข้ามไปแต่ละบรรทัดบนพื้นผิวสัมผัสเช่นนี้จะเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงพื้นหลังเหล่านี้ยกเว้นว่าพื้นหลังเป็นส่วนสำคัญของสารสนเทศที่ต้องแสดงให้เห็น

(4) การใช้รูปภาพ

การใช้รูปร่างง่ายๆ โดยไม่จำเป็นที่ต้องทำให้เหมือนกับรูปภาพตามต้นฉบับ เพื่อให้สะดวกต่อการอ่านเป็นสิ่งจำเป็นมากกว่าการใช้รูปร่างหรือรูปภาพที่ซับซ้อน ซึ่งหนังสือคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาหลายเล่มใช้รูปภาพที่ซับซ้อน เช่น รูปสัตว์, นก, ฯลฯ เพื่อจะบอกการนับสมาชิกภายในกลุ่ม ซึ่งจำนวนสิ่งของภายในกลุ่มเป็นสิ่งสำคัญในการนับหรือการเปรียบเทียบ แต่การทำรายละเอียดให้เหมือนกับรูปภาพต้นฉบับเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นและอาจจะทำให้ผู้อ่านสับสนได้ การพิจารณาว่าสิ่งใดคือสาระสำคัญและควรแสดงอยู่บนสื่อสัมผัสเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งโรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส(1997) มีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบและผลิตสื่อสัมผัสคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ดังต่อไปนี้

(1) พิจารณาที่วัตถุประสงค์ของการใช้สื่อสัมผัส ซึ่งจะช่วยให้จำแนกได้ว่าสารสนเทศอะไรบ้างที่ต้องแสดงอยู่บนสื่อสัมผัส

(2) ทำการแก้ไขภาพพิมพ์(print) ก่อนที่จะนำไปทำเป็นสื่อสัมผัส โดยพิจารณาว่าสารสนเทศใดบ้างที่ควรแสดงอยู่บนสื่อสัมผัส สาระที่ไม่สำคัญจะทำให้ผู้อ่านสับสน และควรมีแผนผังรวมทั้งสัญลักษณ์ที่ชัดเจน

(3) พิจารณานักเรียนเป็นรายบุคคล โดยพิจารณาถึงภูมิหลัง, ประสบการณ์กับภาพสัมผัส การรับรู้และระดับภาษาจะช่วยให้มั่นใจได้ว่าสื่อสัมผัสนั้นเหมาะสมกับนักเรียนคนนั้นๆ

(4) พิจารณาอายุการใช้งานของสื่อสัมผัส โดยพิจารณาว่าในระยะยาวจะยังใช้ได้หรือไม่และความถี่ในการใช้ภายใต้สภาวะต่างๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการเลือกวัสดุ

(5) อ่านและตรวจทานสื่อสัมผัสทั้งต้นฉบับและสำเนาด้วยนิ้วมือของตนเอง ไม่ควรใช้การตรวจทานด้วยสายตาเพียงอย่างเดียว

(6) จำแนกสิ่งที่จำเป็นในการทำสื่อสัมผัสเพื่อแสดงภาพได้อย่างถูกต้อง เช่น จุดตัดของกราฟ การขยายเส้นจำนวน (number line) เพื่อให้ครอบคลุมการแก้ไขโจทย์ปัญหา พื้นที่และส่วนแบ่งย่อยที่ต้องทำการวัด

(7) เมื่อทำการออกแบบภาพนูน ควรจะให้มีความสูงที่น้อยที่สุด เพราะอาจจะสร้างความสับสนให้กับผู้อ่านและพยายามหลีกเลี่ยงพื้นหลังที่เป็นผิวสัมผัสยกเว้นว่าพื้นหลังเหล่านี้เป็นสารสนเทศที่สำคัญ เช่น ภาพนูนกราฟเส้นโค้งแบบพาราโบลา เส้นโครงตาข่าย (grid line) ควรจะเอาออกไปหากเส้นเหล่านี้เป็นเพียงแค่พื้นหลังและไม่มีความสัมพันธ์กับแผนภาพหรือการแก้ไขโจทย์ปัญหาของนักเรียน

(8) หากจำเป็นต้องใช้เส้นโครงตาข่าย เช่น ถ้าต้องกำหนดตำแหน่งของจุดที่ต้องพบในการอธิบายกราฟ ในกรณีเช่นนี้เส้นโครงตาข่ายควรทำให้ต่ำกว่าเส้นอื่นๆ ที่มีสารสนเทศสำคัญ

มากกว่า เช่น เส้นกราฟ จุดตัดของกราฟ เป็นต้น ซึ่งโดยปกติแล้วเส้นแนวแกน X และแกน Y ควรจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน

(9) ขนาดของแผนภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาด้วย โดยทั่วไปแล้วขนาดที่ควรพิจารณาคือ พื้นที่การเคลื่อนไหวของมือเดียวหรือสองมือ ถ้าแผนภาพมีขนาดเล็กเกินไปข้อมูลในนั้นจะเบียดเสียดแน่นและสร้างความสับสนได้ แต่ถ้าใหญ่เกินไปก็จะขาดความต่อเนื่องหรือความสัมพันธ์กัน ยกเว้นว่ามาตราส่วนที่ถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องแสดงบนแผนภาพ นอกจากนี้แผนภาพที่ซับซ้อนควรแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ ที่มีรูปแบบง่ายต่อความเข้าใจ เป็นระเบียบ และควรมีคำอธิบายแผนภาพเพื่อที่จะได้ไม่ต้องพลิกกลับไปกลับมา

(10) ถ้าสื่อสัมผัสถูกจัดวางอยู่ในตำแหน่งใหม่ ควรตรวจสอบสารสนเทศว่ายังคงใช้ได้ถูกต้องเหมือนเดิมหรือไม่ เช่น เส้นโค้งพาราโบลาที่โค้งคว่ำลง เมื่ออยู่ในตำแหน่งตรงกันข้ามจะเป็นเส้นโค้งหงายขึ้น ดังนั้นถ้าการจัดวางตำแหน่งใหม่ทำให้เกิดสารสนเทศใหม่ได้ควรมีคำอธิบายปรากฏอยู่บนสื่อสัมผัสด้วย

(11) ถ้าสารสนเทศในสื่อปกติมีการจัดเรียงไม่เป็นระเบียบ เมื่อจัดทำเป็นสื่อสัมผัสสารสนเทศที่เหมือนกันควรจะจัดรวมให้เป็นหมวดหมู่เดียวกัน

(12) สื่อสัมผัสต้องเหลือขอบให้เพียงพอซึ่งอาจจะจำเป็นต้องนำแผนภาพไปทำสำเนาด้วยกระดาษความร้อน (thermoform) และเพื่อเย็บหรือเจาะรูเข้าเล่มได้

(13) ช่องว่างระหว่างบรรทัดและสัญลักษณ์จะขึ้นอยู่กับการรับรู้ของนักเรียน ซึ่งช่องว่างควรมีระยะห่างอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ นิ้ว เพื่อให้นักเรียนสามารถแยกแยะสัญลักษณ์และบรรทัดได้

(14) ช่องว่างระหว่างอักษรเบรลล์กับสัญลักษณ์ควรมีระยะห่างอย่างน้อย $\frac{1}{4}$ นิ้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าอักษรเบรลล์หรือสัญลักษณ์จัดวางอยู่ในตำแหน่งถัดจากภาพนูนสูง

(15) รูปร่าง เช่น รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สี่เหลี่ยมคางหมู เป็นต้นสามารถทำเป็นภาพนูนสูงได้ แต่เส้นควรมีความนูนน้อย เพื่อผู้อ่านจะสามารถแยกแยะได้ง่าย

(16) แนวเส้นที่สำคัญควรจะดึงดูดความสนใจของผู้อ่านในทันที ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้แนวเส้นที่มีผิวสัมผัสเด่นชัดหรือทำให้เป็นเส้นที่มีระดับสูงขึ้น

(17) สัญลักษณ์และมุมควรมีขนาดใหญ่เพียงพอที่ผู้อ่านจะรับรู้ด้วยการสัมผัสได้

(18) เส้นที่ต้องการวัดควรจะนูนเพียงพอที่ผู้ใช้สามารถใช้ไม้บรรทัดหรือไม่โปรแทรกเตอร์ วัดได้ง่าย ถ้าทำการวัดเส้นรอบรูปของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งต้องใส่ชื่อให้กับเส้นตัดขวางภายในของรูปร่างนั้น โดยอักษรเบรลล์ต้องไม่ไปรบกวนการใช้ไม้บรรทัดด้วย

(19) ความแตกต่างเพียงเล็กน้อยต้องตรวจพบได้บนสื่อสัมผัสโดยใช้ความยาวหรือขนาดร่วมกับพื้นผิวสัมผัสที่สัมพันธ์กัน เช่น ถ้าเป็นแถบยาวก็ใช้พื้นผิวสัมผัสที่หยาบขรุขระซึ่งอาจจะช่วยให้การอ่านมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

(20) การทำเส้นกราฟควรใช้ชนิดของเส้นที่แตกต่างกันเพื่อแสดงถึงสารสนเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งจะดีกว่าการใช้ชนิดของเส้นกราฟแบบเดียวกันแต่ใส่ชื่อต่างกัน

(21) การทำแผนภาพที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กับเนื้อหาในห้องเรียน สัญลักษณ์ที่ใช้อาจจะต้องทำให้คล้ายคลึงกับภาพของจริงเพื่อการอธิบายในห้องเรียนจะได้ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามยังพบบ่อยๆ ว่าการใช้สัญลักษณ์แบบสัมผัสได้ทำให้นักเรียนสับสนมาก บางทีการอธิบายอย่างชัดเจนและการให้รายละเอียดกับการใช้สัญลักษณ์ง่ายๆ อาจจะเหมาะสมกว่า

(22) สัญลักษณ์ทั้งหมดควรจะให้คำจำกัดความหรือกำกับคำอธิบายไว้ด้วย

(23) อักษรเบรลล์ต้องไม่ทำให้รูปร่างของภาพเสีย ควรจะวางอยู่ภายในรูปร่างหรือภายนอกรูปร่างซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนอักษรเบรลล์และพื้นที่ว่าง

(24) การระบุชื่อด้วยอักษรเบรลล์ไม่ควรใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด ยกเว้นการใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ จะแสดงถึงสารสนเทศที่แตกต่างกัน เช่น เส้นตรง AB กับเส้นตรง ab เป็นต้น

(25) ควรมีรายการแสดงรหัสอักษรเบรลล์คณิตศาสตร์(Nemeth code) และสัญลักษณ์ที่ใช้ในคณิตศาสตร์บ่อยๆ ให้กับนักเรียนเพื่อความรวดเร็วในการอ้างอิง

(26) สื่อสัมผัสอาจมีการทำเครื่องหมายไว้ที่ด้านบนของแผนภาพเพื่อผู้อ่านจะได้ทราบว่าด้านใดคือด้านบน

(27) การแสดงวัตถุ 3 มิติให้เป็นภาพ 2 มิติอย่างมีประสิทธิภาพจะเป็นเรื่องที่ยากมาก ถึงแม้ว่าจะใช้การแสดงเส้นโครงร่างด้วยแนวเส้นที่เป็นจุดแทนการใช้เส้นทึบเพื่อแสดงขอบและมุมที่มองไม่เห็น คนที่มองเห็นอาจเข้าใจภาพที่เขียนแสดงด้วยเส้นโครงร่างซึ่งเป็นเพราะว่าความคิดรวบยอดเกิดจากประสบการณ์หรือภาพ perspective เป็นภาพที่เข้าใจได้ง่าย การสันนิษฐานว่าคนตาบอดจะใช้ภาพเหล่านี้ได้มีประสิทธิภาพเท่าเทียมคนทั่วไปเป็นการสันนิษฐานที่ผิด

(28) ตัวเลข ตัวอักษรหรือคำที่เป็นอักษรเบรลล์ซึ่งทำไว้ในกระดาษแผ่นอื่น การตัดแล้วติดกลงไปในแผนภาพอาจจะทำให้เข้าใจผิดคิดว่าเป็นกรอบข้อความได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปทำสำเนาด้วยกระดาษความร้อน ดังนั้นควรวางแผนการบันทึกอักษรเบรลล์ในการทำแผนภาพหรือรูปภาพในแผ่นเดียวกัน

(29) ใช้เส้นนำ(lead line) เท่าที่จำเป็น เพราะเส้นเหล่านี้จะไปรบกวนเส้นสำคัญต่างๆ ในแผนภาพ และพยายามวางเส้นนำให้จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดให้ใกล้กันที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงโดยไม่ไปรบกวนชื่อหรือสัญลักษณ์

(30) ถ้าเป็นไปได้ควรใช้สัญลักษณ์ที่สัมผัสได้ให้สอดคล้องกันกับสัญลักษณ์ของคนทั่วไปที่ใช้บ่อยๆ

2.5.4 เทคนิคการทำภาพนูน

เมื่อออกแบบสื่อสัมผัสเสร็จสิ้น การนำไปทำเป็นภาพนูนควรคำนึงถึง วัตถุประสงค์การใช้ ต้นทุนการผลิต และจำนวนภาพนูน รวมทั้งเครื่องมือในการผลิตและผู้เชี่ยวชาญด้วย ซึ่งกระบวนการผลิตภาพนูนมีหลากหลายเทคนิควิธี Eriksson (1999) ได้รวบรวมเทคนิคการผลิตภาพนูนไว้ ดังนี้

(1) เทอร์โมฟอร์ม (thermoform)

เป็นเทคนิคการผลิตภาพนูนที่มีผิวสัมผัสที่แตกต่างกันได้ ซึ่งกระบวนการผลิตจะทำแม่พิมพ์ขึ้นมาก่อน โดยเลือกใช้วัสดุที่ทนความร้อน จากนั้นจึงนำไปผ่านเครื่องทำภาพนูนซึ่งอาศัยหลักการของสุญญากาศและความร้อน ภาพนูนที่ได้นอกจากจะทำให้มีความนูนที่แตกต่างกันได้แล้ว ลายเส้นและผิวสัมผัสยังสามารถทำให้มีความแตกต่างกันได้อีกด้วย

(2) Swell paper

เป็นเทคนิคการผลิตภาพนูนที่คล้ายคลึงกับการผลิตแบบ thermoform แต่ภาพนูนที่ได้จะมีความนูนเท่ากันทั้งหมด ส่วนลายเส้นและพื้นผิวสัมผัสสามารถทำให้มีความแตกต่างกันได้ การผลิตภาพนูนด้วยวิธีนี้จะใช้การเขียนหรือวาดรูปต่างๆด้วยดินสอดำหรือพิมพ์ภาพจากเครื่องพิมพ์แบบหมึกพ่น (inkjet) ลงบนกระดาษ Swell จากนั้นจึงนำไปผ่านเครื่องทำภาพนูน ซึ่งอาศัยหลักการของรังสีอินฟราเรด (infrared) กระทบกับคาร์บอนทำให้เกิดความร้อนจนกระดาษนูนขึ้นมา ข้อดีของเทคนิคการผลิตแบบนี้คือ สามารถทำภาพนูนจากหนังสือได้ โดยการสแกนภาพจากเครื่องสแกนและตกแต่งภาพในคอมพิวเตอร์ให้แสดงสารสนเทศที่สำคัญแล้วจึงพิมพ์ภาพจากเครื่องพิมพ์เพื่อนำไปทำเป็นภาพนูนต่อไป

(3) Silk screen

เป็นเทคนิคการผลิตภาพนูนที่ค่อนข้างยุ่งยาก ซับซ้อนและมีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูงหากผลิตจำนวนไม่มาก ภาพนูนที่ได้จะมีคุณสมบัติเหมือนกับภาพนูนที่ผลิตแบบ swell paper คือมีความนูนเท่ากัน ลายเส้นและผิวสัมผัสสามารถทำให้มีความแตกต่างกันได้และภาพนูนมีความหนาสูง ข้อดีของการผลิตแบบนี้คือ สามารถทำภาพนูนที่มีสีแตกต่างกันได้ ซึ่งอาจทำให้เป็นภาพนูนที่มีสีตัดกันหรือหลากหลายสีสำหรับคนสายตาเลือนรางและคนตาบอดใช้ร่วมกันได้

(4) ภาพยนตร์พิมพ์สี

เป็นเทคนิคการผลิตภาพยนตร์ที่มีต้นทุนการผลิตสูง ส่วนใหญ่จะผลิตเป็นหนังสือภาพสัมผัสจากประเทศฝรั่งเศส ซึ่งจะมีการพิมพ์สีลงไปบนภาพยนตร์ด้วย กระบวนการผลิตจะใช้แม่พิมพ์ทำจากโลหะพิมพ์กดลงไปบนกระดาษหนาพิเศษ การพิมพ์เช่นนี้จะทำให้ส่วนที่พิมพ์จะนูนขึ้นและมีสี ส่วนพื้นหลังจะเรียบและไม่มีสีติด ดังนั้นภาพยนตร์แบบนี้จะช่วยให้คนสายตาดูและคนตาบอดสามารถรับรู้ได้ทั้งสัมผัสด้วยนิ้วและการมองเห็นที่หลงเหลืออยู่บางส่วน ในปัจจุบันมีการผลิตภาพยนตร์พิมพ์สีที่มีต้นทุนการผลิตถูกลง โดยใช้เครื่องพิมพ์ tiger ซึ่งสามารถนำภาพไปตกแต่งในคอมพิวเตอร์และเพิ่มเติมคำบรรยายที่เป็นอักษรเบรลล์ลงไปบนภาพได้ด้วย

2.6 วิธีการสอนคณิตศาสตร์โดยการใช้สื่อสัมผัสสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น

โรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส(1997) ได้แนะนำว่า นอกจากการออกแบบสื่อสัมผัสที่ดีแล้ว การสอนนักเรียนพิการทางการเห็นใช้สื่อสัมผัสเป็นสิ่งจำเป็นเช่นเดียวกัน ซึ่งนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะต่างๆและเตรียมความพร้อมมาก่อน นักเรียนจึงจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การออกแบบสื่อสัมผัสมาเป็นอย่างดียังไม่สามารถรับประกันได้ว่านักเรียนพิการทางการเห็นจะสามารถแปลความหมายและใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากตัวสื่อต้องมีลักษณะที่อ่านแล้วเข้าใจได้ง่ายยังมีสิ่งสำคัญอยู่อีก 2 ประการคือ

- (1) กลยุทธ์ของนักเรียนในการสำรวจและแปลความหมายสื่อสัมผัส
- (2) ความคิดรวบยอดของนักเรียนเกี่ยวกับอวกาศและภูมิศาสตร์

นอกจากนี้ โรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัสยังมีข้อเสนอแนะเทคนิคและวิธีการสอนคณิตศาสตร์โดยการใช้สื่อสัมผัสสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ดังนี้

(1) ตรวจสอบให้มั่นใจว่านักเรียนมีความเข้าใจในความคิดรวบยอดพื้นฐาน (basic concept) เป็นอย่างดีก่อนใช้สื่อสัมผัส เพื่อเรียนรู้ความคิดรวบยอดใหม่หรือสารสนเทศอื่นๆที่ปรากฏอยู่ในสื่อสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(2) หากเป็นไปได้ควรให้นักเรียนได้จับ สัมผัสจากของจริงก่อนจะให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดรวบยอดจากสิ่งที่สัมผัส

(3) ใช้วัตถุ 3 มิติหรือรูปจำลองประกอบการสอนกับภาพสัมผัส โดยเฉพาะเป็นการสอนความคิดรวบยอดใหม่ให้แก่ นักเรียน เช่น กระป๋องมีลักษณะเป็นทรงกระบอก เป็นต้น

(4) ใช้สิ่งที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมและพบปะในการดำเนินชีวิตประกอบการสอน ความคิดรวบยอดเรขาคณิตหรือตำแหน่งต่างๆ เช่น พื้นโต๊ะเรียนขนานกับพื้นห้อง มุมของโต๊ะเรียน หรือมุมห้องเรียนเป็นมุมฉาก เป็นต้น

(5) สื่อที่หลากหลายความรู้สึก (multisensory display) อาจกระตุ้นและก่อให้เกิด สารสนเทศในการสร้างความคิดรวบยอด แต่ไม่ควรให้สารสนเทศที่หลากหลายในคราวเดียวกันแก่นักเรียน ควรแนะนำเป็นบางส่วนๆเพื่อจะได้พัฒนาไปยังความคิดรวบยอดส่วนอื่นๆต่อไป

(6) สื่อสัมผัสที่มีการสื่อสารระหว่างกัน (interactive) เช่น มีชิ้นส่วนที่สามารถจัดเรียงใหม่ได้ เป็นต้น อาจกระตุ้นความสนใจได้มากและควรมีสารสนเทศอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดนั้นๆเพิ่มเติมด้วย และควรให้คำชี้แนะแก่นักเรียนผ่านวัตถุประสงค์การใช้สื่อสัมผัสนั้น

(7) การแปลงวัตถุ 3 มิติ เป็นภาพ 2 มิติ ควรทำอย่างมีลำดับขั้นตอน

(8) การช่วยให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับภาพ 2 มิตินั้น สามารถใช้วิธีให้นักเรียนติดวัตถุต่างๆบนแผ่นกระดาษแล้วนำไปทำสำเนาด้วยกระดาษความร้อน จากนั้นจึงให้นักเรียนเปรียบเทียบวัตถุบนแผ่นกระดาษกับภาพบน

(9) ลำดับขั้นตอนอย่างเป็นตรรกะจากรูปแบบง่าย ๆ ไปสู่รูปแบบที่ซับซ้อนของสื่อสัมผัส เช่น กรอบข้อความที่เป็นเส้นเดี่ยวก่อนไปสู่เส้นคู่ สัญลักษณ์อย่างง่ายก่อนไปสู่สัญลักษณ์ที่ซับซ้อน ความคิดรวบยอดอย่างง่ายก่อนไปสู่ความคิดรวบยอดที่ยากขึ้น เป็นต้น

(10) การเลือกรูปจำลอง (model) เพื่อแสดงให้เห็นถึงของจริงหรือความคิดรวบยอด ต้องมั่นใจว่ารูปจำลองที่เลือกมานั้นสามารถแสดงสิ่งที่เป็นจุดเด่นของวัตถุนั้นๆได้ เช่น ล้อรถยนต์ ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ เป็นต้น นอกจากนี้การให้คำแนะนำควรแนะนำที่จุดเด่นเป็นลำดับแรก ส่วนสารสนเทศอื่นๆเป็นสิ่งที่รองมา

(11) สอนให้นักเรียนทำการสำรวจ ค้นหาสื่อสัมผัสอย่างเป็นระบบ มีแบบแผน ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ทักษะในการค้นหาอย่างเป็นระบบนี้เป็นทักษะสำคัญที่ทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการใช้สื่อสัมผัส ซึ่งทักษะนี้ควรใช้มือข้างเดียวหรือทั้งสองข้างในการสำรวจเพื่อรับรู้ ชนิด โครงสร้าง และรูปแบบของสารสนเทศ ตำแหน่งของใจความสำคัญ สารสนเทศอื่นๆประกอบคำบรรยาย รูปแบบในการค้นหามีอยู่ 3 แบบ คือ การค้นหาตามแนวตั้ง แนวนอน และแบบวงกลม ซึ่งการค้นหาแบบแนวตั้งจะเป็นการค้นหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพราะการค้นหาแบบนี้จะใช้การกวาดมือน้อย ได้พื้นที่มากและรวดเร็ว รวมทั้งมีการเหลื่อมซ้อนกันน้อยกว่าแบบอื่นๆ การสำรวจค้นหาอย่างเป็นระบบ มีแบบแผนจะช่วยให้ นักเรียนไม่พลาดสารสนเทศที่สำคัญและยังเป็นการตรวจสอบรายละเอียดทั้งหมดอีกด้วย

(12) ฝึกฝนให้นักเรียนแยกแยะชนิดของเส้นตรง เช่น เส้นตรงแนวตั้ง แนวนอน เส้นทแยงมุม เส้นขนาน เส้นตรงที่ตัดกัน มุม และการเปรียบเทียบความยาวของเส้นตรง เป็นต้น รวมทั้งพื้นที่ ทิศทางและสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น การจับคู่ การเปรียบเทียบ ความเหมือนและความแตกต่าง เป็นต้น

(13) ฝึกฝนนักเรียนในการใช้เส้นติดตาม (tracking line) เช่น เส้นเดี่ยว เส้นคู่ เส้นที่ตัดกัน เป็นต้น

(14) สอนนักเรียนให้สร้างความคุ้นเคยกับสื่อสัมผัสอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหมายถึงการค้นหาสิ่งสำคัญในสื่อสัมผัสนั้น เช่น ชื่อ ใจความสำคัญ มาตราส่วน บันทึกย่อ เป็นต้น โดยให้นักเรียนอ่านใจความสำคัญหรือสารสนเทศอื่นๆ ที่อธิบายก่อนที่จะหารายละเอียดหรือก่อนที่จะแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมุ่งสู่ประเด็นสำคัญและทำให้เกิดสารสนเทศสำคัญขึ้นมาทันทีจากความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน

(15) สามารถสร้างกราฟอย่างง่ายได้โดยใช้กระดาษกราฟที่มีแนวเส้นที่สัมผัสได้และติดกระดาษกราฟลงบนแผ่นกระดานที่ทำจากกระดาษแข็งเพื่อให้นักเรียนสามารถใช้งานบนโต๊ะเรียนได้ การบันทึกจุดทำได้โดยใช้เข็มหมุดเสียบลงไปบนแผ่นกระดาษกราฟ

(16) การสอนเรื่องระยะทางหรือระยะห่างสำหรับนักเรียนเล็กมีกลยุทธ์การสอน 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 ใช้ความกว้างของนิ้วมือในการวัดระยะทางระหว่างสัญลักษณ์

วิธีที่ 2 ใช้การประมาณจากอัตราส่วนสัมผัส เช่น “ยาวประมาณครึ่งหนึ่ง” หรือ “ยาวกว่านี้เล็กน้อย” เป็นต้น

(17) สอนการผลิตสื่อสัมผัสด้วยตนเองให้แก่นักเรียนและครูประจำชั้น

(18) จัดทำคำอธิบายรหัสเบรลล์คณิตศาสตร์สั้นๆ เป็นอักษรเบรลล์และอักษรปกติ ประกอบกับกราฟที่สัมผัสได้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนและครูประจำชั้นเข้าใจได้ตรงกัน

(19) ทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับรูปภาพชนิดต่างๆ โดยใช้รูปภาพที่เป็นมาตรฐาน (standardized test) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการอ่านกรอบข้อความสัมผัส (tactile diagram) ของนักเรียน

(20) นักเรียนสามารถสังเกตและประยุกต์การพัฒนานักเรียนเองโดยติดตามจากร้อยละของคำตอบที่ถูกต้องจากบทเรียนต่างๆ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศไทย

รัชนาท ศรีละมณตรี(2542) ได้ศึกษาการผลิตหนังสืออ่านประกอบสำหรับคนตาบอด เรื่อง รูปเรขาคณิต โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนพิการทางการเห็นที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นเตรียมความพร้อมในโรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น อายุระหว่าง 7-10 ปี จำนวนทั้งสิ้น 36 คน และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยหนังสืออ่านประกอบเรื่อง รูปเรขาคณิต จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างสูงกว่าก่อนเรียนด้วยหนังสืออ่านประกอบเรื่อง รูปเรขาคณิต อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

รวิภา เจริญยิ่ง(2547)ศึกษาการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แผนภูมิแท่ง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนพิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ ปีการศึกษา 2546 จำนวน 8 คน ซึ่งได้สร้างชุดการสอนเรื่อง แผนภูมิแท่งประกอบด้วย คู่มือครูและสื่อการเรียนการสอน โดยคู่มือครูประกอบด้วย คำแนะนำวิธีการใช้ชุดการสอน แผนการสอน รายละเอียดเนื้อหา แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ สื่อการเรียนการสอนประกอบด้วยหนังสืออักษรเบรลล์และภาพนูน และทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดการสอนเรื่อง แผนภูมิแท่ง จากการศึกษาพบว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์ 75/75 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยชุดการสอนเรื่อง แผนภูมิแท่งสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2.7.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

Argyropoulos(2002) ทำการศึกษาการรับรู้รูปร่างด้วยการสัมผัสและความสัมพันธ์กับความคิดรวบยอดทางเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งศึกษากับนักเรียนพิการทางการเห็นในโรงเรียนเฉพาะความพิการ ประเทศกรีซจำนวน 19 คน อายุระหว่าง 13-19 ปีใช้แบบจำลอง Van Hiele ในการศึกษากระบวนการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งทฤษฎีของ Van Hiele แบ่งระดับการเรียนรู้เรขาคณิตเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 0 การจดจำ (recognition or visualization) ในระดับนี้นักเรียนจะจดจำชื่อรูปเรขาคณิตจากภาพที่เห็นและสามารถแยกแยะชนิดของรูปเรขาคณิตพื้นฐานได้ เช่น รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม เป็นต้น นักเรียนจะเห็นรูปเรขาคณิตเป็นแบบภาพรวม (holistic) โดยไม่สามารถ

วิเคราะห์คุณสมบัติของรูปเรขาคณิตได้ นักเรียนไม่สามารถจดจำสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ทำมุม 45 องศา กับเส้นแนวนอน มีรูปลักษณะเหมือนสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหรือรูปเรขาคณิตพื้นฐานที่กลับทิศทางได้ ซึ่งในระดับนี้นักเรียนเชื่อว่าภาพที่เห็นมีเพียงด้านเดียว

ระดับ 1 การวิเคราะห์ (analysis) นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปเรขาคณิตพื้นฐานและจดจำคุณสมบัติของรูปเรขาคณิตเหล่านั้นได้จากการวัด นักเรียนสามารถให้เหตุผลเชิงอุปนัยได้แต่ยังไม่สามารถให้เหตุผลเชิงอนุมานได้ เช่น นักเรียนสามารถบอกได้ว่าสามเหลี่ยมด้านเท่าแตกต่างจากสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่นักเรียนไม่สามารถบอกได้ว่าสี่เหลี่ยมทุกรูปไม่ใช่สี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น

ระดับ 2 นามธรรม (abstraction) นักเรียนเริ่มมีเหตุผลในเชิงอนุมาน เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับชนิดของรูปเรขาคณิตและสามารถให้เหตุผลแสดงความคิดเห็นง่ายๆได้ นักเรียนจะจดจำได้ว่า สี่เหลี่ยมจัตุรัสทุกรูปเป็นสี่เหลี่ยมแต่รูปสี่เหลี่ยมทุกรูปไม่ใช่สี่เหลี่ยมจัตุรัสและนักเรียนจะเข้าใจว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

ระดับ 3 การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deduction) นักเรียนสามารถจัดกลุ่มเรขาคณิตเข้าใจถึง สิ่งที่ไม่มีความหมาย นิยาม กฎเกณฑ์ที่ยอมรับกันทั่วไป ทฤษฎี เช่น นักเรียนสามารถบอกได้ว่า สามเหลี่ยมสองรูปเท่ากันทุกประการแบบ ด้าน-มุม-ด้าน เป็นต้น

ระดับ 4 การเชื่อมโยงความคิดรวมกับทฤษฎี (rigor) ในระดับนี้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการและทฤษฎีเข้ากับความคิดของนักเรียนได้ สามารถใช้ทฤษฎีพิสูจน์สมมติฐานและระบุความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับคำบรรยายรูปร่างได้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นวิธีการสอนที่ตรงกับความต้องการของนักเรียน เพื่อศึกษาการรับรู้รูปร่างจากการสัมผัสมีความสัมพันธ์อย่างไรกับความคิดรวบยอด ซึ่งการศึกษานี้ใช้สื่อเรขาคณิต 2 ชนิดคือ วัสดุเรขาคณิตและภาพหุ่นลายเส้นรูปเรขาคณิต สิ่งที่นักเรียนสื่อสารออกมาจะทำการแปลความหมายเช่น รูปแบบระบบการคิด ความรู้สึก รวมทั้งการแสดงออกทางร่างกาย วิธีการวิจัย แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม คือ กิจกรรมที่ 1 เป็นกิจกรรมนำเข้าสู่บทเรียนมีวัตถุประสงค์เพื่อละลายพฤติกรรม สร้างความคุ้นเคยกับผู้เข้าร่วมการวิจัยและประเมินการใช้ภาษา กิจกรรมที่สองเป็นกิจกรรมทายชื่อรูปร่างเรขาคณิต กิจกรรมที่สามเป็นกิจกรรมจัดแยกแยะประเภท รูปเรขาคณิตให้เป็นหมวดหมู่ตามคุณสมบัติ กิจกรรมที่สี่เป็นกิจกรรมการสรุปภาพรวมทุกกิจกรรม หลังจากเสร็จสิ้นแต่ละกิจกรรมสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยคำถามปลายเปิด ซึ่งผลสรุปจากการวิจัยพบว่าแบบจำลอง Van Hiele สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการแยกแยะระดับการเรียนรู้เรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็นได้ และมีข้อเสนอแนะที่น่าสนใจคือ ควรตรวจสอบความคิดรวบยอดพื้นฐาน (basic concept) เช่น ชนิดของมุม เส้นขนาน จุดตัด เป็นต้นของนักเรียนพิการทางการเห็นก่อนที่จะเริ่มสอนเรขาคณิต

Androul และ Kotsis (2005) ได้ศึกษาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (mathematics concept) เกี่ยวกับการประมาณค่าของนักเรียนพิการทางการเห็นเปรียบเทียบกับนักเรียนทั่วไปที่มีอายุระหว่าง 9-13 ปี ใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 78 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นนักเรียนพิการทางการเห็นที่เรียนอยู่ในโรงเรียนเรียนร่วมแบบไปกลับและพักอาศัยอยู่ที่ศูนย์การฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ กรุงเอเธนส์ จำนวน 23 คน กลุ่มที่สองเป็นนักเรียนทั่วไปที่เรียนอยู่ในโรงเรียนประถมศึกษาใน Ioannina ประเทศกรีซ จำนวน 55 คน ใช้แบบสอบถามชนิดเลือกตอบ 3-4 ตัวเลือก โดยมีหัวข้อการสอบถามคือ การประมาณค่าความยาวของโต๊ะเรียน โต๊ะเรียน พื้นของโต๊ะเรียน และเตียงนอน ปริมาตรของแก้วน้ำดื่มหรือภาชนะที่ใช้ดื่มน้ำ ผลจากการศึกษาพบว่า นักเรียนพิการทางการเห็นสามารถประมาณค่าตามสิ่งที่กำหนดได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนทั่วไป ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้สภาพแวดล้อมที่นักเรียนพิการทางการเห็นคุ้นเคยและสามารถสัมผัสได้มาร่วมในการสอนคณิตศาสตร์ นักเรียนเหล่านี้จะสามารถเรียนรู้ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ได้ไม่แตกต่างจากนักเรียนทั่วไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

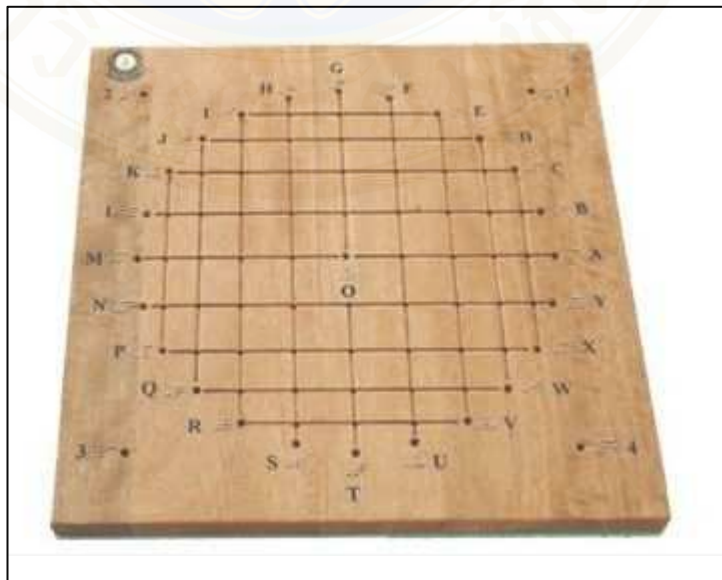
3.1.1 นักเรียนพิการทางการเห็น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็น ซึ่งในประเทศไทยมีสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นที่จัดการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ สุ่มตัวอย่างแบบสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) จำนวน 2 แห่งโดยการจับสลากได้โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครและโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครมีนักเรียนจำนวน 16 คน แบ่งเป็นห้องเรียน 2 ห้อง และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีนักเรียนจำนวน 6 คน มี 1 ห้อง ทำการทดลองกับนักเรียนทุกคนทั้ง 2 โรงเรียน รวม 22 คน

3.1.2 ครูคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นจากโรงเรียนตัวอย่างแต่ละ 1 คน ได้แก่ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ และ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมครูคณิตศาสตร์ที่ศึกษา จำนวน 2 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

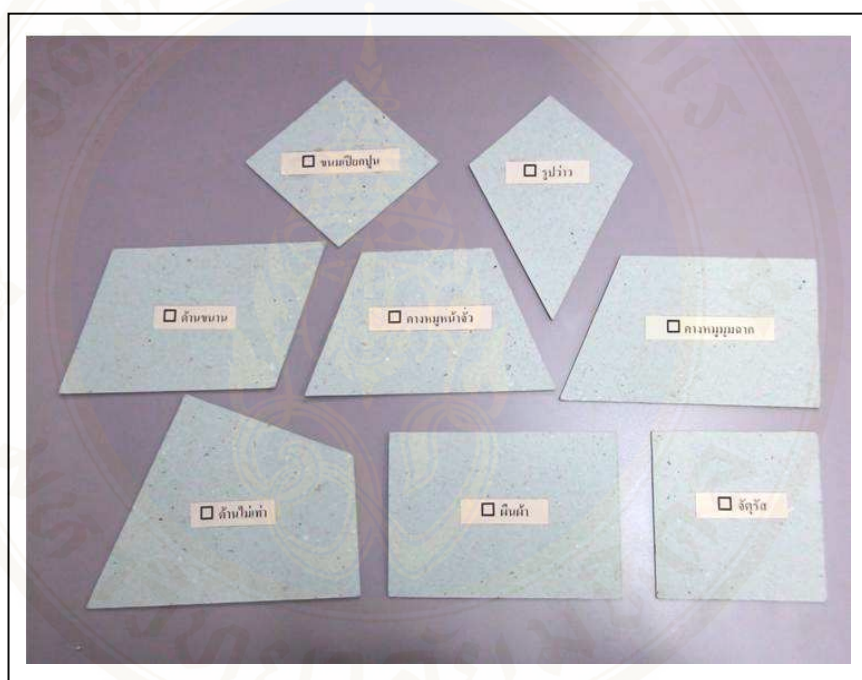
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.2.1 กระดานเรขาคณิต เป็นกระดานที่ผู้วิจัยออกแบบโดยใช้แนวคิดทฤษฎีวงกลม เนื่องจากรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมทุกชนิดสามารถสร้างได้ภายในวงกลม ซึ่งการแบ่งตำแหน่งบนเส้นรอบวงออกเป็น 24 ส่วน แต่ละส่วนทำมุม 15 องศาที่จุดศูนย์กลางของวงกลมสามารถใช้ประกอบการสอนเรื่องตรีโกณมิติได้ นอกจากนี้การใช้อักษรเบรลล์ระบุตำแหน่งของแต่ละรูปบนเส้นรอบวงของวงกลมเป็นการระบุตำแหน่งอย่างเป็นรูปธรรม ช่วยให้การค้นหาตำแหน่ง การสื่อสารระหว่างครูและนักเรียนพิการทางการเห็น รวมทั้งการบันทึกตำแหน่งที่ใช้สร้างรูปเรขาคณิตทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ลักษณะของกระดานเรขาคณิตเป็นกระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูบนเส้นรอบวงของรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว จำนวน 24 รู แต่ละรูทำมุมห่างกัน 15 องศา กับ จุดศูนย์กลางวงกลม ภายในวงกลมมีรูที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงตามแนวตั้งและแนวนอน และมีรูที่มุมทั้งสี่ของกระดาน รูที่อยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมและรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมมีอักษรปกติและอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตั้งแต่ตัว A จนถึงตัว Y กำกับไว้ โดยรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมเป็นตัว O ส่วนรูที่มุมทั้งสี่มีตัวเลขปกติและอักษรเบรลล์ตัวเลข 1-4 กำกับไว้ ดังรูปที่ 3.1

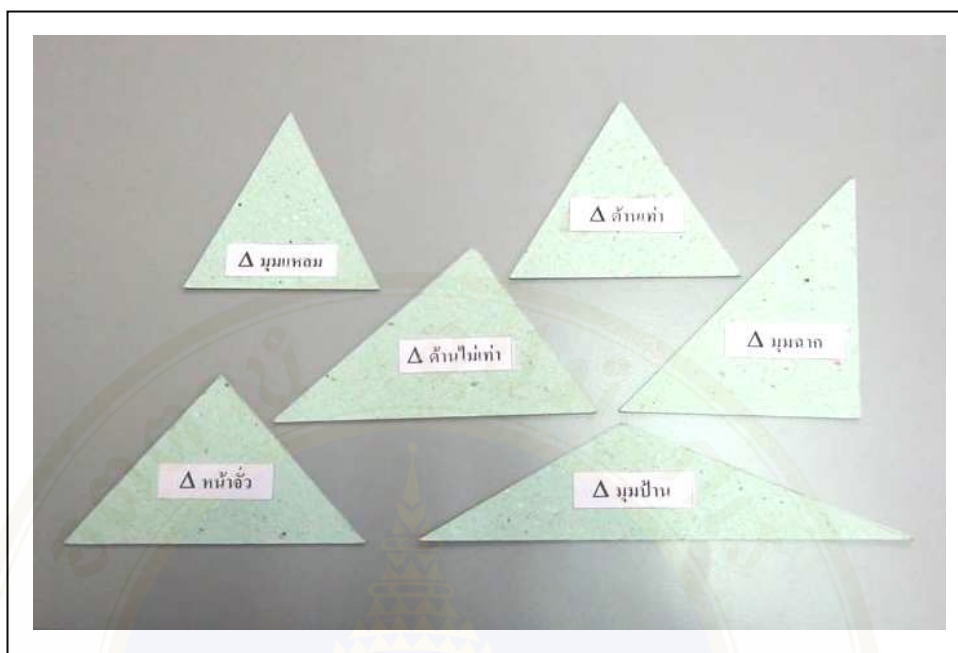


รูปที่ 3.1 กระดานเรขาคณิต

3.2.2 สื่อวัสดุเรขาคณิต เป็น สื่อวัสดุรูปเรขาคณิต เช่น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สามเหลี่ยม ด้านเท่า เป็นต้น ซึ่งผลิตจากวัสดุประเภทกระดาษแข็ง และมีขนาดที่มือทั้งสองข้างของนักเรียน พิจารณาการเห็นสามารถสำรวจได้หมดในคราวเดียวกัน แบ่งเป็น รูปสี่เหลี่ยมจำนวน 8 รูป ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมรูปว่าว สี่เหลี่ยม คางหมูมุมฉาก สี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ดังรูปที่ 3.2 และรูปสามเหลี่ยม จำนวน 6 รูป ได้แก่ สามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า สามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้าน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 สื่อวัสดุเรขาคณิตรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่างๆ



รูปที่ 3.3 สี่วัสดุเรขาคณิตรูปสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ

3.2.3 บทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นบทเรียนที่กล่าวถึงคุณสมบัติและการจำแนกรูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ โดยเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียนเรื่อง สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม ระดับช่วงชั้นที่ 2 (ประถมศึกษาปีที่ 4-6) ตามหลักสูตรสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2544

3.2.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยและครูคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครร่วมกันสร้าง โดยผู้วิจัยศึกษาจากเนื้อหาบทเรียนเพื่อออกแบบข้อคำถามและครูคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม แบ่งเป็น

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งแบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ จัดทำเป็นอักษรเบรลล์ บนกระดาษขนาดมาตรฐาน (11.5 นิ้ว×11 นิ้ว) มีความหนา 180 แกรม จำนวน 25 บรรทัดต่อหนึ่งหน้ากระดาษ บรรทัดละ 40 ตัวอักษร โดยนักเรียนพิการทางการเห็นอ่านแบบทดสอบและตอบเป็นอักษรเบรลล์บนกระดาษขนาด A4 หนา 150 แกรม ด้วยตนเอง

(2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม(รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4

ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ จัดทำเป็นอักษรเบรลล์บน กระดาษขนาดมาตรฐาน (11.5 นิ้ว×11 นิ้ว) มีความหนา 180 แกรม จำนวน 25 บรรทัดต่อหนึ่งหน้ากระดาษ บรรทัดละ 40 ตัวอักษร โดยนักเรียนฝึกการทางการเห็นอ่านแบบทดสอบและตอบเป็นอักษรเบรลล์บนกระดาษขนาด A4 หนา 150 แกรม ด้วยตนเอง

3.2.5 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมสำหรับผู้เรียน ผู้วิจัยสร้างร่วมกับครูคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเลือกใช้สื่อเพื่อออกแบบข้อคำถามและครูคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินด้วยมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) ซึ่งมีข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ โดย

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่สองเป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด เกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงสื่อ จำนวน 2 ข้อ โดยผู้วิจัยอ่านข้อคำถามทั้งสองส่วนให้นักเรียนฝึกการทางการเห็นฟังทีละข้อและนักเรียนตอบในส่วนแรกด้วยการชูจำนวนนิ้วมือตามระดับความพึงพอใจและตอบส่วนที่ 2 ด้วยวาจา โดยมีผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล

3.2.6 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมสำหรับผู้สอน ผู้วิจัยสร้างร่วมกับครูคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเลือกใช้สื่อเพื่อออกแบบข้อคำถามและครูคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก) ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินด้วยมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ โดย

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ฟังพอใจน้อย

1 หมายถึง ฟังพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่สองเป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด เกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงสื่อ จำนวน 2 ข้อ เก็บข้อมูลโดยให้ครูผู้สอนเป็นผู้กรอกเองทั้งสองส่วน

3.2.7 แผนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำร่วมกับครูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ โดยผู้วิจัยศึกษาแผนการสอนคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมสำหรับนักเรียนทั่วไป และจัดทำแผนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม จากนั้นนำแผนการสอนไปปรึกษาคูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแผนการสอนตามคำแนะนำของครูคณิตศาสตร์ (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.3 การสร้างและพัฒนากระดานเรขาคณิต

การสร้างและพัฒนากระดานเรขาคณิตเป็นกระบวนการพัฒนารูปแบบต่างๆที่ปรากฏบนกระดานเรขาคณิต เช่น ลักษณะของแนวเส้นสัมผัส ขนาดของรู อักษรเบรลล์ เป็นต้น โดยคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุในท้องถิ่นและกระบวนการผลิต โดยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2552 (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

3.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยนำแบบทดสอบไปทดสอบที่โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยทดสอบกับนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 10 คน เมื่อเดือน กันยายน 2553และทำการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หาค่าความตรงตามเนื้อหา ความเที่ยง ความยากง่าย และอำนาจจำแนก ตามลำดับดังนี้

3.4.1.1 การหาค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยใช้สถิติในการหาค่าความตรง คือ การหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวแปร หรือเนื้อหา (IOC :

Index of item objective congruence)(สมใจ พุทธาพิทักษ์, 2547: 282-285) ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่านพิจารณาตรวจสอบโดยมีเกณฑ์การในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามวัตถุประสงค์

ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดได้ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

จากนั้นนำผลคะแนนที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิมาคำนวณหาค่า IOC ตามสูตร

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

เมื่อ IOC หมายถึง คำนวณความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์
 $\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ
 N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เกณฑ์ในการเลือกคำถาม พิจารณาเฉพาะข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 - 1.0 จากการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า แบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมจำนวน 8 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.0 ทุกข้อ (รายละเอียดในภาคผนวก ค ตาราง ค-1) และแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมจำนวน 8 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.0 ทุกข้อ เช่นกัน (รายละเอียดในภาคผนวก ค ตาราง ค-2)

3.4.1.2 การหาค่าความเที่ยง (reliability)

แบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อและแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) KR-20 (สมใจ พุทธาพิทักษ์, 2547: 282-285) ดังนี้

$$KR-20 \quad r_{tt} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right)$$

เมื่อ r_{tt} = ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ
 n = จำนวนข้อคำถาม
 p = สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ (จำนวนผู้ตอบถูก/จำนวนผู้ตอบ)
 q = สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ $= 1 - p$
 s_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนรวมของแบบทดสอบทั้งฉบับของแต่ละคน

ผลการคำนวณได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมเท่ากับ 0.773 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมเท่ากับ 0.757 (รายละเอียดในภาคผนวก ค ตาราง ก-4)

3.4.1.3 การหาค่าความยากง่าย (difficulties)

แบ่งกลุ่มผู้ตอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้คะแนนสูงและกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ คำนวณค่าความยากง่ายจากสัดส่วนของผู้ตอบถูกทั้งกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำ กับจำนวนผู้ตอบทั้งหมดในคำถามข้อนั้น เกณฑ์ที่ใช้ตัดสินว่าคำถามนั้นมีความยากง่าย คือ ค่า p อยู่ระหว่าง 0.2-0.8 ผลการทดสอบ โดยแบ่งกลุ่มคะแนนสูง 5 คน และคะแนนต่ำ 5 คน หาค่าสัดส่วนผู้ตอบถูกทั้งหมดในแต่ละคำถาม พบว่า แบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยม คำถามทุกข้ออยู่ในเกณฑ์ แต่ข้อที่ 1 มีค่าสัดส่วนตอบถูก 0.9 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเล็กน้อย แต่พบว่า ค่าอำนาจจำแนกยังอยู่ในเกณฑ์ จึงไม่ได้ตัดข้อนี้ทิ้งไป (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตาราง ก-3) ส่วนในแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสามเหลี่ยม คำถามทุกข้อมีค่าสัดส่วนตอบถูกอยู่ในเกณฑ์แสดงว่าข้อคำถามนั้นไม่ยากและไม่ยากเกินไป (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค ตาราง ก-4)

3.4.1.4 การหาค่าอำนาจจำแนก (discrimination)

คำนวณจากกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำ โดยหาค่าสัดส่วนของผลต่างระหว่างผู้ตอบทุกคนในกลุ่มที่ได้คะแนนสูงกับกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ ข้อคำถามที่ดีต้องมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป สูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

เมื่อ P = ค่าความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ
 P_H = จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
 P_L = จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ
 n = จำนวนนักเรียนในกลุ่มคะแนนสูงหรือกลุ่มคะแนนต่ำ

ผลการทดสอบ พบว่า ในแบบทดสอบ เรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมทุกข้อ มีค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 จึงเป็นคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ (รายละเอียดในภาคผนวก ค ตาราง ก-5 และ ก-6)

3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เรียนและสำหรับผู้สอนในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เรียนและสำหรับผู้สอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน และหาค่าความเที่ยง (reliability) ในการใช้กระดานเรขาคณิตของแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เรียนด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค

(Cronbach alpha coefficient) และใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตมีความเที่ยงเท่ากับ 0.891 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากการทดลองใช้สื่อการสอนกระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตที่โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยทดลองกับนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 10 คน เมื่อเดือนกันยายน 2553 พบว่าแบบประเมินความพึงพอใจมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.944

3.5 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

3.5.1 ขั้นเตรียมการ

เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนศึกษาแผนการสอนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม และชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำร่วมกับครูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัย แนะนำวิธีการใช้งานกระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยม แก่ครูผู้สอน ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

3.5.2 ขั้นทดลอง

ขั้นตอนการทดลองผู้วิจัยทำการทดลองเมื่อเดือนกันยายน 2553 ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ในแต่ละโรงเรียนแบ่งกลุ่มนักเรียนพิการทางการเห็นเป็นสองกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) โดยการจับฉลาก

(2) นักเรียนกลุ่มที่ 1 เรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากจบบทเรียนชนิดของรูปสี่เหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(3) นักเรียนกลุ่มที่ 2 สร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยผู้วิจัยอธิบายรูปแบบลักษณะ รวมทั้งตำแหน่งต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนกระดานเรขาคณิต พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสตามที่ผู้วิจัยอธิบายใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(4) นักเรียนกลุ่มที่ 2 เรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้กระดานเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50

นาที หลังจากจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(5) นักเรียนกลุ่มที่ 2 เรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน หลังจากเรียนจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(6) นักเรียนกลุ่มที่ 1 สร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยผู้วิจัยอธิบายรูปแบบลักษณะ รวมทั้งตำแหน่งต่างๆที่ปรากฏอยู่บนกระดานเรขาคณิต พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสตามที่ผู้วิจัยอธิบายใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(7) นักเรียนกลุ่มที่ 1 เรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กระดานเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากเรียนจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(8) นักเรียนตอบแบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยม ในส่วนแรกของแบบประเมินความพึงพอใจผู้วิจัยอ่านข้อคำถามให้นักเรียนทุกคนฟังและนักเรียนตอบด้วยการชูจำนวนนิ้วมือตามระดับความพึงพอใจ โดยมีผู้ช่วยวิจัยทำการจดบันทึกที่ระดับความพึงพอใจของนักเรียน ในส่วนที่ 2 ของแบบประเมินความพึงพอใจเป็นข้อคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ นักเรียนทีละคน โดยมีผู้ช่วยวิจัยทำการจดบันทึกการสัมภาษณ์ ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

(9) ครูผู้สอนกรอกข้อมูลลงในแบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมด้วยตนเอง

ดังนั้น นักเรียนทุกคนได้เรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม จากกระดานเรขาคณิตและจากสื่อวัสดุเรขาคณิตเหมือนกันทุกคน ขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจัดกลุ่มนักเรียนเพื่อเรียนบทเรียนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต

กลุ่มนักเรียน	บทเรียนเรขาคณิตระนาบ	
	ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม	ชนิดของรูปสามเหลี่ยม
กลุ่มที่ 1	สื่อวัสดุเรขาคณิต	กระดานเรขาคณิต
กลุ่มที่ 2	กระดานเรขาคณิต	สื่อวัสดุเรขาคณิต

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติวิเคราะห์ ดังนี้ สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในส่วนของนักเรียน หาค่าจำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความพึงพอใจในแต่ละข้อคำถามและในภาพรวม ในส่วนของครู หาค่าจำนวนตามระดับความพึงพอใจในแต่ละข้อคำถาม

สถิติวิเคราะห์ (analytic statistics) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กระดานเรขาคณิตกับสื่อวัสดุเรขาคณิต ใช้สถิติทดสอบที (t-test) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในภาพรวมในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนากระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งเป็นกระดานเรขาคณิตที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้นเอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตเปรียบเทียบกับการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็น การศึกษาประสิทธิภาพการใช้สื่อแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจ ในการใช้สื่อประกอบบทเรียน ซึ่งทำการสร้างแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม และสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนของผู้สอนและผู้เรียน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และครูคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 2 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครมีนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 16 คน เป็นชาย 9 คน หญิง 7 คน และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 6 คน เป็นชาย 4 คน หญิง 2 คน รวมเป็นนักเรียนพิการทางการเห็นจำนวน 22 คน และครูคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 คน

เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

(2) ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียน

(3) ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของครูผู้สอน

4.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

ทดสอบการแจกแจงของคะแนนจากแบบทดสอบด้วยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit ทั้งเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม พบว่ามีการแจกแจงปกติ (normal distribution) ($P\text{-value} > 0.05$) รายละเอียดในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการแจกแจงด้วยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov จากแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

แบบทดสอบ	นักเรียน กลุ่มที่	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	P-value
ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม	1	4.91	1.58	0.943
	2	3.82	1.47	0.465
ชนิดของรูปสามเหลี่ยม	1	4.82	2.04	0.826
	2	3.27	1.62	0.557

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ โดยใช้แบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ และแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมจำนวน 8 ข้อ และใช้สถิติทดสอบที (t-test) เนื่องจากผลการทดสอบการแจกแจงของคะแนนนักเรียนทั้งสองกลุ่มในแต่ละแบบทดสอบมีการแจกแจงแบบปกติ

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

กลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.58 และกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.82 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.47 ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีพบว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} = 0.055$) (รายละเอียดในตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทำแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ระหว่างการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต

สื่อการเรียนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t-test	df	P-value
กระดานเรขาคณิต	11	4.91	1.58	1.677	20	0.055
สื่อวัสดุเรขาคณิต	11	3.82	1.47			

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

กลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.04 และกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.27 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.62 ผลการทดสอบทางสถิติทดสอบนี้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value}=0.032$) (รายละเอียดในตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนจากการทำแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม ระหว่างการสอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต

สื่อการเรียนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t-test	df	P-value
กระดานเรขาคณิต	11	4.82	2.04	1.968	20	0.032*
สื่อวัสดุเรขาคณิต	11	3.27	1.62			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2 ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียน

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับการใช้สื่อประกอบบทเรียน จำนวน 8 ข้อและส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ การใช้สื่อประกอบบทเรียนเป็นอย่างไร มีสิ่งใดที่ควรปรับปรุงและควรปรับปรุงอย่างไร ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้สื่อของนักเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดในทุกด้านและมีนักเรียน 1 คน มีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับน้อยที่สุดในด้านความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ความสะดวกในการใช้งาน การสื่อสารกับผู้สอนและขนาดของกระดานเรขาคณิต (รายละเอียดในตารางที่ 4.4) ส่วนสื่อวัสดุเรขาคณิตนักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจระดับมากในด้าน ความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน การค้นหาตำแหน่ง ความสะดวกในการใช้งาน การช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้และความสะดวกในการสื่อสารกับผู้สอน แต่ในด้าน การเสริมสร้างจินตนาการ ขนาดของสื่อวัสดุและความพึงพอใจในภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมากที่สุดและนักเรียน 1 คนมีความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับน้อยที่สุดในด้าน ความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน ความสะดวกในการใช้งาน การช่วยเสริมสร้างจินตนาการและขนาดของสื่อวัสดุเรขาคณิต นอกจากนี้ นักเรียน 2 คนมีความพึงพอใจในการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับน้อยที่สุดในด้าน การช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ความสะดวกในการสื่อสารกับครูผู้สอนและความพึงพอใจในภาพรวมของสื่อวัสดุเรขาคณิต (รายละเอียดในตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.4 จำนวน และ ร้อยละ ของนักเรียนตามระดับความคิดเห็นที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิต
จำแนกรายข้อคำถามความพึงพอใจ

ข้อคำถามความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น					รวม
	ต่อการใช้กระดานเรขาคณิต					
	1	2	3	4	5	
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน	1 (4.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (22.7)	16 (72.7)	22 (100.0)
2. มีความชัดเจน ค้นหาตำแหน่งต่างๆได้ง่าย	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (13.8)	7 (31.8)	12 (54.6)	22 (100.0)
3. สะดวก ใช้งานง่าย	1 (4.6)	0 (0.0)	3 (13.6)	6 (27.3)	12 (54.5)	22 (100.0)
4. มีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (4.6)	2 (9.0)	19 (86.4)	22 (100.0)
5. การสื่อสารกับผู้สอนทำได้ง่าย	1 (4.6)	1 (4.6)	2 (9.0)	7 (31.8)	11 (50.0)	22 (100.0)
6. ช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้กับผู้เรียน	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (9.1)	8 (36.4)	12 (54.5)	22 (100.0)
7. มีขนาดเหมาะสม	1 (4.6)	0 (0.0)	5 (22.7)	4 (18.2)	12 (54.5)	22 (100.0)
8. ความพึงพอใจในภาพรวม	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (9.1)	4 (18.2)	16 (72.7)	22 (100.0)

ตารางที่ 4.5 จำนวน และ ร้อยละ ของนักเรียนตามระดับความคิดเห็นต่อการใช้อีวีสดูเรชาคณิต
จำแนกรายข้อคำถามความพึงพอใจ

ข้อคำถามความพึงพอใจ	ระดับความคิดเห็น					รวม
	ต่อการใช้อีวีสดูเรชาคณิต					
	1	2	3	4	5	
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน	1 (4.6)	1 (4.6)	3 (13.6)	10 (45.5)	7 (31.7)	22 (100.0)
2. มีความชัดเจน ค้นหาตำแหน่งต่างๆได้ง่าย	0 (0.0)	1 (4.6)	3 (13.6)	12 (54.5)	6 (27.3)	22 (100.0)
3. สะดวก ใช้งานง่าย	1 (4.6)	1 (4.6)	2 (9.0)	11 (50.0)	7 (31.8)	22 (100.0)
4. มีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	2 (9.0)	0 (0.0)	1 (4.6)	11 (50.0)	8 (36.4)	22 (100.0)
5. การสื่อสารกับผู้สอนทำได้ง่าย	2 (9.0)	0 (0.0)	1 (4.6)	11 (50.0)	8 (36.4)	22 (100.0)
6. ช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้กับผู้เรียน	1 (4.6)	1 (4.6)	3 (13.6)	3 (13.6)	14 (63.6)	22 (100.0)
7. มีขนาดเหมาะสม	1 (4.6)	2 (9.0)	1 (4.6)	8 (36.4)	10 (45.5)	22 (100.0)
8. ความพึงพอใจในภาพรวม	2 (9.1)	0 (0.0)	5 (22.8)	3 (13.6)	12 (54.5)	22 (100.0)

จากการทดสอบการแจกแจงคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้อีวีสดูเรชาคณิตและการใช้อีวีสดูเรชาคณิต ด้วยสถิติทดสอบ K-S test (Kolmogorov-Smirnov goodness-of-fit) มีการแจกแจงปกติ (P-value=0.205 และ 0.839 ตามลำดับ)

ความพึงพอใจในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมด 22 คน ต่อการใช้อีวีสดูเรชาคณิต พบว่ามีค่าเฉลี่ย 35.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.58 ความพึงพอใจต่อการใช้อีวีสดูเรชาคณิต พบว่ามีค่าเฉลี่ย 32.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.02 เมื่อเปรียบเทียบกัน พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความ

พึงพอใจต่อการใช้กระดานเรขาคณิต มากกว่า การใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value}=0.043$) (รายละเอียดในตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต

ความพึงพอใจต่อ สื่อการเรียนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และ รูปสามเหลี่ยม	จำนวน นักเรียน	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	t-test	df	P-value
กระดานเรขาคณิต	22	35.55	5.58	1.766	42	0.043*
สื่อวัสดุเรขาคณิต	22	32.45	6.02			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.2.2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

ในส่วนของข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ การใช้สื่อประกอบบทเรียนเป็นอย่างไร และมีสิ่งใดที่ควรปรับปรุงและควรปรับปรุงอย่างไร ซึ่งจากการสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 22 คน เกี่ยวกับการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียน สามารถสรุปข้อคิดเห็นของนักเรียนได้ดังต่อไปนี้

(1) นักเรียน 1 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตเป็นสื่อที่ผู้เรียนสามารถสร้างรูปเรขาคณิตด้วยตนเองได้และใช้เวลาไม่นานในการสร้าง แต่สื่อวัสดุเรขาคณิตไม่สามารถสร้างให้มีคุณลักษณะที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง

(2) นักเรียน 1 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตสามารถสร้างสรรค์งานศิลปะบางชนิดได้

(3) นักเรียน 2 คน ให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยฝึกทักษะการใช้มือ ฝึกสมาธิ

(4) นักเรียน 2 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตสามารถใช้สร้างรูปเรขาคณิตได้หลากหลายชนิด

(5) นักเรียน 3 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตช่วยแสดงหรือสาธิตให้ผู้สอนเห็นว่าผู้เรียนเข้าใจและสามารถสร้างรูปเรขาคณิตได้

(6) นักเรียน 4 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน เมื่อสร้างรูปเรขาคณิตผิดพลาดสามารถแก้ไขได้ แต่สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อที่มีความคงตัวไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้

(7) นักเรียน 8 คนให้ความเห็นว่าเส้นยางที่ใช้คล้องระหว่างหมุดเพื่อสร้างรูปเรขาคณิตมีความชัดเจนสามารถสัมผัสได้ง่าย

(8) นักเรียน 8 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตมีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีน้ำหนักพอสมควรไม่สะดวกสำหรับการพกพา แต่สื่อวัสดุเรขาคณิตมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาสะดวกต่อการพกพามากกว่า

(9) นักเรียน 10 คนให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตช่วยเสริมสร้างจินตนาการด้านรูปเรขาคณิตให้กับผู้เรียนได้เหมือนกัน

(10) นักเรียน 12 คนรู้สึกสนุกสนานและต้องการเรียนรู้เพิ่มเติมในขณะที่ใช้กระดานเรขาคณิต

(11) นักเรียน 18 คนให้ความเห็นว่าตำแหน่งต่างๆบนกระดานเรขาคณิตมีอักษรเบรลล์ทำให้ง่ายต่อการค้นหาและไม่สับสนเมื่อต้องทำการวัดมุมหรือความยาวด้าน แต่การใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตต้องตั้งใจฟังคำอธิบายจากครูผู้สอนให้ดี หากหันทิศทางของสื่อไม่ถูกต้องอาจทำให้การวัดมุม ความยาวด้านเกิดการสับสนได้

4.3 ความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของครูผู้สอน

แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของครูผู้สอนประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยข้อคำถามเกี่ยวกับการใช้สื่อประกอบบทเรียน จำนวน 11 ข้อ และส่วนที่ 2 เป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ การใช้สื่อประกอบบทเรียนเป็นอย่างไร มีสิ่งใดที่ควรปรับปรุงและควรปรับปรุงอย่างไร ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้สื่อของครูผู้สอน

การวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียนของครูผู้สอน แบ่งตามบทเรียนคือ ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยพบว่าในภาพรวมครูพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดและพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลางถึงมาก เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่าครูมีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดถึงมากที่สุดในการสื่อสารกับผู้เรียนได้สะดวก ด้านความชัดเจนของสื่อที่สามารถแยกแยะส่วนต่างๆด้วยการสัมผัส ด้านความสอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ด้านความน่าสนใจของสื่อที่ช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ด้านการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และด้านความแข็งแรงคงทนถาวรของสื่อ ส่วนสื่อวัสดุเรขาคณิตครูมีความพึงพอใจในระดับปานกลางถึงมาก (รายละเอียดในตารางที่ 4.7 และ 4.8)

ตารางที่ 4.7 ระดับความคิดเห็นของครูจำนวน 2 คนที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำแนกตามรายข้อคำถามความพึงพอใจ

ข้อคำถามความพึงพอใจ ในบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม	ระดับความคิดเห็นต่อ การใช้กระดาน เรขาคณิต					ระดับความคิดเห็น ต่อการใช้สื่อวัสดุ เรขาคณิต				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
2. ประยุกต์ใช้ร่วมกับบทเรียนอื่นได้	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0
3. สะดวก ใช้งานง่าย	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
4. ขั้นตอนการจัดเตรียมสื่อใช้เวลาสั้น	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
5. สื่อสารกับผู้เรียนได้ง่าย	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
6. มีความชัดเจน แยกแยะส่วนต่างๆได้ง่าย	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
7. สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0
8. มีความน่าสนใจ ใ้ใจ ช่วยกระตุ้นผู้เรียน	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
10. แข็งแรง คงทนถาวร	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0
11. ความพึงพอใจในภาพรวม	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0

ตารางที่ 4.8 ระดับความคิดเห็นของครูจำนวน 2 คนที่มีต่อการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำแนกตามรายชื่อคำถามความพึงพอใจ

ข้อคำถามความพึงพอใจใน บทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม	ระดับความคิดเห็น					ระดับความคิดเห็น				
	ต่อการกระดานเรขาคณิต					ต่อการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1
2. ประยุกต์ใช้ร่วมกับบทเรียนอื่นได้	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0
3. สะดวก ใช้งานง่าย	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
4. ขั้นตอนการจัดเตรียมสื่อใช้เวลาสั้น	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1
5. สื่อสารกับผู้เรียนได้ง่าย	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
6. มีความชัดเจน แยกแยะส่วนต่างๆ ได้ง่าย	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
7. สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1
8. มีความน่าสนใจ เร้าใจ ช่วยกระตุ้นผู้เรียน	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0
9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1
10. แข็งแรง คงทนถาวร	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0
11. ความพึงพอใจในภาพรวม	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0

4.3.2 การวิเคราะห์ความคิดเห็นของครูในการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

ในส่วน of ข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ การใช้สื่อประกอบบทเรียนเป็นอย่างไร และมีสิ่งใดที่ควรปรับปรุงและควรปรับปรุงอย่างไร ซึ่งจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอน จำนวน 2 คน สรุปได้ดังต่อไปนี้

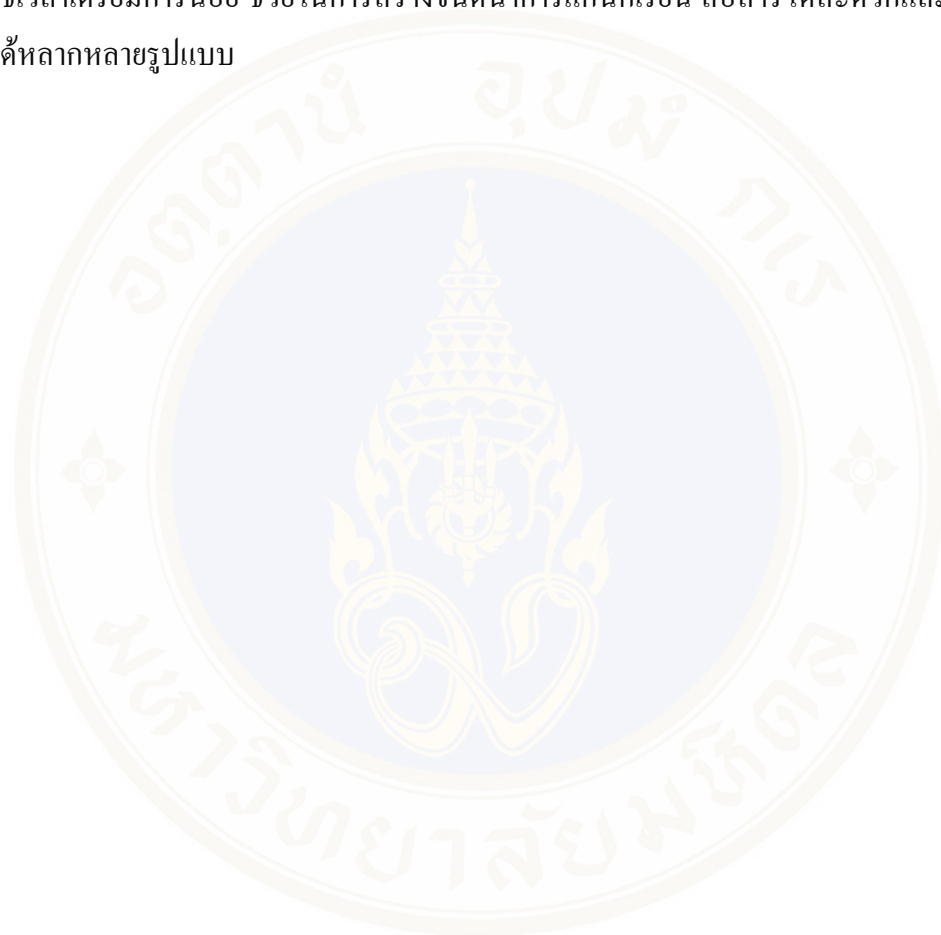
(1) นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับสื่อ เพราะเป็นสิ่งแปลกใหม่สำหรับเด็ก ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะพยายามใช้และเป็นการสร้างสมาธิให้นักเรียนได้จดจ่อกับสิ่งที่กำลังทำอยู่

(2) กระดานเรขาคณิตสามารถอธิบายได้ง่ายกว่าสื่อวัสดุเรขาคณิต และเป็นสื่อที่มีขนาดเหมาะสมกับนักเรียนไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป

(3) นักเรียน เรียนโดยใช้สื่อกระดานเรขาคณิต ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้รวดเร็ว เพราะต้องสร้างรูปด้วยตนเองรวมถึงการพิสูจน์ การวัดด้านและมุม

(4) นักเรียน มีทักษะในการใช้เครื่องมือวัดมาพิสูจน์ความยาวด้านและมุมน้อย ทำให้กิจกรรมการเรียนการสอนต้องใช้เวลามากขึ้น

(5) สื่อวัสดุเรขาคณิตมีขนาดเบา บาง ใช้เวลาเตรียมการมาก ถ้าปนกันหลายๆรูป นักเรียนเกิดความสับสน ส่วนกระดานเรขาคณิตมีความสะดวก รวดเร็ว เข้าใจง่าย แข็งแรงทนทาน ใช้เวลาเตรียมการน้อย ช่วยในการสร้างจินตนาการแก่นักเรียน สื่อสารได้สะดวกและสามารถสอนได้หลากหลายรูปแบบ



บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตโดยเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนและครูระหว่างการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 22 คนและครูคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 2 คนจากโรงเรียนสอนคนตาบอดที่จัดการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครและโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยทำการแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) ได้กลุ่มที่ 1 จำนวน 11 คน กลุ่มที่ 2 จำนวน 11 คน

5.1 สรุปผลการวิจัย

คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม กลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเท่ากับ 4.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.58 และกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตเท่ากับ 3.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.47 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value} = 0.055$)

คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม กลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตเท่ากับ 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.04 และกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเท่ากับ 3.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value} = 0.032$)

นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดในทุกด้าน และมีความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมาก 5 ด้าน ได้แก่ ความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน การค้นหาตำแหน่ง ความสะดวกในการใช้งาน การช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้และความสะดวกในการสื่อสารกับครูผู้สอน และพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมากที่สุด 3 ด้าน ได้แก่ การเสริมสร้างจินตนาการ ขนาดของสื่อวัสดุเรขาคณิตและความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในภาพรวม

ความพึงพอใจในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมด 22 คน ต่อการใช้กระดานเรขาคณิต มีค่าเฉลี่ย 35.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.58 ความพึงพอใจต่อการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ย 32.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.02 ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนมากกว่าการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value}=0.043$)

ในส่วนของครูทั้งสองคนมีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้านและมีความพึงพอใจในการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลางถึงมากในทุกด้าน ส่วนสื่อวัสดุเรขาคณิตครูส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลางถึงมาก ซึ่งในภาพรวมครูพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดและพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลาง

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สื่อ 2 ชนิด คือกระดานเรขาคณิต และสื่อวัสดุเรขาคณิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่คะแนนการทดสอบเรื่องชนิดของรูปสามเหลี่ยมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิตินี้อาจเนื่องมาจากการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้วยกระดานเรขาคณิตสามารถใช้ตำแหน่งรูที่มีอักษรเบรลล์กำกับได้ทุกรูป นักเรียนสามารถค้นหาตำแหน่งรูที่มีอักษรเบรลล์และใช้หมุดเสียบลงไปได้ง่าย แต่การสร้างรูปสี่เหลี่ยมบางรูป เช่น สี่เหลี่ยมคางหมูมุมฉาก สี่เหลี่ยมด้านขนานและสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ต้องใช้ตำแหน่งรูภายในวงกลมที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับ การค้นหาตำแหน่งรูที่ไม่มีอักษรเบรลล์ต้องใช้ทักษะการสัมผัสหลายอย่างผสมผสานกัน เช่น ทักษะการค้นหาตำแหน่งอักษรเบรลล์ ทักษะการติดตามแนวเส้น เป็นต้น ซึ่งทักษะการสัมผัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่โรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส (1997) เสนอแนะว่า นักเรียนควรมีทักษะการสัมผัสที่ดี เพื่อให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการค้นหาตำแหน่งรูที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับนักเรียนต้องใช้มือทั้งสองข้าง

ในการค้นหาตำแหน่งอักษรเบรลล์และติดตามแนวเส้นเพื่อค้นหาตำแหน่งรูที่ไม่มีอักษรเบรลล์ จากการสังเกตระหว่างการเรียนการสอนและสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนบางคนไม่สามารถใช้มือทั้งสองข้างในการติดตามแนวเส้นในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกันได้ ครูผู้สอนต้องเข้ามาอธิบายและชี้แนะตำแหน่งรูให้นักเรียนเลียบหมุดเป็นรายบุคคล การเรียนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมจึงขาดความต่อเนื่องและนักเรียนบางคนอาจติดตามการเรียนการสอนไม่ทัน ทำให้ขาดความเข้าใจในบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่ทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพของโรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส (1997) ดังนี้

- (1) ทักษะการสัมผัสของนักเรียน เช่น ทักษะการค้นหา ทักษะการแยกแยะ ทักษะการติดตาม เป็นต้น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง
- (2) สื่อสัมผัสต้องมีการออกแบบมาให้ให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย เป็นระเบียบ โดยเน้นที่วัตถุประสงค์การใช้งาน
- (3) วิธีการสอนของครูควรสอนจากง่ายไปสู่ยาก เป็นลำดับขั้นตอนและให้นักเรียนได้สัมผัสสื่อตามความเหมาะสม

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีการใช้สื่อของประหยัด จิรวรพงศ์ (2527: 82) โดยการเลือกใช้สื่อควรคำนึงถึงคุณลักษณะและความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน รวมทั้งการพัฒนาความพร้อมในการใช้สื่อของผู้เรียน เพราะผู้เรียนจะได้มีโอกาสร่วมมือในการเรียนอย่างเต็มความสามารถ เมื่อสื่อการสอนดี สอดคล้องกับความสามารถในการใช้สื่อของผู้เรียน ผู้เรียนเข้าใจจุดประสงค์ และรายละเอียดของปัญหาแล้วก็จะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมสร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยเป็นการพัฒนาความพร้อมในการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็นก่อนเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามนักเรียนบางคนอาจขาดความพร้อมในการใช้กระดานเรขาคณิต เนื่องจากขาดทักษะบางอย่างที่จำเป็นในการใช้กระดานเรขาคณิตสำหรับการเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม เช่น ทักษะการค้นหา ทักษะการใช้ไม้บรรทัด เป็นต้น ทำให้การใช้กระดานเรขาคณิตเพื่อเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมไม่สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจในบทเรียนและส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมของกลุ่มที่ใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2.2 นักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 86.4 มีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในด้านมีความน่าสนใจและช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียน โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่ารู้สึกสนุกขณะใช้กระดานเรขาคณิตและ

ต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม และในส่วนของครูพบว่าครูทั้งสองคนมีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในด้านช่วยกระตุ้นผู้เรียนในระดับมากที่สุดและครูให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตเป็นสิ่งแปลกใหม่สำหรับนักเรียนและช่วยกระตุ้นนักเรียนให้มีความสนใจในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น ซึ่งประเด็นการช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาเลือกใช้สื่อ(ประหยัด จิระวรพงศ์, 2527:79-80) และการเลือกใช้สื่อควรยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.2.3 การศึกษาความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตของนักเรียนในประเด็นการเสริมสร้างจินตนาการของผู้เรียนพบว่า นักเรียน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.5 มีความพึงพอใจการใช้กระดานเรขาคณิตและนักเรียน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 63.6 มีความพึงพอใจการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นประเด็นเดียวที่นักเรียนส่วนใหญ่พึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตมากกว่ากระดานเรขาคณิต สาเหตุอาจเนื่องมาจากสื่อวัสดุเรขาคณิตสามารถสัมผัสและรับรู้ได้ทันที นักเรียนสามารถจินตนาการได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การใช้กระดานเรขาคณิตนักเรียนต้องทำการสร้างรูปเรขาคณิตก่อนจึงจะสร้างจินตนาการได้ และจากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่านักเรียนส่วนใหญ่คิดเห็นว่าการใช้กระดานเรขาคณิตหรือสื่อวัสดุเรขาคณิตสามารถสัมผัส เรียนรู้ และจินตนาการรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมได้ไม่แตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ รวิภา เจริญยิ่ง(2547)และรัชนาท ศรีละมณตรี(2542) การใช้สื่อสัมผัสประกอบบทเรียนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น จะช่วยให้ นักเรียนสามารถสร้างจินตนาการและเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ตามศักยภาพ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนบางคนให้ความคิดเห็นว่าการใช้กระดานเรขาคณิตสามารถนำมาใช้สร้างสรรค์งานศิลปะบางอย่างได้ และกระดานเรขาคณิตยังใช้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจและสร้างรูปเรขาคณิตตามความเข้าใจของผู้เรียนได้อีกด้วย

5.3 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้บทเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม ระดับช่วงชั้นที่ 2 (ประถมศึกษาปีที่ 4-6) ตามหลักสูตรสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2544 ซึ่งบทเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมเท่านั้น โดยมุ่งประเด็นที่ การจำแนกชนิดและคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ ดังนั้นผลการวิจัยจึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของบทเรียนเท่านั้น ไม่ได้ครอบคลุมเนื้อหาบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด

ทักษะการใช้เครื่องมือวัดเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้คุณสมบัติของรูปเรขาคณิต ซึ่งใช้สำหรับการพิสูจน์คุณสมบัติต่างๆ เช่น ขนาดของมุมที่เท่ากัน มุมที่เป็นมุมฉาก ความยาวของเส้นที่เท่ากัน เป็นต้น เพื่อใช้ในการพิสูจน์คุณสมบัติเหล่านี้ในการจำแนกแยกแยะรูปเรขาคณิต โดยในขั้นตอนการวิจัยครั้งนี้มีกิจกรรมสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ก่อนเริ่มเรียนบทเรียน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนการใช้ไม้บรรทัดและไม้ฉากของนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็น ในการวัดความยาวของเส้นและขนาดของมุมตามลำดับ แต่จากการสังเกตระหว่างการเรียนรู้การสอนและสัมภาษณ์ครูผู้สอนพบว่า นักเรียนหลายคนขาดทักษะการใช้ไม้บรรทัด ไม้ฉากในการวัดความยาวเส้นและเปรียบเทียบขนาดของมุมกับมุมฉาก อาจทำให้นักเรียนบางคนติดตามการเรียนรู้การสอนไม่ทันและขาดความเข้าใจคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมได้

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.1 จากการสังเกตในการวิจัยพบว่านักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นส่วนใหญ่มีทักษะการสัมผัสสื่อและทักษะการใช้เครื่องมือวัดค่อนข้างต่ำ ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็น ดังนั้นควรมีการศึกษาวิธีการฝึกฝนทักษะการสัมผัสสำหรับนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นและนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งส่งเสริมให้ครูได้รับการอบรมวิธีการฝึกฝนทักษะเหล่านี้แก่นักเรียน เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

5.4.2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ซึ่งมีการจัดสภาพแวดล้อม การควบคุมปัจจัยต่างๆและการจำกัดเวลาการเรียนการสอน โดยอาจมีความแตกต่างจากสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาผลระยะยาวของการใช้กระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นในสภาพแวดล้อมและการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน รวมทั้งการใช้กระดานเรขาคณิตร่วมกับสื่อชนิดอื่นๆประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตามศักยภาพของตนเอง

5.4.3 กระดานเรขาคณิตออกแบบมาให้ประยุกต์ใช้ร่วมกับบทเรียนคณิตศาสตร์ได้หลากหลาย เช่น ทฤษฎีวงกลม ทรีโกโนเมตรี เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เป็นต้น ซึ่งบทเรียนเหล่านี้บรรจุอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษา การวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาผลการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นร่วมกับบทเรียนคณิตศาสตร์เหล่านี้ เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการประยุกต์ใช้ร่วมกับบทเรียนอื่นๆและนักเรียนฟิสิกส์ทางการเห็นสามารถใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตามศักยภาพของตนเองต่อไป

ประสิทธิภาพการใช้กระดานเรขาคณิตเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต:กรณีศึกษากับนักเรียน
พิการทางการเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสอนคนตาบอด

EFFICIENCY OF USING GEOBOARD COMPARE WITH GEOMETRIC TACTILE
MATERIALS: CASE STUDY OF FIFTH GRADE STUDENTS WITH VISUAL
IMPAIRMENT AT SCHOOL FOR THE BLIND

เจน ชัยเดช 5037402 RSRS/M

ศศ.ม. (งานบริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : พิมพา ขจรธรรม, Ph.D., วิไล กุศลวิศิษฐ์กุล, วท.ม.

บทสรุปแบบสมบูรณ์

1. บทนำ

การจัดการศึกษาสำหรับคนพิการจัดขึ้นตามพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับ
คนพิการ พ.ศ. 2551 ซึ่งกำหนดให้คนพิการมีสิทธิได้รับการศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตั้งแต่แรกเกิด
หรือเมื่อพบความพิการจนตลอดชีพ พร้อมทั้งได้รับเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ
และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา และยังมีสิทธิได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐานและประกัน
คุณภาพการศึกษา รวมทั้งการจัดหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ การทดสอบทางการศึกษา ที่
เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการแต่ละประเภทและบุคคล การจัดการ
ศึกษาสำหรับเด็กพิการทางการเห็นในประเทศไทยมีการจัดการศึกษาหลายรูปแบบ เช่น การจัดการ
ศึกษาในโรงเรียนเฉพาะความพิการ การจัดการศึกษาแบบเรียนร่วม เป็นต้นโดยใช้หลักสูตรเดียวกัน
กับเด็กทั่วไป(ผดุง อารยะวิญญู, 2542:78) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กำหนด
โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม
สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ได้แก่ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ภาษาไทย
คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภาษาต่างประเทศ สังคมวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรม สุขศึกษาพลศึกษา
ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ซึ่งจัดแบ่งหลักสูตรเป็นช่วงชั้นคือ ช่วงชั้นที่ 1 เป็นระดับ

ประถมศึกษาปีที่ 1-3 ช่วงชั้นที่ 2 เป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 4-6 ช่วงชั้นที่ 3 เป็นระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 และช่วงชั้นที่ 4 เป็นระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4-6

จากหลักสูตรนี้แสดงให้เห็นว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งในกลุ่มสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่เด็กทุกคนต้องได้รับการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นเด็กทั่วไปหรือเด็กพิการก็ตาม ซึ่งวิชาคณิตศาสตร์มีทั้งสัญลักษณ์ รูปภาพ รวมทั้งกระบวนการคิด เป็นสิ่งที่มีลักษณะเป็นนามธรรม สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นนามธรรมของนักเรียนพิการทางการเห็นแตกต่างจากนักเรียนทั่วไปเป็นอย่างมาก แต่ความเข้าใจในสิ่งที่เป็นรูปธรรม ไม่แตกต่างกัน (Ostad 1989, ชูชีพ อ่อนโคกสูง, 2527: 114) เนื่องจากนักเรียนพิการทางการเห็นขาดการรับรู้ด้วยการเห็น ทำให้ขาดประสบการณ์ที่จำเป็นบางอย่างในการเรียนรู้ จากการสำรวจของ Cahill และคณะ (1996) ในประเทศเบลเยียมและไอร์แลนด์พบว่า นักเรียนพิการทางการเห็นส่วนใหญ่เข้าถึงรูปภาพทางคณิตศาสตร์ เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพต่างๆ ได้น้อย ซึ่งอาจเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น แผนภาพและรูปภาพมีความซับซ้อน ขาดการออกแบบสื่อสัมผัสที่ดี นักเรียนขาดทักษะการสัมผัส เป็นต้น

เรขาคณิตเป็นแขนงหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์และเป็นวิชาที่ด้วยความสัมพันธ์ระหว่าง เส้น มุม การวัดพื้นที่ และปริมาตร ส่วนที่กล่าวถึงรูปร่างพื้นราบ เช่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสามเหลี่ยม รูปจัตุรัสและวงกลม เรียกว่า เรขาคณิต ส่วนที่กล่าวถึงรูปทรง เช่น ลูกบาศก์ ทรงกลม กรวยกลม และกรวยเหลี่ยม (พีระมิด) เรียกว่า เรขาคณิตสามมิติ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 6, 2533) การจัดการศึกษาในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นจะจัดตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยจัดนักเรียนพิการทางการเห็น 7-10 คนต่อหนึ่งห้อง ซึ่งสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นดังกล่าวมีจำนวน 3 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ การเรียนการสอนเรขาคณิตในโรงเรียนสอนคนตาบอดส่วนใหญ่ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต เช่น วัสดุกระดาษแข็งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วัสดุพลาสติก รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น ซึ่งสื่อวัสดุเรขาคณิตมีรูปร่างคงที่ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดหรือรูปร่างได้ นอกจากนี้การใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตทำให้การสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นมีลักษณะเป็นนามธรรม เช่น ด้านนี้ มุมนี้ เป็นต้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนพิการทางการเห็นที่เป็นแบบรูปธรรม(Dion และคณะ, 2000) ครูผู้สอนจึงต้องอธิบายนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนการสอน

จากการสัมภาษณ์นายจักริช ดวงแป้น ซึ่งเป็นนักเรียนพิการทางการเห็นจากโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้พบว่า การเรียนการสอนรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้สื่อวัสดุรูปสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม นักเรียนเรียนรู้ด้วยการสัมผัสสื่อที่สร้างสำเร็จรูป แต่ขาดการเรียนรู้ด้วยวิธีการปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนขาดความเข้าใจในคุณสมบัติของรูปเรขาคณิต

กระดานเรขาคณิต(geoboard) เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ประกอบการสอนเรขาคณิต มีลักษณะเป็นแผ่นกระดานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เจาะรูบนแผ่นตามจุดตัดกันของเส้นโครงตาข่าย(grid line) การสร้างรูปสามารถใช้หมุดเสียบลงไปบนรูและใช้เส้นยางคล้องระหว่างหมุด ซึ่ง Britton, Stump(2001) Cahill และคณะ(1996) Piggott และคณะ(2006) Trafton, Hartman(1997) เสนอแนะวิธีการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตสำหรับนักเรียนทั่วไป นอกจากนี้โรงเรียนสอนคนตาบอดแห่งรัฐเท็กซัส(Texas school for the blind and visually impaired)(1997)และ Klingenber(2007)เสนอแนะวิธีการใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น อย่างไรก็ตามกระดานเรขาคณิตดังกล่าวไม่สามารถบันทึกตำแหน่งที่ใช้สร้างรูปเรขาคณิตไว้ได้ ซึ่ง เจน ชัยเดช และสุปราณี ศรีสวัสดิ์(2552) ได้ออกแบบและปรับปรุงกระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น โดยออกแบบเป็นกระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูเป็นรูวงกลม มีอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษกำกับแต่ละรูเพื่อกำหนดตำแหน่งในการสร้างรูปเรขาคณิตและสามารถบันทึกตำแหน่งต่างๆเป็นอักษรเบรลล์ได้ การใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการสอนเรขาคณิตยังช่วยให้การสื่อสารระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนมีลักษณะเป็นรูปธรรม สามารถระบุตำแหน่งของรูเป็นตัวอักษร รวมทั้งนักเรียนพิการทางการเห็นสามารถสร้างรูปเรขาคณิตได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการเสริมสร้างจินตนาการของผู้เรียนอีกด้วย

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์จากกระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น เพื่อแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้เรขาคณิตโดยผู้วิจัยมุ่งศึกษาประสิทธิภาพของกระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเปรียบเทียบกับสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการสอนและพัฒนาสื่อคณิตศาสตร์อื่นๆสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

(1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนพิการทางการเห็นระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

(2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของครูผู้สอนและนักเรียนพิการทางการเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

(1) นักเรียนพิการทางการเห็น ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2553 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็น ซึ่งในประเทศไทยมีสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นที่จัดการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แห่ง คือ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ สุ่มตัวอย่างแบบสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) จำนวน 2 แห่งโดยการจับสลากได้โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครและโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครมีนักเรียนจำนวน 16 คน แบ่งเป็นห้องเรียน 2 ห้อง และโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีนักเรียนจำนวน 6 คน มี 1 ห้อง ทำการทดลองกับนักเรียนทุกคนทั้ง 2 โรงเรียน รวม 22 คน

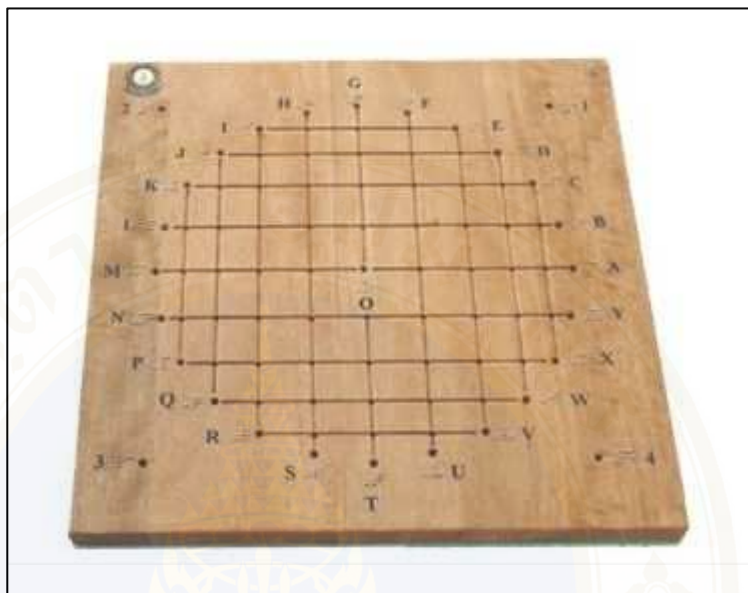
(2) ครูคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในสถานศึกษาเฉพาะความพิการทางการเห็นจากโรงเรียนตัวอย่างแต่ละ 1 คน ได้แก่ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ และ โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมครูคณิตศาสตร์ที่ศึกษา จำนวน 2 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

(1) กระดานเรขาคณิต เป็นกระดานที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมาเอง มีลักษณะเป็นกระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูบนเส้นรอบวงของรูปวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว จำนวน 24 รู แต่ละรูทำมุมห่างกัน 15 องศา กับ จุดศูนย์กลางวงกลม ภายในวงกลมมีรูที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงตามแนวดิ่งและแนวนอนและมีรูที่มุมทั้งสี่ของกระดาน รูที่อยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมและรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมมีอักษรปกติและอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ตั้งแต่ตัว

A จนถึงตัว Y กำกับไว้ โดยรูที่จุดศูนย์กลางวงกลมเป็นตัว O ส่วนรูที่มุมทั้งสี่มีตัวเลขปกติและอักษรเบรลล์ตัวเลข 1-4 กำกับไว้ กระดานเรขาคณิตแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระดานเรขาคณิต

(2) สื่อวัสดุเรขาคณิต เป็น สื่อวัสดุรูปเรขาคณิต เช่น รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น ซึ่งผลิตจากวัสดุประเภทกระดาษแข็ง และมีขนาดที่มือทั้งสองข้างของนักเรียนพิการทางการเห็นสามารถสำรวจได้หมดในคราวเดียวกัน แบ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมจำนวน 8 รูป ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมรูปว่าว สี่เหลี่ยมคางหมูมุมฉาก สี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่วและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า และรูปสามเหลี่ยมจำนวน 6 รูป ได้แก่ สามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า สามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้าน

(3) บทเรียนเรขาคณิตระนาบ เรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นบทเรียนที่กล่าวถึงคุณสมบัติและการจำแนกรูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมชนิดต่างๆ โดยเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียนเรื่อง สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม ระดับช่วงชั้นที่ 2 (ประถมศึกษาปีที่ 4-6) ตามหลักสูตรสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2544

(4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยและครูคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานครร่วมกันสร้าง โดยผู้วิจัยศึกษาจากเนื้อหาบทเรียนเพื่อออกแบบข้อคำถามและครูคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม แบ่งเป็น 2 ชุดคือ แบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ และเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อซึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดนี้เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จัดทำเป็นอักษรเบรลล์ บนกระดาษขนาดมาตรฐาน (11.5 นิ้ว×11 นิ้ว) มีความหนา 180 แกรม จำนวน 25 บรรทัดต่อหนึ่งหน้ากระดาษ บรรทัดละ 40 ตัวอักษร โดยนักเรียนพิการทางการเห็นอ่านแบบทดสอบและตอบเป็นอักษรเบรลล์บนกระดาษขนาด A4 หนา 150 แกรม ด้วยตนเอง

(5) แบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมสำหรับผู้เรียน ผู้วิจัยสร้างร่วมกับครุคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเลือกใช้สื่อเพื่อออกแบบข้อคำถามและครุคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินด้วยมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) ซึ่งมีข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ โดย

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
- 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
- 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่สองเป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด เกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงสื่อ จำนวน 2 ข้อ โดยผู้วิจัยอ่านข้อคำถามทั้งสองส่วนให้นักเรียนพิการทางการเห็นฟังทีละข้อและนักเรียนตอบในส่วนแรกด้วยการชูจำนวนนิ้วมือตามระดับความพึงพอใจและตอบส่วนที่ 2 ด้วยวาจา โดยมีผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้บันทึกข้อมูล

(6) แบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมสำหรับครูผู้สอน ผู้วิจัยสร้างร่วมกับครุคณิตศาสตร์จากโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยศึกษาทฤษฎีการเลือกใช้สื่อเพื่อออกแบบข้อคำถามและครุคณิตศาสตร์เป็นผู้กลั่นกรองข้อคำถาม ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นแบบประเมินด้วยมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (rating scale) ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ โดย

- 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
- 4 หมายถึง พึงพอใจมาก
- 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ฟังพอใจน้อย

1 หมายถึง ฟังพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่สองเป็นข้อคำถามชนิดปลายเปิด เกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิต รวมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงสื่อ จำนวน 2 ข้อ เก็บข้อมูลโดยให้ครูผู้สอนเป็นผู้กรอกเองทั้งสองส่วน

(7) แผนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมเป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำร่วมกับครูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ โดยผู้วิจัยศึกษาแผนการสอนคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมสำหรับนักเรียนทั่วไป และจัดทำแผนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม จากนั้นนำแผนการสอนไปปรึกษาคูครูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแผนการสอนตามคำแนะนำของครูคณิตศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นเตรียมการ

เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนศึกษาแผนการสอนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม และชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นแผนการสอนที่ผู้วิจัยจัดทำร่วมกับครูคณิตศาสตร์โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัย แนะนำวิธีการใช้งานกระดานเรขาคณิตประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยม แก่ครูผู้สอน ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

ขั้นทดลอง

(1) ในแต่ละโรงเรียนแบ่งกลุ่มนักเรียนพิจารณาการเห็นเป็นสองกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างเชิงเดียว (simple random sampling) โดยการจับสลาก

(2) นักเรียนกลุ่มที่ 1 เรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากจบบทเรียนชนิดของรูปสี่เหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(3) นักเรียนกลุ่มที่ 2 สร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยผู้วิจัยอธิบายรูปแบบลักษณะ รวมทั้งตำแหน่งต่างๆที่ปรากฏอยู่บนกระดานเรขาคณิต พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสตามที่ผู้วิจัยอธิบายใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(4) นักเรียนกลุ่มที่ 2 เรียนบทเรียนเลขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้กระดานเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(5) นักเรียนกลุ่มที่ 2 เรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน หลังจากเรียนจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(6) นักเรียนกลุ่มที่ 1 สร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยผู้วิจัยอธิบายรูปแบบลักษณะ รวมทั้งตำแหน่งต่างๆที่ปรากฏอยู่บนกระดานเรขาคณิต พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสตามที่ผู้วิจัยอธิบายใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(7) นักเรียนกลุ่มที่ 1 เรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กระดานเรขาคณิตเป็นสื่อประกอบบทเรียน ซึ่งครูคณิตศาสตร์เป็นผู้สอน จำนวน 1 คาบ คาบละ 50 นาที หลังจากเรียนจบบทเรียนชนิดของรูปสามเหลี่ยมแล้ว นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

(8) นักเรียนตอบแบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม และชนิดของรูปสามเหลี่ยม ในส่วนแรกของแบบประเมินความพึงพอใจผู้วิจัยอ่านข้อคำถามให้นักเรียนทุกคนฟังและนักเรียนตอบด้วยการชูจำนวนนิ้วมือตามระดับความพึงพอใจ โดยมีผู้ช่วยวิจัยทำการจดบันทึกระดับความพึงพอใจของนักเรียน ในส่วนที่ 2 ของแบบประเมินความพึงพอใจเป็นข้อคำถามปลายเปิด ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ นักเรียนทีละคน โดยมีผู้ช่วยวิจัยทำการจดบันทึกการสัมภาษณ์ ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

(9) ครูผู้สอนกรอกข้อมูลลงในแบบประเมินความพึงพอใจการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมด้วยตนเอง

ดังนั้น นักเรียนทุกคนได้เรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยม จากกระดานเรขาคณิตและจากสื่อวัสดุเรขาคณิตเหมือนกันทุกคน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มนักเรียน	บทเรียนเรขาคณิตระนาบ	
	ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม	ชนิดของรูปสามเหลี่ยม
กลุ่มที่ 1	สี่เหลี่ยมด้านขนาน	กระดานเรขาคณิต
กลุ่มที่ 2	กระดานเรขาคณิต	สี่เหลี่ยมด้านขนาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและสถิติวิเคราะห์ ดังนี้

(1) สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) หาค่าจำนวนและร้อยละของนักเรียนตามระดับความพึงพอใจในแต่ละข้อคำถามและในภาพรวม ค่าเฉลี่ยและสัดส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละข้อคำถามในส่วนของการหาค่าจำนวนตามระดับความพึงพอใจในแต่ละข้อคำถาม

(2) สถิติวิเคราะห์ (analytic statistics) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้กระดานเรขาคณิตกับสี่เหลี่ยมด้านขนาน ใช้สถิติทดสอบที (t-test) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของนักเรียนในภาพรวมในการใช้กระดานเรขาคณิตและสี่เหลี่ยมด้านขนานประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมและชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สถิติทดสอบที (t-test)

สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สื่อ 2 ชนิดด้วยการให้นักเรียนทำแบบทดสอบชนิดของรูปสี่เหลี่ยมพบว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่สอนโดยใช้สี่เหลี่ยมด้านขนานเท่ากับ 4.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.58 และกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตเท่ากับ 3.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.47 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\text{-value}=0.055$) ส่วนการทดสอบเรื่องชนิดของรูปสามเหลี่ยม พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม กลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตเท่ากับ 4.82 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.04 และกลุ่มที่สอนโดยใช้สี่เหลี่ยมด้านขนานเท่ากับ 3.27 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มที่ใช้กระดานเรขาคณิตสูงกว่ากลุ่มที่ใช้สี่เหลี่ยมด้านขนานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value}=0.032$)

นักเรียนส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดในทุกด้าน และมีความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมาก 5 ด้าน ได้แก่ ความสอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน การค้นหาตำแหน่ง ความสะดวกในการใช้งาน การช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้และความสะดวกในการสื่อสารกับครูผู้สอน และพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมากที่สุด 3 ด้าน ได้แก่ การเสริมสร้างจินตนาการ ขนาดของสื่อวัสดุเรขาคณิตและความพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในภาพรวม

ความพึงพอใจในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมด 22 คน ต่อการใช้กระดานเรขาคณิต มีค่าเฉลี่ย 35.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.58 ความพึงพอใจต่อการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตมีค่าเฉลี่ย 32.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.02 ซึ่งค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจต่อการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนมากกว่าการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($P\text{-value}=0.043$)

ครูทั้งสองคนมีความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้านและมีความพึงพอใจในการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลางถึงมากในทุกด้าน ส่วนสื่อวัสดุเรขาคณิตครูส่วนใหญ่พึงพอใจในระดับปานกลางถึงมาก ซึ่งในภาพรวมครูพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในระดับมากที่สุดและพึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับปานกลาง

อภิปรายผลการวิจัย

คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมระหว่างกลุ่มที่สอนโดยใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่สอนโดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขัดแย้งกับสมมุติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ ความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิตินี้อาจเนื่องมาจากการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้วยกระดานเรขาคณิตสามารถใช้ตำแหน่งรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับได้ทุกรูป นักเรียนสามารถค้นหาตำแหน่งรูปที่มีอักษรเบรลล์และใช้หมุดเสียบลงไปได้ง่าย แต่การสร้างรูปสี่เหลี่ยมบางรูป เช่น สี่เหลี่ยมคางหมูมุมฉาก สี่เหลี่ยมด้านขนานและสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ต้องใช้ตำแหน่งรูปภายในวงกลมที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับ การค้นหาตำแหน่งรูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์ต้องใช้ทักษะการสัมผัสหลายอย่างผสมผสานกัน เช่น ทักษะการค้นหาตำแหน่งอักษรเบรลล์ ทักษะการติดตามแนวเส้น เป็นต้น ซึ่งทักษะการสัมผัสเป็นปัจจัยหนึ่งที่โรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส (1997) เสนอแนะว่า นักเรียนควรมีทักษะการสัมผัสที่ดี เพื่อให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในการค้นหาตำแหน่งรูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับนักเรียนต้องใช้มือทั้งสองข้างในการค้นหาตำแหน่งอักษรเบรลล์และติดตามแนวเส้นเพื่อค้นหาตำแหน่งรูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์ จาก การสังเกตระหว่างการเรียนการสอนและสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนบางคนไม่สามารถใช้มือ

ทั้งสองข้างในการติดตามแนวเส้นในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกันได้ ครูผู้สอนต้องเข้ามาอธิบายและชี้แนะตำแหน่งรูปให้นักเรียนเลียบหมวดเป็นรายบุคคล การเรียนการสอนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมจึงขาดความต่อเนื่องและนักเรียนบางคนอาจติดตามการเรียนการสอนไม่ทัน ทำให้ขาดความเข้าใจในบทเรียน ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยที่ทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพของโรงเรียนสอนคนตาบอดรัฐเท็กซัส (1997) ดังนี้

- (1) ทักษะการสัมผัสของนักเรียน เช่น ทักษะการค้นหา ทักษะการแยกแยะ ทักษะการติดตาม เป็นต้น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง
- (2) สื่อสัมผัสต้องมีการออกแบบมาให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย เป็นระเบียบ โดยเน้นที่วัตถุประสงค์การใช้งาน
- (3) วิธีการสอนของครูควรสอนจากง่ายไปสู่ยาก เป็นลำดับขั้นตอนและให้นักเรียนได้สัมผัสสื่อตามความเหมาะสม

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับหลักการและทฤษฎีการใช้สื่อของประหยัด จีรวรพงศ์ (2527: 82) โดยการเลือกใช้สื่อควรคำนึงถึงคุณลักษณะและความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน รวมทั้งการพัฒนาความพร้อมในการใช้สื่อของผู้เรียน เพราะผู้เรียนจะได้มีโอกาสร่วมมือในการเรียนอย่างเต็มความสามารถ เมื่อสื่อการสอนดี สอดคล้องกับความสามารถในการใช้สื่อของผู้เรียน ผู้เรียนเข้าใจจุดประสงค์ และรายละเอียดของปัญหาแล้วก็จะทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมสร้างความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิต โดยเป็นการพัฒนาความพร้อมในการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนพิการทางการเห็นก่อนเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามนักเรียนบางคนอาจขาดความพร้อมในการใช้กระดานเรขาคณิต เนื่องจากขาดทักษะบางอย่างที่จำเป็นในการใช้กระดานเรขาคณิตสำหรับการเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม เช่น ทักษะการค้นหา ทักษะการใช้ไม้บรรทัด เป็นต้น ทำให้การใช้กระดานเรขาคณิตเพื่อเรียนบทเรียนเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมไม่สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนขาดความเข้าใจในบทเรียนและส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยมของกลุ่มที่ใช้กระดานเรขาคณิตและกลุ่มที่ใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

นักเรียนจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 86.4 มีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในด้านมีความน่าสนใจและช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียน โดยนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่ารู้สึกสนุกสนานขณะใช้กระดานเรขาคณิตและต้องการเรียนรู้เพิ่มเติม และในส่วนของครูพบว่าครูทั้งสองคนมีความพึงพอใจกระดานเรขาคณิตในด้านช่วยกระตุ้นผู้เรียนในระดับมากที่สุดและครูให้ความเห็นว่ากระดานเรขาคณิตเป็นสิ่งแปลก

ใหม่สำหรับนักเรียนและช่วยกระตุ้นนักเรียนให้มีความสนใจในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น ซึ่งประเด็นการช่วยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณาเลือกใช้สื่อ (ประหยัด จิระวรพงศ์, 2527: 79-80) และการเลือกใช้สื่อควรยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนประสบความสำเร็จได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

การศึกษาความพึงพอใจในการใช้กระดานเรขาคณิตและสื่อวัสดุเรขาคณิตของนักเรียน ในประเด็นการเสริมสร้างจินตนาการของผู้เรียนพบว่า นักเรียน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.5 มีความพึงพอใจการใช้กระดานเรขาคณิตและนักเรียน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 63.6 มีความพึงพอใจการใช้สื่อวัสดุเรขาคณิตในระดับมากที่สุด ซึ่งเป็นประเด็นเดียวที่นักเรียนส่วนใหญ่พึงพอใจสื่อวัสดุเรขาคณิตมากกว่ากระดานเรขาคณิต สาเหตุอาจเนื่องมาจากสื่อวัสดุเรขาคณิตสามารถสัมผัสและรับรู้ได้ทันที นักเรียนสามารถจินตนาการได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การใช้กระดานเรขาคณิตนักเรียนต้องทำการสร้างรูปเรขาคณิตก่อนจึงจะสร้างจินตนาการได้ และจากการสัมภาษณ์นักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่คิดเห็นว่าการใช้กระดานเรขาคณิตหรือสื่อวัสดุเรขาคณิตสามารถสัมผัส เรียนรู้และจินตนาการ รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมได้ไม่แตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ รวิภา เจริญยิ่ง (2547) และรัชนาท ศรีละมณตรี (2542) การใช้สื่อสัมผัสประกอบบทเรียนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างจินตนาการและเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ตามศักยภาพ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนบางคนให้ความคิดเห็นว่ากระดานเรขาคณิตสามารถนำมาใช้สร้างสรรค์งานศิลปะบางอย่างได้ และกระดานเรขาคณิตยังใช้แสดงให้ผู้สอนเห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจและสร้างรูปเรขาคณิตตามความเข้าใจของผู้เรียนได้อีกด้วย

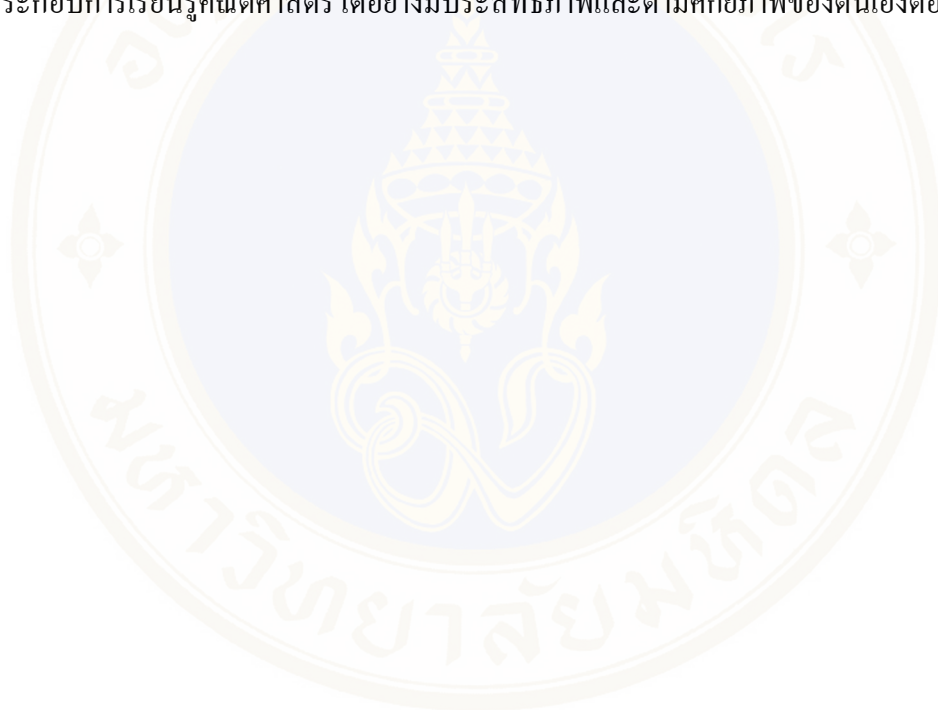
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการสังเกตในการวิจัยพบว่านักเรียนพิการทางการเห็นส่วนใหญ่มีทักษะการสัมผัส สื่อและทักษะการใช้เครื่องมือวัดค่อนข้างต่ำ ซึ่งทักษะเหล่านี้เป็นทักษะที่จำเป็นในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนพิการทางการเห็น ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยวิธีการฝึกฝนทักษะการสัมผัส สำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นและนักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เป็นประจำอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งส่งเสริมให้ครูได้รับการอบรมวิธีการฝึกฝนทักษะเหล่านี้แก่นักเรียน เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ซึ่งมีการจัดสภาพแวดล้อม การควบคุมปัจจัยต่างๆ และการจำกัดเวลาการเรียนการสอน โดยอาจมีความแตกต่างจากสภาพการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน ดังนั้นการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาผลระยะยาวของการใช้กระดานเรขาคณิตสำหรับ

นักเรียนพิจารณาการเห็นในสภาพแวดล้อมและการเรียนการสอนจริงในโรงเรียน รวมทั้งการใช้กระดานเรขาคณิตร่วมกับสื่อชนิดอื่นๆประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้นักเรียนพิจารณาการเห็นเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตามศักยภาพของตนเอง

กระดานเรขาคณิตออกแบบมาให้ประยุกต์ใช้ร่วมกับบทเรียนคณิตศาสตร์ได้หลากหลาย เช่น ทฤษฎีวงกลม ทรีโกโนเมตรี เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เป็นต้น ซึ่งบทเรียนเหล่านี้บรรจุอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษา การวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาผลการใช้กระดานเรขาคณิตของนักเรียนพิจารณาการเห็นร่วมกับบทเรียนคณิตศาสตร์เหล่านี้ เพื่อให้เกิดความหลากหลายในการประยุกต์ร่วมกับบทเรียนอื่นๆและนักเรียนพิจารณาการเห็นสามารถใช้กระดานเรขาคณิตประกอบการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและตามศักยภาพของตนเองต่อไป



EFFICIENCY OF USING GEOBOARD COMPARE WITH GEOMETRIC
TACTILE MATERIALS: CASE STUDY OF FIFTH GRADE STUDENTS WITH
VISUAL IMPAIRMENT AT SCHOOL FOR THE BLIND

JANE CHAIYADECH 5037402 RSRs/M

M.A. (REHABILITATION SERVICE FOR PERSONS WITH DISABILITIES)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: PIMPA KACHONDHAM, Ph.D.,
WILAI KUSOLVISITKUL, M.Sc.

EXTENDED SUMMARY

1. Introduction

The Education for Disabled People Act, B.E.2551(2008) states that persons with disabilities have the rights to education, including free education, ability to choose schools and educational institutions suited for their individual capacities, as well as funds for special technologies and services, are used as fundamental guidelines toward plans and policies with regard to education for persons with disabilities. Thailand has provided many kinds of educational services for the blinds such as special schools for people with disabilities and also inclusive education with normal students (Padung Arayawinyu, B.E.2541:78). In addition, the Basic Education Curriculum B.E.2544 (2001), which was issued by Office of the Basic Education Commission (OBEC), Ministry of Education, divided learning standard and fundamental substance into eight groups: Thai language, Mathematics, Science, Social studies & Religion and Culture, Health and Physical education, Art, Career and technology, and Foreign language. This national curriculum also categorized academic levels into four grade levels in accordance with learners' development: First level-primary education grades 1-3, Second level-primary education grades 4-6, Third level-secondary education grades 1-3, Fourth level-secondary education grades 4-6.

The above mentioned curriculum reveals that mathematics is one among the fundamental standards and substances. All students, both normal students and disabled students, are required to study mathematics. However, since mathematics itself consists of numerous particular abstract symbols, figures and thinking process; this constrain would made a huge gap between students with visual impairment and normal students even though their ability to understand concrete examples is similar.(Ostad 1989, Chuchip On-Koksung, B.E2527:114). Further study by Cahill and his team, which took place in Belgium and Ireland in 1996, showed that most students with visual impairment have difficulties in accessing mathematical figures, tables, and graphs. This might be due to the complexity of those figures itself, limitation of creating effective learning materials, and lacking senses and skills of touch.

Geometry is a branch of mathematics concerned with questions of shape, size, relative position of figures and lines, and properties of space. Geometric materials such as a hard paper square-shape and a plastic triangle-shape figures are currently used as learning materials in schools for the blind. However, these materials are not flexible in terms of changing shape and size. Further more, communication in class using these traditional tactile materials tends to be more abstract instead of concrete (Dion and team, 2000). Eventually, due to those constrains, students with visual impairment would still need more individual support from teachers.

According to an interview of Mr. Jakkrit Duangpan, a visually impair student from Surat Thani School for the blind, he stated that:

“By using traditional geometric tactile materials to learn about the shape of triangle and square, students would be limited to only using their touching skill to learn the lesson. This would cause the students to limit their learning from practicing producing different figures.”

Geoboard, a teaching material for learning geometry, is a square board with lateral and vertical grid lines along the board. Tiny holes are placed at each crossing points of the entire grid lines. Geometric shape can be created by putting tiny pins into those holes, then tighten a rubber band between pins to form tactile lines. Britton, Stump (2001), Cahill (1996) Piggott (2006) Trafton, Hartman(1997)

recommended to use the Geoboard for normal students. Moreover, Texas school for the blind and visually impaired (1997). Klingenberg (2007), supported to use this material for visually impaired students. However, the Geoboard has its limitation since it was unable to make a position marking of each geometric shape created on the board. To reach beyond such limitation, Jane Chaiyadech and Supranee Sisawat (2009) have re-designed and developed a new Geoboard particularly for visually impair students. They created a 12 inches square board with tiny holes. Each of those holes was additionally added with an English Braille alphabet. These English Braille alphabets would be useful to identify and memorize each position of the holes relative to various shapes of geometry; and available to students to record those shapes in Braille. Using the Geoboard also makes communication between teachers and students become concrete since students can identify and specify the abstract geometric shapes into their familiar alphabets. Further more, it is also possible for students to create and design their geometric shapes which will enhance their imagination.

According to the above mentioned reasons, the researcher realized the importance and advantages of the Geoboard towards visually impair students. The researcher intended to study the effectiveness of using Geoboard for two-dimensional geometry lessons, in the topic of quadrilateral and triangle types, compare to using geometric tactile materials. The satisfaction level of teachers and visually impair students towards the Geoboard would also be found. The results of this study will be a guide to develop other mathematic materials and teaching method for visually impair students.

Purposes of study

1. To compare the achievement of visually impair students between using geoboard and geometric tactile materials: topic in two-dimensional geometry, types of quadrilateral and triangle.
2. To study satisfaction level of teachers and visually impair students towards the Geoboard and geometric tactile materials: topic in two-dimensional geometry, types of quadrilateral and triangle.

Research Methodology

Population and Sampling

The population of this study was divided into 2 groups as follows:

1. Visually impair students in primary school grade 5 of academic year 2010 who were studying in schools for the blind. In Thailand, there were three schools for the blind that provided education from pre-primary level up to primary education grade 6: Bangkok School for the Blind, Southern School for the Blind in Surat Thani, and Northern School for the Blind under the Patronage of the Queen in Chiang Mai.

The simple random sampling technique was applied to select two sample schools. From this technique, Bangkok School for the Blind, and Southern School for the Blind in Surat Thani were selected as sampling schools for this research.

Bangkok School for the Blind had two classrooms consisting of 16 students. Southern School for the Blind in Surat Thani had one classroom with 6 students. Therefore, the total number of student for this study was 22 from both schools.

2. Teachers who were responsible to teach Mathematics for visually impair students in primary school grade 5. This study consisted of two Mathematics teachers from both schools, one Mathematics teacher from Southern School for the Blind in Surat Thani, and another Mathematics teacher from Bangkok School for the Blind.

Research Instruments

Research Instruments used for this study are described as follows:

1. Geoboard

Geoboard is a teaching material which was created and designed by the researcher. The Geoboard was made of wood with 12 inches square shape. A figure of a circle with 9 inches diameter appeared on the board.

There were several drilled holes on the Geoboard described in following details: 4 tiny drilled holes were placed at all four corners of the board, 24 tiny holes were drilled around the circumference of the circle, where each drilled hole was located 15 degrees apart from each other. Inside the circle, there were grid lines on both lateral and vertical directions; each crossing points of the grid lines was also drilled.

The capital letters of English alphabets from **A-Y**, both print alphabets and Braille alphabets, were placed at all drilled holes around the circumference. The alphabet **O** was placed at the center point of the circle. In addition, each cardinal numbers from **1-4** was also placed at each drilled holes of all four corners of the board. The Geoboard is shown as figure 1:

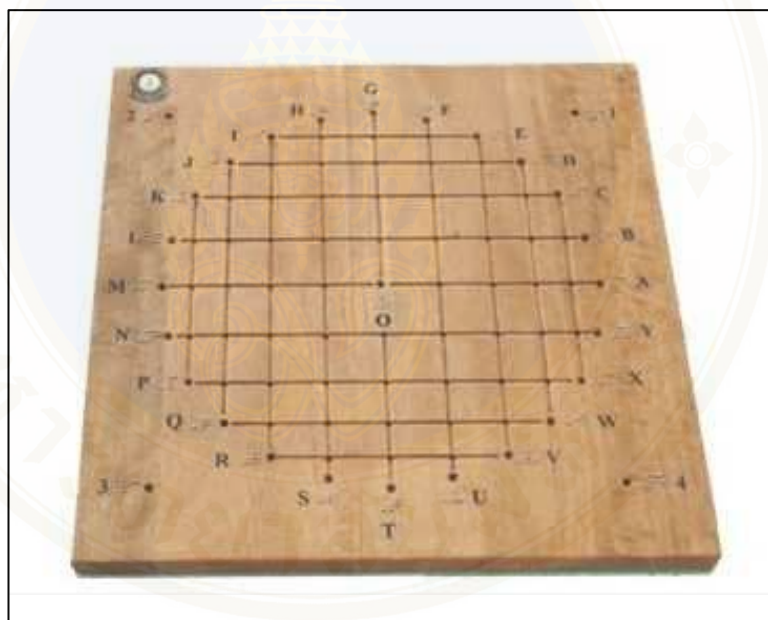


Figure 1 The Geoboard

2. Geometric Tactile Materials

Geometric tactile materials were teaching materials for geometry which normally made of hard paper into desired geometric shape such as triangle and circle. The size of each figure was small enough for blind students to use their two hands to explore the whole shape within one touch. The quadrilateral was divided into 8 types: square, rectangle, rhombus, parallelogram, kite, trapezoid, trapezium, and isosceles trapezoid. The triangle was divided into 6 types: equilateral, isosceles, scalene, acute triangle, right triangle, and obtuse triangle.

3. Geometry Lesson: Types of Quadrilateral and Triangle

The lesson was a geometry lesson about characteristic and classification of quadrilateral and triangle. This lesson was a part of the main topic: quadrilateral and triangle. This lesson was designed to comply with the Basic Education Curriculum B.E.2544 (2001) for second level-primary education grades 4-6.

4. An Achievement Test of a Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle

The achievement test was collaboratively designed by the researcher and a mathematics teacher from the Bangkok School for the Blind; the researcher was responsible to make the content study and designed the test, while the mathematics teacher made further comments of those questions in the test.

The test was divided into two sets: an achievement test of a quadrilateral lesson which consisted of eight items, an achievement test of a triangle lesson which also consisted of eight items. The tests were designed as a multiple choice test; each item consisted of four choices. The tests were made in Braille and printed on 11.5×11 inches 180 gram/ master paper. There were 25 lines for each page; each line contained maximum 40 Braille cells. Students would read Braille test and answer in Braille with 150 Gram/A4 paper.

5. Questionnaire on Students Satisfaction level on Using Learning Material for Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle

The researcher collaboratively designed the questionnaire with mathematics teachers from Bangkok School for the Blind; the researcher was responsible for making the content and designed the questionnaire, while the mathematics teacher made further consideration. The questionnaire was divided into two parts: (1) Rating Scale evaluation, and (2) Opened-End questions.

First part: Rating scale evaluation. This part, consisted of 8 items, could be categorized for 5 scales of satisfaction level:

- 5 = greatly satisfied
- 4 = somewhat satisfied
- 3 = neither satisfied nor dissatisfied

2 = somewhat dissatisfied

1 = greatly dissatisfied

Second part: Opened-End questions. Two opened-end questions in this part intended to find out students' opinions on using the Geoboard and geometric tactile materials. Recommendation for further material development could be stated in this part.

To collect data, the researcher orally read each question of both parts for students; students replied the rating scale part by raising their finger representing their satisfaction scales. For the opened-end questions, students replied by speaking, a research assistant made a record of those replies.

6. Questionnaire on Teachers Satisfaction level on Using Learning Material for Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle

The researcher collaboratively designed the questionnaire with mathematics teachers from Bangkok School for the Blind; the researcher was responsible for making the content and designed the questionnaire, while the mathematics teacher made further consideration. The questionnaire was divided into two parts: (1) Rating Scale evaluation, and (2) Opened-End questions.

First part: Rating scale evaluation. This part, consisted of 11 items, could be categorized for 5 scales of satisfaction level:

5 = greatly satisfied

4 = somewhat satisfied

3 = neither satisfied nor dissatisfied

2 = somewhat dissatisfied

1 = greatly dissatisfied

Second part: Opened-End questions. Two opened-end questions in this part intended to find out teachers' opinions on using the Geoboard and geometric tactile materials. Recommendation for further material development could be stated in this part.

To collect those data, teachers completed those two parts of the test by themselves.

7. Geometry Lesson Plan: Quadrilateral and Triangle

The researcher collaboratively designed Geometry Lesson Plan: Quadrilateral and Triangle, with mathematics teachers from Bangkok School for the Blind. The researcher was responsible for making the content and design of mathematics lesson plan, Quadrilateral and Triangle, for second level-primary education grades 5. The mathematics teachers reconsidered and provided recommendation of the lesson plan prior using in classroom.

Collecting Data

Collecting data procedure could be divided into two stages: preparation and experiment.

Preparation Stage:

The teachers made a content study of geometry lesson plan, Quadrilateral and Triangle, which was collaboratively designed by the researcher and mathematics teachers from Bangkok School for the Blind. The researcher also provided the teachers with orientation of using the Geoboard, for teaching quadrilateral and triangle, prior to using it in the classroom. This preparation time was about one hour.

Experiment Stage:

1. Divided students of each school, Bangkok School for the Blind and Southern School for the Blind in Surat Thani, into two groups. The drawing lots were used as a simple random sampling technique.

2. Students in the group A: studied geometry lesson, quadrilateral, with geometric tactile materials. The lesson was taught by a mathematics teacher for 50 minutes. After the class, students had to spend 30 minutes to complete 8 items of the achievement test of geometry lesson: quadrilateral.

3. Students in group B: learned to be familiar with the Geoboard. The researcher provided orientation of using the board to students. This orientation time took about 30 minutes.

4. Students in group B: studied geometry lesson, quadrilateral, with the Geoboard. The lesson was taught by a mathematics teacher for 50 minutes. After the

class, students had to spend 30 minutes to complete 8 items of the achievement test of geometry lesson: quadrilateral.

5. Students in group B: studied geometry lesson, triangle, with geometric tactile materials. The lesson was taught by a mathematics teacher for 50 minutes. After the class, students had to spend 30 minutes to complete 8 items of the achievement test of geometry lesson: triangle.

6. Students in group A: learned to be familiar with the Geoboard. The researcher provided orientation of using the board to students. This orientation time took about 30 minutes.

7. Students in group A: studied geometry lesson, triangle, with the Geoboard. The lesson was taught by a mathematics teacher for 50 minutes. After the class, students had to spend 30 minutes to complete 8 items of the achievement test of geometry lesson: triangle.

8. All students from group A and B completed the Test of Students Satisfaction on Using Learning Material for Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle. To collect data, the researcher orally read each question of both parts for students; students replied the first rating scales part by raising their finger representing their satisfaction level. For the opened-end questions, the researcher made an interview of each student; students replied by speaking. The research assistants made a record of students' replies from the two part of the test.

9. The teachers completed the Test of Teachers Satisfaction on Using Learning Material for Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle.

All students from group A and B had a similar chance to study geometry lesson, quadrilateral and triangle, from the Geoboard and geometric tactile materials as shown in the table 1.

Table 1 Summary of collecting data

Students	Geometry Lesson	
	Types of Quadrilateral	Types of Triangle
Group A	geometric tactile materials	Geoboard
Group B	Geoboard	geometric tactile materials

Data Analysis

The collected data were analyzed by using the statistical package: descriptive statistics analytic statistics.

1. Descriptive statistics was applied to find out the percentages of teachers and students' satisfaction on each item, mean and standard deviation from the teachers' evaluation test.

2. Analytic statistics was used to find out statistical significance for this study. The t-test was conducted to examine the statistical significance of mean from the Achievement Test of a Geometry Lesson: Quadrilateral and Triangle. The t-test was also used to examine the statistical significance mean from students' satisfaction test.

Conclusion

The mean of the Achievement Test of a Geometry Lesson: Quadrilateral which was taught by using geometric tactile materials = 4.91, standard deviation = 1.58. The mean of the Achievement Test of a Geometry Lesson: Quadrilateral which taught by using the Geoboard = 3.82, standard deviation = 1.47. There was no significant difference mean between both group (P-value = 0.055).

The mean of the Achievement Test of a Geometry Lesson: Triangle which was taught by using the Geoboard = 4.82, standard deviation = 2.04. The mean of the Achievement Test of a Geometry Lesson: Triangle which was taught by using geometric tactile materials = 3.27, standard deviation (SD) = 1.62. There was

significant difference statistically for the average value (Means) between both groups (P-value= 0.032).

Students provided their satisfaction levels at “greatly satisfied” for all aspects of using the Geoboard. For geometric tactile materials, students provided satisfaction level at “greatly satisfied” for imagination enhancement, size of the materials, and overall satisfaction. Students also were satisfied with the geometric tactile materials at level “somewhat satisfied” for the following 5 aspects: correlation with the learning content, position finding, comfortable during usage, encouragement in learning, and communication assessment with teacher. The mean of overall satisfaction on using the Geoboard from 22 students = 35.55. standard deviation = 5.58. The mean of overall satisfaction level on using the geometric tactile materials from 22 students = 32.45. standard deviation = 6.02. There was significant difference statistically for the mean between using the Geoboard and geometric tactile materials, at level 0.05 (P-value= 0.043).

All teachers were satisfied at level “greatly satisfied” and “somewhat satisfied” for all aspects of using the Geoboard. For geometric tactile materials, they provided their satisfaction level at “somewhat satisfied” and “neither satisfied nor dissatisfied”. Overall, teachers were satisfied with the Geoboard at level “greatly satisfied”, and “neither satisfied nor dissatisfied” for geometric tactile materials.

Discussion

The mean of the Achievement Test of a Geometry Lesson: Quadrilateral between using Geoboard and geometric tactile materials was not significantly different statistically. This was not correlated with the hypothesis of the research. The insignificance might occurred because creating triangle shapes with the Geoboard was easily made by putting the pins at all position of drilled holes which were already marked in Braille. On the other hand, creating some complicated quadrilateral such as rhombus, parallelogram, and trapezoid; students had to use some drilled holes inside the circle which was not marked with Braille. Thus, this constrains required students to use additional skills such as positioning of Braille, and line following. In addition,

the Texas school for the blinds and visually impaired stated that students should be good in touching skill in order to enhance their mathematics achievement (1997).

To find drilled holes which were unlabeled with Braille, students had to use their two hands to initially find Braille position, and then continue following the line until finally locate the desired unlabeled positions. From the observation and interview, it was also found that some students were unable to use their two hands to follow the line both in lateral and vertical direction at the same time. The teachers had to individually provide assistance about the positions of the drilled holes. This constrain, therefore, obstructed the continuity of the quadrilateral lesson which made some students also unable to follow the lesson. These findings correlated with the aspects of mathematics learning achievement for visually impaired students (1997):

1. Touching skills such as searching, identification, and following are necessary skills which student should be trained continuously.
2. Touching material should be designed with clear objectives, with easily usage and good arrangement.
3. The teaching process should be consequently begun from simplicity to complexity. In addition, students should have the chance to touch learning materials as much as possible.

The finding also correlated with the principle of material usages (Prayat Jiraworapong(1984:82) which stated that using material should concerned with students' individual differences. The ability to use material of students should also be prepared and trained because this would enhance their classroom cooperation. Effective material, ability to use material of students, and understanding of learning objectives would enhance learning achievement. To comply with those principles, the researcher spent one hour prior the quadrilateral lesson to provide a usage orientation of the Geoboard in order to make students to be familiar with the new material. However, some students also lack readiness to use the Geoboard. They lacked some necessary skills to use the Geoboard such as searching skill, and using ruler skill. These lacking caused during learning the quadrilateral lesson by the Geoboard did not match with students' potentials which was a reason why insignificantly the average value (Means) occurred between using Geoboard and geometric tactile materials.

Nineteen students (86.4%) mostly were satisfied with the Geoboard in level “greatly satisfied” for the following aspects: interesting, and encouragement in learning. This finding correlated with the interview, most students stated that they felt fun and excited to learn while using the Geoboard. In addition, all two teachers stated “greatly satisfied” with the Geoboard for encouragement of learning. They also reported that the Geoboard was a new material for students which encouraged students to pay more interest in the lesson. The ability to enhance students’ interest was also a main criteria of selecting material as stated by Prayat Jiraworapong (1984: 79-80). Further more, selecting material should concern with learner-center principle, which would make teaching successful as the desired learning objectives.

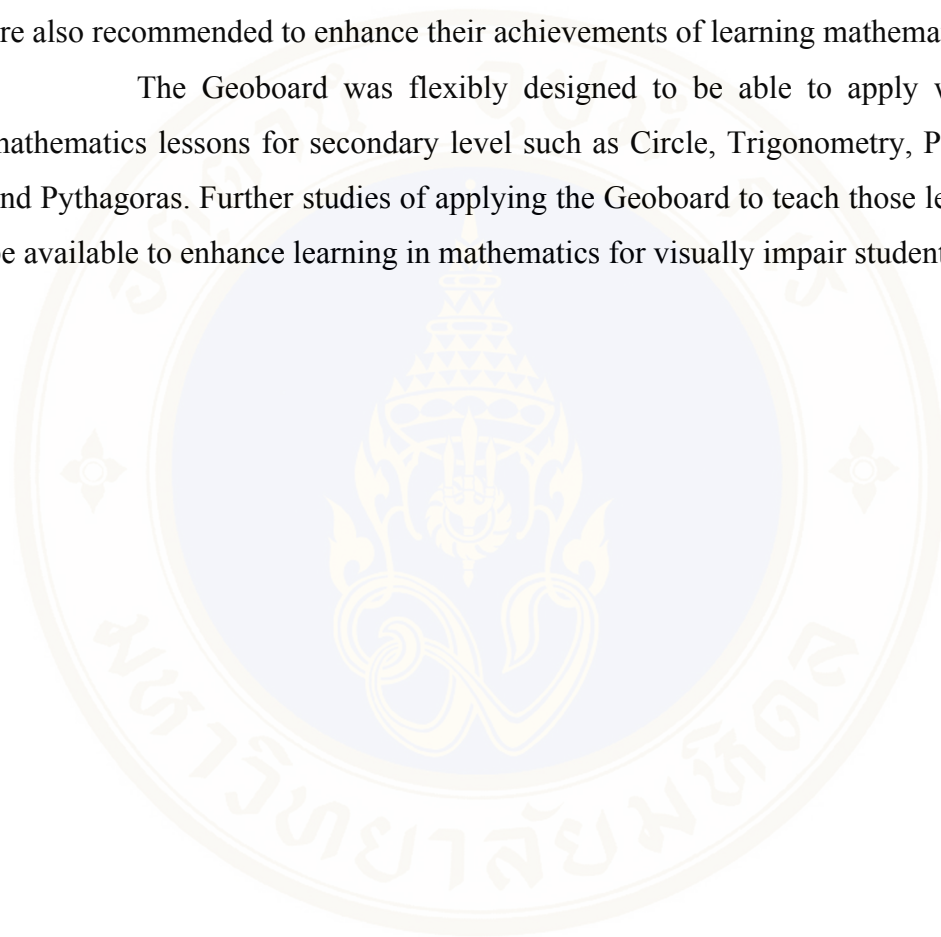
For the aspect of enhancing imagination, 14 students(63.6%) were greatly satisfied with geometric tactile materials, while 12 students (54.5%) were satisfied with the Geoboard. This was also the only one aspect that students were satisfied with geometric tactile materials over than the Geoboard. The reason was geometric tactile materials could be directly touched and easily and instantly imagine the shape. On the other hand, using the Geoboard, students had to initially create the geometric shape prior to be able to imagine. Students also stated during the interview that to learn and imagine of quadrilateral and triangle, there was no difference for both using the Geoboard and geometric tactile materials. This information matched with the study of Rawipa Chareun-ying(2004), and Ratchanat Silamontri (1999) which stated that using touching material for teaching mathematics would enhance visually impair students to imagine and learn mathematics, however, depending on their individual potential. In addition, some students provided opinion that the Geoboard could be applied to create some kinds of art works. The Geoboard was also useful to let teacher know how well their students understood geometry.

Recommendation

The researcher found that most visually impair students had quite low touching skill and measurement instruments usage. These skills are necessary to learn mathematics. Therefore, to enhance mathematics achievement of visually impair students, further studies and continuous training for those crucial skills should be

done. In addition, teachers also should be trained to later provide these skills to students. This study was a semi-experimental study. The controlled environment and other aspects may differ from other schools. Thus, further studies should take longer time in order to study the result of using the Geoboard in long term basis. Further studies of using the Geoboard with other kinds of material for visually impair students are also recommended to enhance their achievements of learning mathematics.

The Geoboard was flexibly designed to be able to apply with various mathematics lessons for secondary level such as Circle, Trigonometry, Parallel lines, and Pythagoras. Further studies of applying the Geoboard to teach those lessons might be available to enhance learning in mathematics for visually impair students.



บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2533). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์
ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เล่มที่ 6. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โครงการ
สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน.
- เจน ชัยเดชและสุปราณี ศรีสวัสดิ์. (2551). กระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น.
รายงานผลการประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ เรื่อง การเข้าถึงและได้รับบริการทาง
การศึกษาระดับอุดมศึกษา. สำนักส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพนักศึกษา สำนักงาน
คณะกรรมการการอุดมศึกษา.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). เทคโนโลยีการศึกษา : หลักสูตรและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ ฯ : ไทย
วัฒนาพานิช.
- ชูชีพ อ่อนโคกสูง. (2527). จิตวิทยาเด็กปกติ. กรุงเทพฯ: ภาคพัฒนาคำถามและเอกสารวิชาการ
หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.
- ประหยัด จิรวรพงศ์. (2527). หลักการและทฤษฎีเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศิลปะบรรณาการ.
- เปรี๊ญ กุมุท. (2519). การวิจัยสื่อและนวัตกรรมการสอน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ผดุง อารยะวิญญู. (2542). การศึกษาสำหรับเด็กที่มีความต้องการพิเศษ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:
แว่นแก้ว.
- รัชนาท ศรีละมณตรี. (2542). การผลิตหนังสืออ่านประกอบสำหรับคนตาบอด เรื่อง รูปเรขาคณิต.
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- รวีภา เจริญยิ่ง. (2547). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนสำหรับนักเรียนตาบอด วิชา
คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องแผนภูมิแท่ง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ.
- วินัย เพชรช่วย. (2523). จิตวิทยาเด็กพิเศษ. ยะลา: ภาควิชาจิตวิทยาการแนะแนว คณะศึกษาศาสตร์
สถาบันราชภัฏยะลา.

- สมใจ พุทธาพิทักษ์. (2547). “เครื่องมือในการวิจัย” ในสถิติและการวิจัยสำหรับวิทยาศาสตร์สุขภาพ
หน่วยที่ 6. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สุชา จันทน์เอม. (2525). จิตวิทยาเด็กพิเศษ. กรุงเทพฯ: อักษรบัณฑิต.
- สุชา จันทน์เอมและสุรางค์ จันทน์เอม. (มปป). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- อุบล เล่นวารี. (2542). การบริหารและการจัดการศึกษาพิเศษเรียนร่วม. สำนักงานการประถมศึกษา
กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ .

ภาษาอังกฤษ

- Andreou, Yiannoula; Kotsis, Konstantinos (2005). **Mathematical Concept Development in Blind and Sighted Children**. International Journal of Learning. Vol. 12 Issue 7.
- Argyropoulos, V.S. (2002). **Tactual shape perception in relation to the understanding of geometrical concepts by blind students**. British Journal of Visual Impairment. Vol. 20, No.7.
- Britton, B. J., et al. (2001). **Unexpected riches from a geoboard quadrilateral activity**. Mathematics Teaching in the Middle School v. 6 no. 8.
- Cahill, H., et al. (1996). **Blind and partially sighted students' access to mathematics and computer technology in Ireland and Belgium**. Journal of Visual Impairment & Blindness v. 90.
- Dion, M., Hoffman, K., & Matter, A. (2000). **Teacher's manual for adapting science experiments for blind and visually impaired students**. [Online]. Available: <http://www.tsbvi.edu/Education/Manuel2.doc>. (Access date December 20, 2009).
- Dunbar, Matt (2008). **Circle Theorems Against The Clock**. Mathematics Teaching, Issue 207.
- Eriksson Y (1999). **How to make tactile pictures understandable to the blind reader - 65th IFLA**.
- Council and General Conference. [Online]. Available: <http://www.ifla.org/IV/ifla65/65ye-e.htm> (Access date July 17, 2007)
- Evelyn H. Becker, Thomas P. Dick. (2008). **A brief historical overview of tactile and auditory aids for visually impaired mathematics educators and students**. [Online]. Available: <http://www.rit.edu>. (Access date October 31, 2008).
- Klingenberg, O.G. (2007). **Geometry: Educational Implications for Children with Visual Impairment**. Philosophy of Mathematics Education Journal (20). [Online].

Available: [http://www.people.ex.ac.uk/PErnest/pome20/Klingenberg%20 Geometry%20Educational%20Implications.doc](http://www.people.ex.ac.uk/PErnest/pome20/Klingenberg%20Geometry%20Educational%20Implications.doc). (Access date March 20, 2008).

Ostad, S. A. (1989). **Mathematics through the fingertips**. Gimse, Norway: Tambartun Skole.

Piggott, J., et al. (2006). **Interacting with the Geometry of the Circle**. Mathematics Teaching no. 195.

Texas school for the blind and visually impaired (1997). **Guidelines for Designing Tactile Displays**. [Online]. Available: <http://s22318.tsbvi.edu>. (Access date July 20, 2007).

Texas school for the blind and visually impaired (1997). **Teaching Students to Use Tactile Displays**. [online]. available: <http://22318.tsbvi.edu>. (Access date December 30, 2008).

Texas school for the blind and visually impaired (1997). **Mathematics and the blind student**. [online]. available: <http://s22318.tsbvi.edu>. (access on: October 16, 2008).

Trafton A. Patricia and Hartman Christin (1997). **Exploring Area with Geoboards**. Teaching Children Mathematics v4.

Witkin, H. A., Birnbaum, J., Lomonaco, S., Lehr, S., & Herman, J. L. (1968). **Cognitive patterning in congenitally totally blind children**. Child Development, 39, 767-768.



ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ นักเรียนทำทุกข้อ เวลา 30 นาที
2. เลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว

1. สี่เหลี่ยมที่มีทุกด้านยาวเท่ากัน มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก คือสี่เหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - ข. สี่เหลี่ยมคางหมู
 - ค. สี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - ง. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
2. สี่เหลี่ยมที่มีทุกด้านยาวเท่ากัน มุมทุกมุมไม่เป็นมุมฉาก หมายถึงสี่เหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - ข. สี่เหลี่ยมรูปร่าง
 - ค. สี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - ง. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
3. สี่เหลี่ยมที่มีด้านขนานกันเพียง 1 คู่ คือสี่เหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สี่เหลี่ยมคางหมู
 - ข. สี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - ค. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 - ง. สี่เหลี่ยมผืนผ้า
4. สี่เหลี่ยมที่มีทุกด้านยาวไม่เท่ากันและไม่มีด้านใดขนานกัน คือสี่เหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สี่เหลี่ยมคางหมู
 - ข. สี่เหลี่ยมรูปร่าง
 - ค. สี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - ง. สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า

5. สี่เหลี่ยมในข้อใดเป็นสี่เหลี่ยมที่ไม่มีด้านขนานกัน
- ก. สี่เหลี่ยมรูปว่าว
 - ข. สี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - ค. สี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - ง. สี่เหลี่ยมคางหมู
6. สี่เหลี่ยมในข้อใดที่มีมุมภายในเหมือนสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- ก. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 - ข. สี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - ค. สี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - ง. สี่เหลี่ยมคางหมู
7. สี่เหลี่ยมในข้อใดที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน
- ก. สี่เหลี่ยมคางหมูมุมฉาก
 - ข. สี่เหลี่ยมรูปว่าว
 - ค. สี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - ง. สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า
8. ถ้าพิจารณาจากความยาวแต่ละด้านของสี่เหลี่ยมแล้ว สี่เหลี่ยมคู่ใดมีความยาวด้านเหมือนกัน
- ก. สี่เหลี่ยมด้านขนานและสี่เหลี่ยมรูปว่าว
 - ข. สี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 - ค. สี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมคางหมูหน้าจั่ว
 - ง. สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนและสี่เหลี่ยมคางหมูมุมฉาก

แบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบชุดนี้เป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 8 ข้อ นักเรียนทำทุกข้อ เวลา 30 นาที
2. เลือกคำตอบที่คิดว่าถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว

1. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของสามเหลี่ยมด้านเท่า
 - ก. มีมุมใดมุมหนึ่งมีขนาด 120 องศา
 - ข. มีมุมเท่ากันเพียงสองมุม
 - ค. มีมุมที่เป็นมุมฉาก
 - ง. มุมทุกมุมมีขนาดเท่ากัน
2. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของสามเหลี่ยมหน้าจั่ว
 - ก. มีด้านสองด้านยาวเท่ากัน
 - ข. มุมทุกมุมมีขนาดเท่ากัน
 - ค. ด้านทั้งสามด้านยาวไม่เท่ากัน
 - ง. มุมทุกมุมมีขนาดไม่เท่ากัน
3. สามเหลี่ยมในข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น
 - ก. สามเหลี่ยมด้านเท่า
 - ข. สามเหลี่ยมมุมฉาก
 - ค. สามเหลี่ยมหน้าจั่ว
 - ง. สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า
4. สามเหลี่ยมมุมฉากคือสามเหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สามเหลี่ยมที่มีทุกด้านยาวเท่ากัน มุมทุกมุมเท่ากัน
 - ข. สามเหลี่ยมที่มีด้านยาวเท่ากันอยู่สองด้าน มุมเท่ากัน 2 มุม
 - ค. สามเหลี่ยมที่มีมุมใดมุมหนึ่งมีขนาด 120 องศา
 - ง. สามเหลี่ยมที่มีมุมใดมุมหนึ่งมีขนาด 90 องศา
5. สามเหลี่ยมที่มีมุมใดมุมหนึ่งมีขนาด 120 องศา คือสามเหลี่ยมในข้อใด
 - ก. สามเหลี่ยมมุมแหลม
 - ข. สามเหลี่ยมมุมป้าน
 - ค. สามเหลี่ยมมุมฉาก
 - ง. สามเหลี่ยมด้านเท่า
6. ถ้าใช้มุมเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชนิดของสามเหลี่ยมแล้วสามเหลี่ยมด้านเท่าจัดเป็นสามเหลี่ยมชนิดใด
 - ก. สามเหลี่ยมมุมฉาก
 - ข. สามเหลี่ยมมุมป้าน
 - ค. สามเหลี่ยมมุมแหลม
 - ง. สามเหลี่ยมมุมตรง

7. ข้อใดเป็นความแตกต่างระหว่างสามเหลี่ยมหน้าจั่วและสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า
- ก. สามเหลี่ยมหน้าจั่วมีมุมเท่ากันสองมุมแต่สามเหลี่ยมด้านไม่เท่าไม่มีมุมเท่ากันสามมุม
 - ข. สามเหลี่ยมหน้าจั่วมีด้านยาวเท่ากันสามด้านแต่สามเหลี่ยมด้านไม่เท่ามีด้านยาวไม่เท่ากันทั้งสามด้าน
 - ค. สามเหลี่ยมหน้าจั่วมีมุมไม่เท่ากันทั้งสามมุมแต่สามเหลี่ยมด้านไม่เท่ามีมุมเท่ากันสองมุม
 - ง. สามเหลี่ยมหน้าจั่วมีด้านยาวเท่ากันสองด้านแต่สามเหลี่ยมด้านไม่เท่ามีด้านยาวไม่เท่ากันทั้งสามด้าน
8. สามเหลี่ยมที่มีความยาวด้านเป็น 16 16 และ 23 เซนติเมตร จัดเป็นสามเหลี่ยมชนิดใด
- ก. สามเหลี่ยมด้านเท่า
 - ข. สามเหลี่ยมมุมแหลม
 - ค. สามเหลี่ยมหน้าจั่ว
 - ง. สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า

แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้เรียน

การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย..... สถานศึกษา..... อายุ.....ปี

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม ส่วนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้ตอบเขียนบรรยาย
2. ส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นข้อคำถาม ผู้ตอบเลือกให้คะแนนตามความพึงพอใจ โดยเดิมระดับคะแนนความพึงพอใจลงในช่องหลังข้อคำถาม ซึ่งมีคะแนนดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

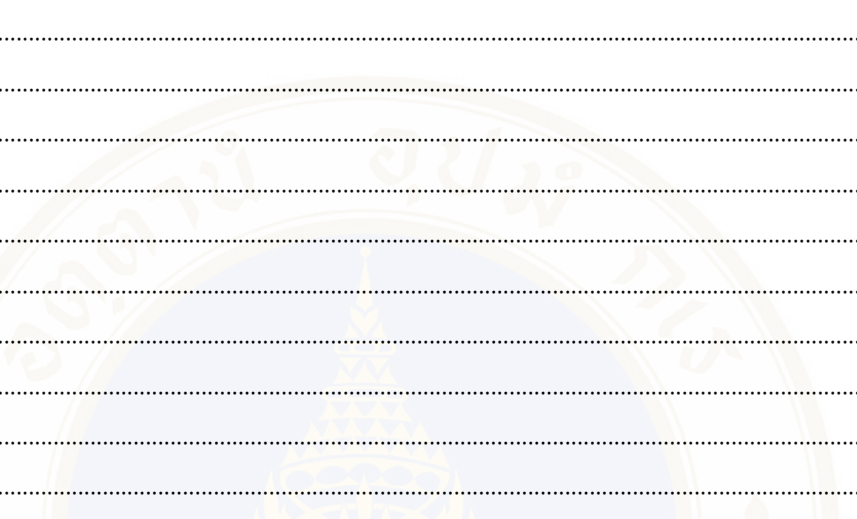
คะแนน 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่ 1 การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ	
	กระดานเรขาคณิต	สื่อวัสดุเรขาคณิต
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน		
2. มีความชัดเจน ค้นหาตำแหน่งต่างๆ ได้ง่าย		
3. สะดวก ใช้งานง่าย		
4. มีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้		
5. การสื่อสารกับผู้สอนทำได้ง่าย		
6. ช่วยเสริมสร้างจินตนาการให้กับผู้เรียน		
7. มีขนาดเหมาะสม		
8. ความพึงพอใจในภาพรวม		

1. การใช้สื่อประกอบการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยมเป็นอย่างไรบ้าง

[illegible]

แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้สอน
การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสี่เหลี่ยม

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย..... สถานศึกษา.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม ส่วนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้ตอบเขียนบรรยาย
2. ส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นข้อคำถาม ผู้ตอบเลือกให้คะแนนตามความพึงพอใจ โดยเดิมระดับคะแนนความพึงพอใจลงในช่องหลังข้อคำถาม ซึ่งมีคะแนนดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่ 1 การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง รูปสี่เหลี่ยม

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ	
	กระดานเรขาคณิต	สื่อวัสดุเรขาคณิต
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน		
2. ประยุกต์ใช้ร่วมกับเนื้อหาบทเรียนอื่นๆ ได้		
3. สะดวก ใช้งานง่าย		
4. ขั้นตอนการจัดเตรียมสื่อ		
5. สื่อสารกับผู้เรียนได้ง่าย		
6. มีความชัดเจน สามารถแยกแยะส่วนต่างๆ ได้ง่าย		
7. สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน		
8. มีความน่าสนใจ เร้าใจ กระตุ้นผู้เรียน		
9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้		
10. แข็งแรง คงทนถาวร		
11. ความพึงพอใจในภาพรวม		

1. การใช้สื่อประกอบการสอนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสี่เหลี่ยม เป็นอย่างไรบ้าง

[illegible]

แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้สอน
การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสามเหลี่ยม

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย..... สถานศึกษา.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นข้อคำถามจำนวน 11 ข้อ ซึ่งเป็นข้อคำถามเกี่ยวกับการใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม ส่วนที่ 2 เป็นข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้ตอบเขียนบรรยาย
2. ส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นข้อคำถาม ผู้ตอบเลือกให้คะแนนตามความพึงพอใจ โดยเติมระดับคะแนนความพึงพอใจลงในช่องหลังข้อคำถาม ซึ่งมีคะแนนดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

คะแนน 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

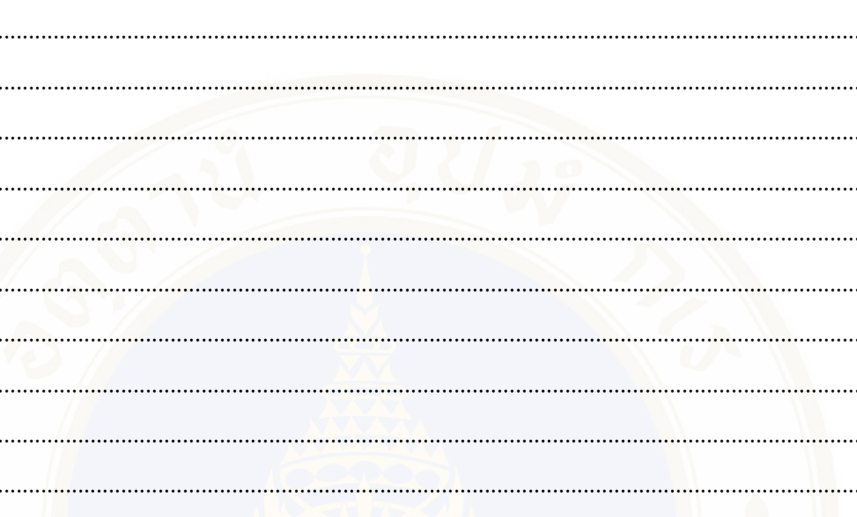
คะแนน 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย

คะแนน 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ส่วนที่ 1 การใช้สื่อประกอบบทเรียนเรื่อง รูปสามเหลี่ยม

ข้อคำถาม	ระดับความพึงพอใจ	
	กระดานเรขาคณิต	สื่อวัสดุเรขาคณิต
1. สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน		
2. ประยุกต์ใช้ร่วมกับเนื้อหาบทเรียนอื่นๆ ได้		
3. สะดวก ใช้งานง่าย		
4. ขั้นตอนการจัดเตรียมสื่อ		
5. สื่อสารกับผู้เรียนได้ง่าย		
6. มีความชัดเจน สามารถแยกแยะส่วนต่างๆ ได้ง่าย		
7. สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน		
8. มีความน่าสนใจ เร้าใจ กระตุ้นผู้เรียน		
9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้		
10. แข็งแรง คงทนถาวร		
11. ความพึงพอใจในภาพรวม		

1. การใช้สื่อประกอบการสอนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง รูปสามเหลี่ยม เป็นอย่างไรบ้าง

[illegible]

ภาคผนวก ข

แผนการสอน

แผนการสอน

บทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้กระดานเรขาคณิต

1. เวลา: จำนวน 2 คาบ คาบละ 60 นาที

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 1) นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้มุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมเป็นเกณฑ์ได้
- 2) นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมขนมเป็ยกปุ่น สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมรูปว่าวและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าได้

3. กิจกรรม

3.1 คาบที่ 1 เวลา 60 นาที

(1) กิจกรรมเตรียมความพร้อม โดยครูสอบถามความคิดรวบยอดพื้นฐาน(basic concept)ของนักเรียนเกี่ยวกับเส้นขนานและชนิดของมุม เช่น มุมแหลม มุมป้าน มุมฉาก เป็นต้น และตรวจสอบทักษะการใช้อุปกรณ์การวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้ฉากของนักเรียน พร้อมทั้งอธิบายวิธีการวัดความยาว การเปรียบเทียบขนาดของมุมกับมุมฉากของไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้มุมฉากเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 2 ชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้บรรทัด รวมทั้งมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

3.2 คาบที่ 2 เวลา 60 นาที

(1) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมภายในไม่เป็นมุมฉาก ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมขนมเป็ยกปุ่น สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมรูปว่าว และสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 5 ชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้บรรทัด รวมทั้งมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้ฉาก ใช้เวลา 50 นาที

(2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปรูปสี่เหลี่ยม ใช้เวลา 10 นาที

4. สื่อการสอนและอุปกรณ์ประกอบการสอน

- (1) ชุดกระดานเรขาคณิต ซึ่งประกอบด้วย กระดานเรขาคณิต หมุดเสียบและเส้นยางยืดหยุ่น
- (2) ไม้ฉาก

(3) ไม้บรรทัดยาว 1 ฟุต

5. การประเมิน

ประเมินด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งจาก 4 ตัวเลือกและเป็นอักษรเบรลล์ จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

แผนการสอน

บทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1. เวลา: จำนวน 2 คาบ คาบละ 60 นาที

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- (1) นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้มุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมเป็นเกณฑ์ได้
- (2) นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมขนมเป็ยกปุ่น สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมรูปว่าวและสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าได้

3. กิจกรรม

3.1 คาบที่ 1 เวลา 60 นาที

(1) กิจกรรมเตรียมความพร้อม โดยครูสอบถามความคิดรวบยอดพื้นฐาน(basic concept)ของนักเรียนเกี่ยวกับเส้นขนานและชนิดของมุม เช่น มุมแหลม มุมป้าน มุมฉาก เป็นต้น และตรวจสอบทักษะการใช้อุปกรณ์การวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้ฉากของนักเรียน พร้อมทั้งอธิบายวิธีการวัดความยาว การเปรียบเทียบขนาดของมุมกับมุมฉากของไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้มุมฉากเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 2 ชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้บรรทัด รวมทั้งมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

3.2 คาบที่ 2 เวลา 60 นาที

(1) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมภายในไม่เป็นมุมฉาก ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมขนมเป็ยกปุ่น สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมรูปว่าว และสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 5 ชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้บรรทัด รวมทั้งมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ไม้ฉาก ใช้เวลา 50 นาที

(2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปรูปสี่เหลี่ยม ใช้เวลา 10 นาที

4. สื่อการสอนและอุปกรณ์ประกอบการสอน

(1) สื่อวัสดุรูปสี่เหลี่ยม ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมขนมเป็ยกปุ่น สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมคางหมู สี่เหลี่ยมรูปว่าว และสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า ซึ่งผลิตจากกระดาษแข็งและมีขนาดที่มือทั้งสองข้างของนักเรียนสามารถสำรวจได้หมดในคราวเดียว

(2) ไม้ฉาก

(3) ไม้บรรทัดยาว 1 ฟุต

5. การประเมิน

ประเมินด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งจาก 4 ตัวเลือกและเป็นอักษรเบรลล์ จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

แผนการสอน

บทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยใช้กระดานเรขาคณิต

1. เวลา: 2 คาบ คาบละ 60 นาที

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

(1) นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้ความยาวด้านของรูปสามเหลี่ยมหรือมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเป็นเกณฑ์ได้

(2) นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า สามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้านได้

3. กิจกรรม

3.1 คาบที่ 1 เวลา 60 นาที

(1) กิจกรรมเตรียมความพร้อม โดยครูสอบถามความคิดรวบยอดพื้นฐาน(basic concept)ของนักเรียนเกี่ยวกับชนิดของมุม เช่น มุมแหลม มุมป้าน มุมฉาก เป็นต้น และตรวจสอบทักษะการใช้อุปกรณ์การวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ของนักเรียน พร้อมทั้งอธิบายวิธีการวัดความยาว การเปรียบเทียบขนาดของมุมกับมุมฉากของไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมเมื่อใช้ความยาวด้านเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่วและสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสามเหลี่ยมแต่ละชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านแต่ละด้านด้วยไม้บรรทัด ใช้เวลา 30 นาที

3.2 คาบที่ 2 เวลา 60 นาที

(1) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมเมื่อใช้มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้าน พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสามเหลี่ยมแต่ละชนิดและเปรียบเทียบมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมด้วยไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปรูปสามเหลี่ยม ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวด้านและมุมภายในของรูปสามเหลี่ยม ใช้เวลา 30 นาที

4. สื่อการสอนและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการสอน

- (1) ชุดกระดานเรขาคณิต ซึ่งประกอบด้วย กระดานเรขาคณิต หมุดเสียบและเส้นยางยืดหยุ่น
- (2) ไม้ฉาก
- (3) ไม้บรรทัดยาว 1 ฟุต

5. การประเมิน

ประเมินด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งจาก 4 ตัวเลือกและเป็นอักษรเบรลล์ จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

แผนการสอน

บทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม โดยใช้สื่อวัสดุเรขาคณิต

1. เวลา: จำนวน 2 คาบ คาบละ 60 นาที

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- (1) นักเรียนสามารถจำแนกชนิดของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้ความยาวด้านของรูปสามเหลี่ยมหรือมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเป็นเกณฑ์ได้
- (2) นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า สามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้านได้

3. กิจกรรม

3.1 คาบที่ 1 เวลา 50 นาที

(1) กิจกรรมเตรียมความพร้อม โดยครูสอบถามความคิดรวบยอดพื้นฐาน(basic concept)ของนักเรียนเกี่ยวกับชนิดของมุม เช่น มุมแหลม มุมป้าน มุมฉาก เป็นต้น และตรวจสอบทักษะการใช้อุปกรณ์การวัด เช่น ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ของนักเรียน พร้อมทั้งอธิบายวิธีการวัดความยาว การเปรียบเทียบขนาดของมุมกับมุมฉากของไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมเมื่อใช้ความยาวด้านเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่วและสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสามเหลี่ยมแต่ละชนิดและเปรียบเทียบความยาวด้านแต่ละด้านด้วยไม้บรรทัด ใช้เวลา 30 นาที

3.2 คาบที่ 2 เวลา 60 นาที

(1) ครูอธิบายคุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมเมื่อใช้มุมภายในของรูปสามเหลี่ยมเป็นเกณฑ์ ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้าน พร้อมทั้งให้นักเรียนสัมผัสรูปสามเหลี่ยมแต่ละชนิดและเปรียบเทียบมุมภายในของรูปสามเหลี่ยมด้วยไม้ฉาก ใช้เวลา 30 นาที

(2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปรูปสามเหลี่ยม ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวด้านและมุมภายในของรูปสามเหลี่ยม ใช้เวลา 30 นาที

4. สื่อการสอนและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการสอน

(1) สื่อวัสดุรูปสามเหลี่ยม ได้แก่ รูปสามเหลี่ยมด้านเท่า สามเหลี่ยมหน้าจั่ว สามเหลี่ยมด้านไม่เท่า สามเหลี่ยมมุมแหลม สามเหลี่ยมมุมฉากและสามเหลี่ยมมุมป้าน ซึ่งผลิตจากวัสดุกระดาษแข็งและมีขนาดที่มือทั้งสองข้างของนักเรียนสามารถสำรวจได้หมดในคราวเดียว

(2) ไม้ฉาก

(3) ไม้บรรทัดยาว 1 ฟุต

5. การประเมิน

ประเมินด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนบทเรียนเรขาคณิตระนาบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งจาก 4 ตัวเลือกและเป็นอักษรเบรลล์ จำนวน 8 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

ภาคผนวก ก
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ตาราง ก-1 ผลการประเมินและค่า IOC ของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม

แบบทดสอบ เรื่องชนิดของ รูปสี่เหลี่ยม	ผลการประเมิน			รวม	ค่า IOC
	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 3		
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 6	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 7	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 8	+1	+1	+1	+3	+1

ตาราง ก-2 ผลการประเมินและค่า IOC ของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม

แบบทดสอบ เรื่องชนิดของ รูปสามเหลี่ยม	ผลการประเมิน			รวม	ค่า IOC
	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิ คนที่ 3		
ข้อที่ 1	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 2	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 3	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 4	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 5	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 6	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 7	+1	+1	+1	+3	+1
ข้อที่ 8	+1	+1	+1	+3	+1

ตาราง ค-3 ผลการหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม

	ข้อที่1	ข้อที่2	ข้อที่3	ข้อที่4	ข้อที่5	ข้อที่6	ข้อที่7	ข้อที่8	รวมคะแนน
คนที่ 1	1	1	0	0	0	0	0	0	2
คนที่ 2	1	1	0	1	0	0	0	0	3
คนที่ 3	1	0	0	1	0	0	1	0	3
คนที่ 4	1	0	0	0	0	0	0	0	1
คนที่ 5	1	0	1	1	0	1	1	1	6
คนที่ 6	1	1	0	1	1	0	1	1	6
คนที่ 7	1	1	0	1	0	0	1	0	4
คนที่ 8	1	1	1	1	0	1	1	0	6
คนที่ 9	0	1	0	1	0	0	0	0	2
คนที่ 10	1	1	1	1	1	0	1	1	7

p 0.9 0.7 0.3 0.8 0.2 0.2 0.6 0.3

q 0.10 0.3 0.7 0.2 0.8 0.8 0.4 0.7

pq 0.09 0.21 0.21 0.16 0.16 0.16 0.24 0.21 $\sum pq=1.44$

$$KR-20 \quad r_{tt} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right)$$

$$r_{tt} = \left(\frac{8}{7} \right) \left(1 - \frac{1.44}{4.444} \right)$$

$$r_{tt} = 0.773$$

ตาราง ค-4 ผลการหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่อง ชนิดของรูปสามเหลี่ยม

	ข้อที่1	ข้อที่2	ข้อที่3	ข้อที่4	ข้อที่5	ข้อที่6	ข้อที่7	ข้อที่8	รวมคะแนน
คนที่ 1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
คนที่ 2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
คนที่ 3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
คนที่ 4	1	1	1	1	0	0	0	1	5
คนที่ 5	0	1	0	1	0	0	1	1	4
คนที่ 6	1	1	1	1	1	0	0	1	6
คนที่ 7	0	0	0	1	0	0	0	1	2
คนที่ 8	1	1	0	1	0	0	0	1	4
คนที่ 9	1	1	1	1	0	1	1	1	7
p	0.8	0.8	0.3	0.8	0.2	0.3	0.3	0.8	
q	0.2	0.2	0.7	0.2	0.8	0.7	0.7	0.2	
pq	0.16	0.16	0.21	0.16	0.16	0.21	0.21	0.16	$\sum pq=1.43$

KR-20

$$r_{tt} = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right)$$

$$r_{tt} = \left(\frac{8}{7} \right) \left(1 - \frac{1.43}{4.233} \right)$$

$$r_{tt} = 0.757$$

ตาราง ค-5 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องชนิดของรูปสี่เหลี่ยม

คำถามข้อที่	จำนวนตอบถูก		ค่าความยากง่าย (เกณฑ์ 0.2-0.8)	ค่าอำนาจจำแนก (เกณฑ์ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป)
	กลุ่มสูง (5คน)	กลุ่มต่ำ (5คน)		
1	5	4	0.9*	0.2
2	4	3	0.7	0.2
3	3	0	0.3	0.6
4	5	3	0.8	0.4
5	2	0	0.2	0.4
6	2	0	0.2	0.4
7	5	1	0.6	0.8
8	3	0	0.3	0.6

*สูงกว่าเกณฑ์เล็กน้อย

ตาราง ค-6 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องชนิดของรูปสามเหลี่ยม

คำถามข้อที่	จำนวนตอบถูก		ค่าความยากง่าย (เกณฑ์ 0.2-0.8)	ค่าอำนาจจำแนก (เกณฑ์ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป)
	กลุ่มสูง (5คน)	กลุ่มต่ำ (5คน)		
1	5	3	0.8	0.4
2	5	3	0.8	0.4
3	3	0	0.3	0.6
4	5	3	0.8	0.4
5	2	0	0.2	0.4
6	3	0	0.3	0.6
7	2	1	0.3	0.2
8	5	3	0.8	0.4

ภาคผนวก ง

การพัฒนาระดานเรขาคณิต

การสร้างและพัฒนาระดานเรขาคณิตเป็นกระบวนการพัฒนารูปแบบต่างๆที่ปรากฏบนกระดานเรขาคณิต เช่น ลักษณะของแนวเส้นสัมผัส ขนาดของรู อักษรเบรลล์ เป็นต้น โดยคำนึงถึงการเลือกวัสดุในท้องถิ่นและกระบวนการผลิต โดยใช้หลักการ Usability test ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาดังต่อไปนี้

- (1) การออกแบบกระดานเรขาคณิต
- (2) การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ
- (3) การประเมินจากนักเรียนพิการทางการเห็น
- (4) สรุปรูปแบบของกระดานเรขาคณิต

1. การออกแบบกระดานเรขาคณิต

กระดานเรขาคณิตออกแบบเป็นกระดานสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เนื่องจากเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับกระดานเบรลล์ขนาดมาตรฐาน (ขนาด 11.5X11 นิ้ว) ซึ่งเป็นขนาดที่นักเรียนพิการทางการเห็นมีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี และออกแบบการเจาะรูบนแผ่นกระดานเป็นรูปร่างกลม เนื่องจากรูปร่างกลมเป็นรูปเรขาคณิตพื้นฐานที่รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่าสามารถสร้างได้ภายในรูปร่างกลม นอกจากนี้บทเรียนคณิตศาสตร์หลายบทเรียนที่ใช้รูปร่างกลม เช่น ทฤษฎีวงกลม ทรีโกโนเมตรี เป็นต้น โดยในบทเรียนตรีโกณมิติใช้การอธิบายเบื้องต้นจากรูปสามเหลี่ยมมุมฉากจำนวน 2 รูปคือ สามเหลี่ยมมุมฉากที่ประกอบด้วยมุม 30 60 และ 90 องศา และสามเหลี่ยมมุมฉากที่ประกอบด้วยมุม 45 45 และ 90 องศา ดังนั้นเพื่อให้การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉากเหล่านี้เป็นไปได้ง่ายถูกต้อง จึงทำการแบ่งตำแหน่งบนเส้นรอบวงของรูปร่างกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 นิ้ว เป็น 24 ตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งทำมุมระหว่างกันกับจุดศูนย์กลาง 15 องศา และในบทเรียนทฤษฎีวงกลมมีเนื้อหาเกี่ยวกับเส้นสัมผัสวงกลม ดังนั้นจึงกำหนดตำแหน่งที่มุมทั้งสี่ของกระดาน เพื่อสามารถสร้างเส้นสัมผัสวงกลมได้ นอกจากนี้รูปเรขาคณิตบางรูป เช่น สี่เหลี่ยมคางหมู มุมฉาก สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เป็นต้น ไม่สามารถใช้ตำแหน่งบนเส้นรอบวงในการสร้างรูปเหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงออกแบบให้มีตำแหน่งภายในวงกลม โดยเป็นตำแหน่งที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงระหว่างตำแหน่งบนเส้นรอบวงที่อยู่ตรงกันข้ามทั้ง แนวตั้งและแนวนอน

การกำหนดตำแหน่งบนเส้นรอบวงของวงกลม เลือกใช้ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ เนื่องจากอักษรเบรลล์เป็นอักษรสำหรับคนตาบอดมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่จัดวางเป็นแนวตั้ง มีความกว้าง 3.5 มม. สูง 6 มม. โดยมีจุดภายในอยู่ 6 จุด เรียงตามแนวตั้ง การเรียงจุดเบรลล์จะเรียงจากบนลงล่าง แบ่งเป็น 2 หลัก หลักละ 3 จุด โดยนับจากด้านซ้ายมือบนสุดเป็นจุด 1 จุดกลางด้านซ้ายคือ จุด 2 จุดล่างด้านซ้ายคือจุด 3 ด้านขวาคือ จุด 4 จุด 5 และ จุด 6 ตามลำดับ รวม 6 จุด เป็น 1 ช่อง เรียกว่า เบรลล์เซลล์ ใน 1 เซลล์สามารถจัดรูปแบบได้ทั้งหมด 63 รูปแบบ ซึ่งอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่จะใช้เบรลล์เซลล์จำนวน 2 เซลล์ทุกตัวอักษร และตำแหน่งที่มุมทั้งสี่ของกระดานใช้อักษรตัวเลขอารบิกตั้งแต่ 1-4 กำหนดตำแหน่ง เนื่องจาก อักษรเบรลล์ตัวเลขอารบิกใช้จำนวนเบรลล์เซลล์ 2 เซลล์ เพื่อให้เป็นรูปแบบเดียวกันทั้งกระดาน

ตำแหน่งตัว A จะอยู่ตำแหน่งขวามือสุดบนเส้นรอบวง เนื่องจากการวางมือบนกระดานที่เป็นธรรมชาติ มือทั้งสองข้างจะอยู่ประมาณกลางกระดาน ซึ่งจะค้นหาตำแหน่งจุด A ได้ง่าย และตัวอักษร B จนถึง Y จะวนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เนื่องจากจะได้สอดคล้องกับการหาค่าตรีโกณมิติจากความยาวเส้นรอบวง ซึ่งจะวัดในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ที่จุดศูนย์กลางวงกลมใช้ตัว O กำหนดตำแหน่ง เนื่องจากในหนังสือและตำราเรียนคณิตศาสตร์ทั่วไปมักใช้ตัวอักษร O ในการกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลม

2. การประเมินกระดานเรขาคณิตจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยนำกระดานเรขาคณิตที่ออกแบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและประเมินกระดานเรขาคณิต สรุปได้ดังต่อไปนี้

- (1) รูที่มีอักษรเบรลล์กำกับควรมีผิวต่างสัมผัสสับริเวณขอบรู เพื่อให้การค้นหาตำแหน่งของรูสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ขนาดของรูควรมีขนาดพอดีกับ姆ุคเสียบ เพื่อป้องกันมิให้姆ุคเสียบหลุดกระเด็นขณะใช้งาน
- (2) แนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมควรเริ่มจากรูที่มีอักษรเบรลล์กำกับและสิ้นสุดที่รูฝั่งตรงข้ามที่มีอักษรเบรลล์กำกับ เพื่อให้การค้นหาตำแหน่งของรูภายในวงกลมทำได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น
- (3) สัญลักษณ์ที่มุมขวามือบนควรใช้สัญลักษณ์ที่เป็นสากล เช่น ดัคมุมขวามือบนออก ใช้อักษรเบรลล์ 6 จุดเป็นต้น ไม่ควรใช้เป็นแนวเส้น ซึ่งอาจทำให้นักเรียนสับสนว่าแนวเส้นนี้ มีความสัมพันธ์อย่างไรกับแนวเส้นที่อยู่ภายในวงกลม
- (4) วัสดุที่รองอยู่ใต้แผ่นกระดานควรเป็นวัสดุที่มีความแข็ง เมื่อเสียบ姆ุคลงไปแล้วไม่มีแรงสะท้อนที่姆ุคเสียบ ซึ่งการมีแรงสะท้อนขณะเสียบ姆ุคจะดึงดูดความสนใจของนักเรียนพิการทางการเห็น
- (5) อักษรเบรลล์ที่กำกับตามรูต่างๆควรมีความคงทนต่อการใช้งาน ไม่หลุดลอกได้ง่าย
- (6) ขนาดของ姆ุคเสียบควรมีความยาวเพียงพอ เพื่อให้การจึงเส้นข้างทำได้ง่าย
- (7) ควรจัดทำคู่มือการใช้งานกระดานเรขาคณิตทั้งอักษรปกติและอักษรเบรลล์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง

3. การประเมินกระดานเรขาคณิตจากนักเรียนพิการทางการเห็น

ผู้วิจัยนำกระดานเรขาคณิตไปทดลองใช้กับนักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2552 และทำการประเมินกระดานเรขาคณิต โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(purposive sampling) ได้โรงเรียนการศึกษาคนตาบอด จำนวน 2 แห่ง ได้แก่โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา และโรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น แต่ละแห่งทำการสุ่มเลือกนักเรียนด้วยวิธีการสุ่มเชิงเดียว (simple random sampling) แห่งละ 5 คน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 10 คน โดยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็น 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดนครราชสีมา และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาปรับปรุงรูปแบบกระดานเรขาคณิต นำกระดานเรขาคณิตที่ผ่านการปรับปรุงไปทดลองใช้และทำการประเมินครั้งที่ 2 ที่โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปปรับปรุงกระดานเรขาคณิตให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบ

สัมภาษณ์ เกี่ยวกับรูปแบบของกระดานเรขาคณิต เช่น ขนาด น้ำหนัก ลักษณะแนวเส้นและขอบรู เป็นต้น จำนวน 12 ข้อ โดยผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยและทำการบันทึกเสียงระหว่างสัมภาษณ์

3.1 การประเมินกระดานเรขาคณิตครั้งที่ 1 จากนักเรียนพิการทางการเห็น โรงเรียนการศึกษาคนตาบอด นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

ผู้วิจัยนำกระดานเรขาคณิตไปให้นักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2552 จาก โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 คนได้ทดลองใช้และทำการประเมิน ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

(1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 5 คนทำความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิตโดยผู้วิจัยอธิบายรูปร่าง ลักษณะของ กระดานเรขาคณิตพร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้มือสัมผัสส่วนประกอบต่างๆของกระดานเรขาคณิตพร้อมกับการอธิบาย ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

(2) กำหนดตำแหน่งของรูที่มีอักษรเบรลล์ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ค้นหาตำแหน่งต่างๆตามที่กำหนด และ ใช้หมุดเสียบลงไปทีรูดังกล่าว ใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งดังนี้

(2.1) รูที่มีอักษรตัว A G M T และ O กำกับ

(2.2) รูที่มีอักษรอยู่ระหว่าง A-G G-M M-T และT-A เช่น รูตำแหน่ง D J Q W เป็นต้น

(2.3) รูที่มีตัวเลข 1-4 กำกับ

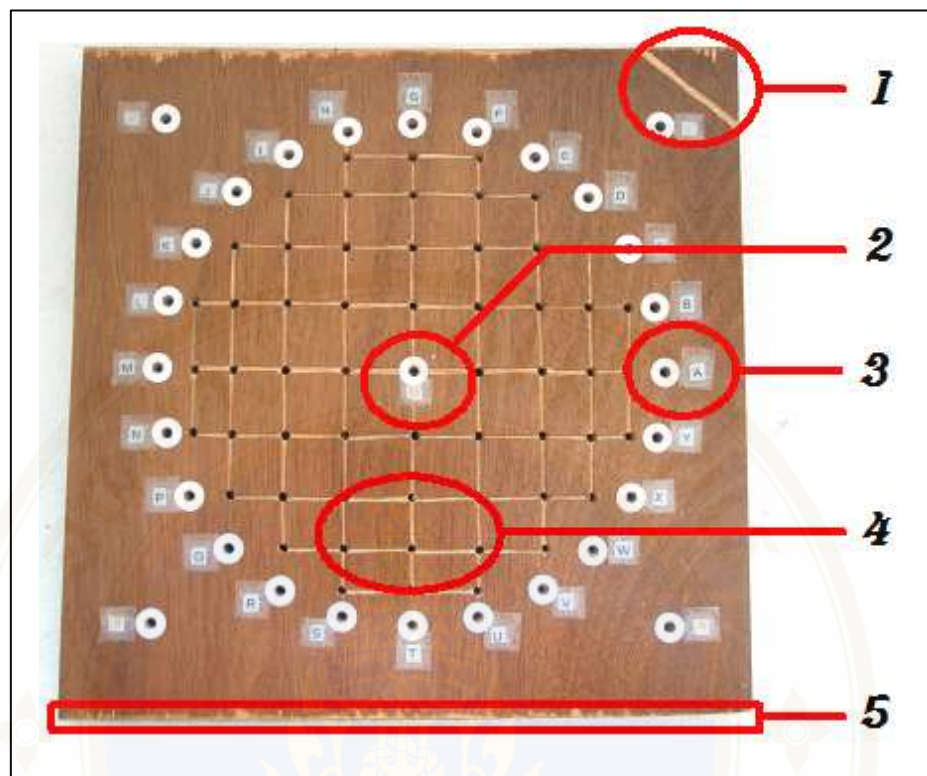
(3) อธิบายตำแหน่งของรูที่อยู่ภายในวงกลม โดยระบุตำแหน่งเป็นการตัดกันของเส้นตรงสองเส้น เช่น รูที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรง GTกับDJ เป็นต้น พร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ค้นหาตำแหน่งของรูที่อยู่ ภายในวงกลม ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

(4) กำหนดตำแหน่งในการสร้างรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมและผู้เข้าร่วมการวิจัยสร้างรูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมตามที่กำหนด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(5) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการต่างๆแล้ว ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของ กระดานเรขาคณิตวิธีการใช้งาน เป็นต้น จำนวน 12 ข้อ โดยทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยทีละคนและ บันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์ ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

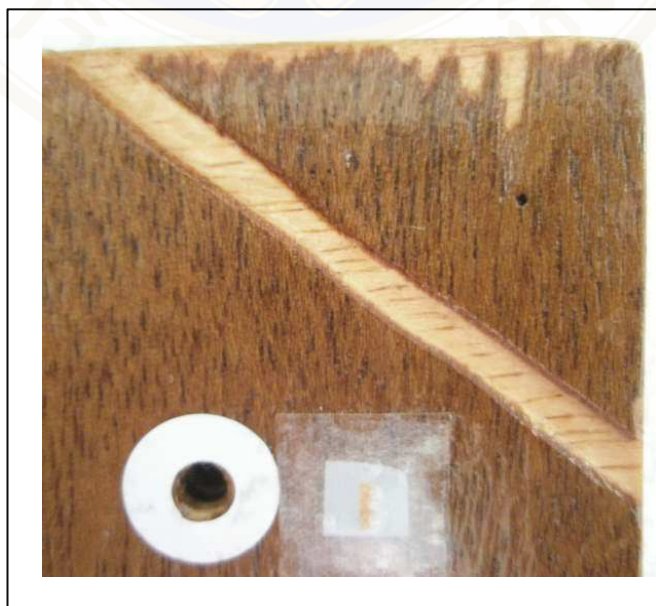
สรุปข้อมูลการประเมินกระดานเรขาคณิตจากนักเรียนพิการทางการเห็น โรงเรียนการศึกษาคนตาบอด นครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

นำข้อมูลการประเมินกระดานเรขาคณิตที่ได้จากผู้ทรงคุณวุฒิและข้อมูลที่ได้จากนักเรียนพิการทางการ เห็นมาพิจารณาร่วมกัน ซึ่งสามารถสรุปประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้



รูปกระดานเรขาคณิต (ต้นแบบ)

- (1) สัญลักษณ์ที่มุมขวามือบนของกระดานเรขาคณิตควรใช้สัญลักษณ์ที่เป็นสากล เช่น อาจจะตัดมุมขวามือบนออก ใช้อักษรเบรลล์หกจุดติดด้านมุมขวามือบน เป็นต้น



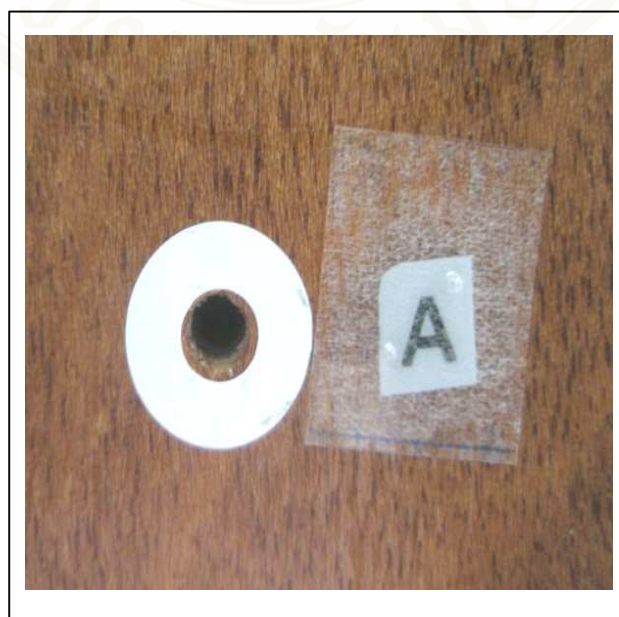
รูปสัญลักษณ์มุมขวามือบนของกระดานเรขาคณิตที่ควรปรับปรุง

- (2) ควรมีพื้นผิวต่างสัมผัสบริเวณขอบรูที่มีอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่กำกับ เช่น จุด O A b C เป็นต้นหรือรูที่มีอักษรเบรลล์ตัวเลขกำกับ เช่น จุดหมายเลข 1 2 3 4 เป็นต้น เพื่อให้การค้นหารูเหล่านี้ทำได้รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่วัสดุเป็นไม้ตัวอักษรเบรลล์ควรทำให้ติดแน่นถาวร ไม่หลุดหลุดออกได้ง่าย



รูรูที่มีอักษรเบรลล์ตัว O กำกับที่ควรมีพื้นผิวต่างสัมผัสบริเวณขอบรู

- (3) ขนาดของรูควรจะมีขนาดพอดีกับหมุดเสียบ ไม่หลวมหรือแน่นเกินไป ซึ่งขณะคล่องเส้นยาง หมุดเสียบจะไม่กระเด็นหลุดออกมาได้ง่าย



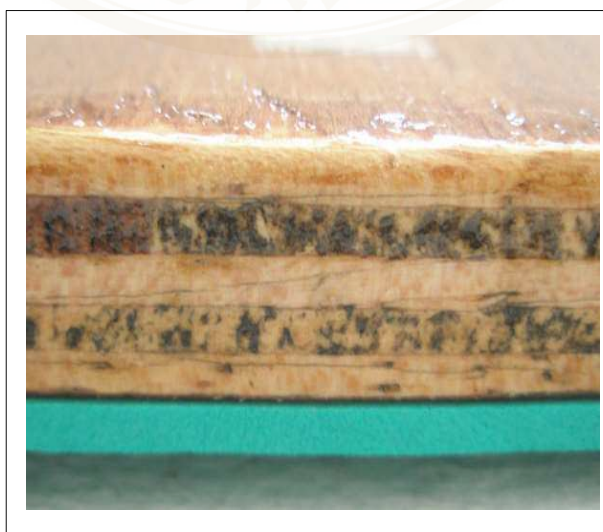
รูปขนาดของรูที่ควรทำให้มีขนาดพอดีกับหมุดเสียบ

- (4) แนวเส้นที่อยู่ระหว่างรูภายในวงกลมควรทำให้มีการสัมผัสได้ง่าย และควรขยายแนวเส้นไปให้ถึงรูที่อยู่บนเส้นรอบวง เพื่อให้การค้นหาคำแหน่งของรูที่อยู่ภายในวงกลมทำได้แม่นยำ รวดเร็วมากยิ่งขึ้น ในกรณีที่วัสดุเป็นไม้แนวเส้นควรทำเป็นแบบร่องลึก ซึ่งจะมีความคงทน ถาวรมากกว่าแบบนูนต่ำ

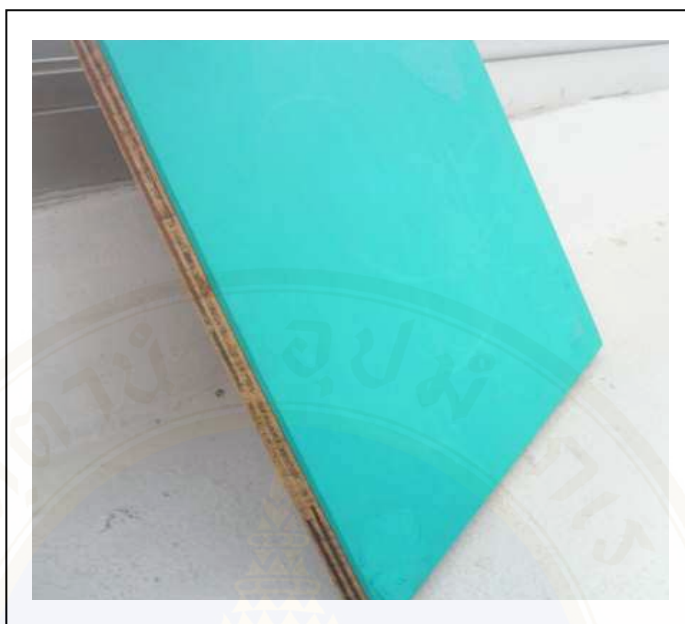


รูปแนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมที่ควรทำให้สัมผัสได้ง่าย และควรขยายแนวเส้นเหล่านี้ให้ถึงรูที่อยู่บนเส้นรอบวง

- (5) แผ่นยางที่ใช้รองอยู่ใต้กระดานเรขาคณิตควรปรับเปลี่ยนใช้วัสดุชนิดอื่นที่ปราศจากแรงสะท้อน เมื่อใช้หมุดเสียบลงไปในเรื่องที่ไม่มีแรงสะท้อนซึ่งอาจทำให้หมุดเสียบกระเด็นหลุดออกมาหรือเป็นการเบี่ยงเบนความสนใจของผู้ใช้



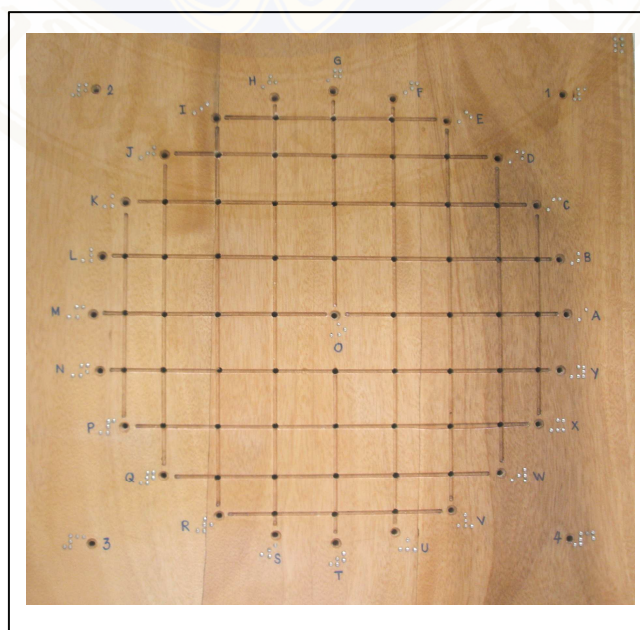
รูปแผ่นยางที่รองอยู่ใต้กระดานเรขาคณิตที่ควรปรับเปลี่ยนใช้วัสดุอื่นที่ปราศจากแรงสะท้อน



รูปแผ่นยางที่รองอยู่ใต้กระดานเรขาคณิต

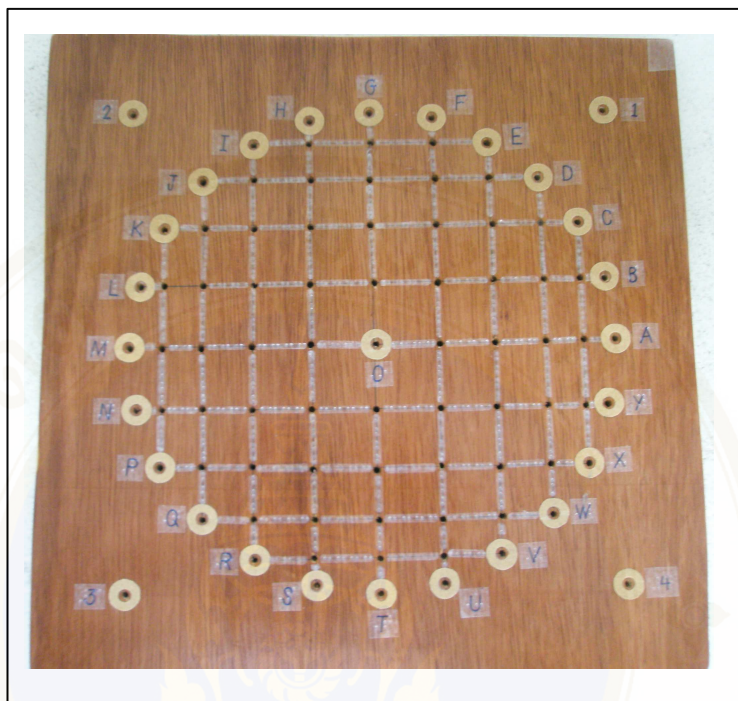
จากผลการประเมิน ผู้วิจัยปรับปรุงกระดานเรขาคณิตเป็น 2 ลักษณะคือ

ลักษณะที่ 1 กระดานเรขาคณิตที่ใช้ตะปูหัวกลมทำเป็นจุดของอักษรเบรลล์ ขอบรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับและแนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมเป็นแบบเว้าลึกและร่องลึกตามลำดับ สัญลักษณ์ที่มุมขวามือบนของกระดานเรขาคณิตใช้อักษรเบรลล์ทั้งหกจุด รูปทรงแบนกระดานเรขาคณิตเจาะให้มีความลึก 1.3 เซนติเมตร



รูปกระดานเรขาคณิตที่มีขอบรูปเว้าลึกและแนวเส้นระหว่างรูเป็นแบบร่องลึก
อักษรเบรลล์ทำจากตะปูหัวกลม

ลักษณะที่ 2 กระดานเรขาคณิตที่ใช้อักษรเบรลล์ขนาดปกติและขอบรูที่มีอักษรเบรลล์กำกับมีผิวต่างสัมผัส แนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมเป็นแบบนูนต่ำ รูทุกรูมีความลึก 1.5 เซนติเมตร ดังรูป



รูปกระดานเรขาคณิตที่ขอบรูมีผิวต่างสัมผัสและแนวเส้นระหว่างรูเป็นแบบนูนต่ำ
อักษรเบรลล์มีขนาดปกติ

การประเมินกระดานเรขาคณิตครั้งที่ 2 จากนักเรียนพิการทางการเห็น โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ผู้วิจัยนำกระดานเรขาคณิตที่ผ่านการปรับปรุงครั้งที่ 1 ทั้ง 2 ลักษณะไปให้นักเรียนพิการทางการเห็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2552 จากโรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 5 คนได้ทดลองใช้และทำการประเมิน โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยได้สัมผัสกระดานทั้ง 2 แบบ และให้เลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งเท่านั้น

ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

(1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 5 คนทำความคุ้นเคยกับกระดานเรขาคณิตทั้ง 2 ลักษณะ โดยผู้วิจัยอธิบายรูปร่างลักษณะของกระดานเรขาคณิตพร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้มือสัมผัสส่วนประกอบต่างๆของกระดานเรขาคณิตพร้อมกับการอธิบาย ใช้เวลาประมาณ 20 นาที และให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเลือกกระดานเรขาคณิตแบบใดแบบหนึ่ง

(2) กำหนดตำแหน่งของรูที่มีอักษรเบรลล์ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ค้นหาตำแหน่งต่างๆตามที่กำหนด และใช้หมุดเสียบลงไปดังกล่าว ใช้เวลาประมาณ 15 นาที ซึ่งประกอบด้วยตำแหน่งดังนี้

(2.1) รูที่มีอักษรตัว A G M T และ O กำกับ

(2.2) รูที่มีอักษรอยู่ระหว่าง A-G G-M M-T และ T-A เช่น รูตำแหน่ง D J Q W เป็นต้น

(2.3) รูที่มีตัวเลข 1-4 กำกับ

(3) อธิบายตำแหน่งของรูที่อยู่ภายในวงกลม โดยระบุตำแหน่งเป็นการตัดกันของเส้นตรงสองเส้น เช่น รูที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรง GT กับ DJ เป็นต้น พร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ค้นหาตำแหน่งของรูที่อยู่ภายในวงกลม ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

(4) กำหนดตำแหน่งในการสร้างรูปสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมและผู้เข้าร่วมการวิจัยสร้างรูปสามเหลี่ยมสี่เหลี่ยมตามที่กำหนด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

(5) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการต่างๆแล้ว ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของกระดานเรขาคณิตวิธีการใช้งาน เป็นต้น จำนวน 12 ข้อ โดยทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมการวิจัยทีละคนและบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์ ใช้เวลาประมาณ 15 นาที

สรุปการประเมินกระดานเรขาคณิตจากนักเรียนพิการทางการเห็น โรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

จากการประเมินสามารถสรุปข้อมูลได้ดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 3 คนเลือกใช้กระดานเรขาคณิตที่มีอักษรเบรลล์ขนาดใหญ่ ขอบรูเว้าลึกและแนวเส้นเป็นแบบร่องลึกซึ่งให้เหตุผลในการเลือก ดังนี้

(1) การสัมผัสแนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมแบบร่องลึกทำได้ง่าย ไม่เจ็บนิ้วและไม่รบกวนการสัมผัสอักษรเบรลล์

(2) ขอบรูที่มีอักษรเบรลล์กำกับเป็นแบบเว้าลึกทำให้การค้นหาตำแหน่งของรูทำได้ง่าย สะดวก ไม่แตกต่างจากขอบรูที่มีผิวต่างสัมผัส

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจำนวน 2 คนเลือกใช้กระดานเรขาคณิตที่มีอักษรเบรลล์ขนาดปกติ ขอบรูมีผิวต่างสัมผัสและแนวเส้นระหว่างรูเป็นแบบนูนต่ำ ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยให้เหตุผลในการเลือก ดังนี้

(1) การสัมผัสแนวเส้นระหว่างรูที่อยู่ภายในวงกลมแบบนูนต่ำสามารถรับรู้ได้อย่างชัดเจน

(2) อักษรเบรลล์ขนาดปกติเป็นอักษรเบรลล์ที่อ่านอยู่เป็นประจำและมีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี

(3) ขอบรูที่มีอักษรเบรลล์กำกับที่มีผิวต่างสัมผัสทำให้การค้นหาตำแหน่งของรูทำได้ง่าย สะดวก ไม่แตกต่างจากขอบรูแบบเว้าลึก

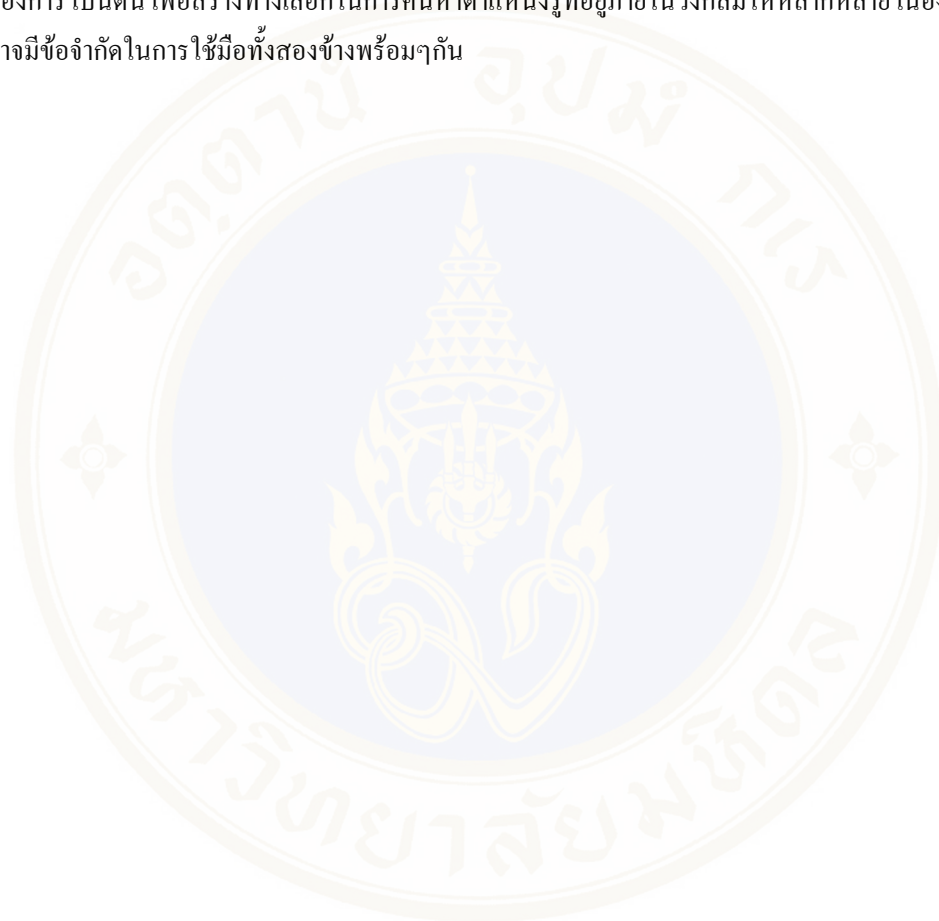
ข้อมูลที่ได้นำจากผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 5 คน จากโรงเรียนการศึกษาคนตาบอดขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น สามารถสรุปประเด็นในการปรับปรุงกระดานเรขาคณิตได้ดังนี้

(1) เลือกขนาดของหมุดเสียบที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหมุดเสียบมีผลโดยตรงต่อลักษณะของเส้นยางเมื่อคล้องระหว่างหมุด ซึ่งจะส่งผลต่อความเข้าใจและการรับรู้ของผู้ใช้ นอกจากนี้ยังอาจใช้เทคนิคบิดไขว้เส้นยางร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความเข้าใจและการรับรู้เป็นไปได้อย่างถูกต้องอีกด้วย ส่วนความยาวของหมุดเสียบยังคงมีความยาวเท่าเดิมคือ $\frac{1}{4}$ นิ้ว เพื่อให้เหลือความยาวส่วนที่โผล่พ้นจากรูประมาณ 0.5 เซนติเมตร ซึ่งจะสร้างเส้นยางได้สูงจากกระดานเรขาคณิตและสามารถคล้องเส้นยางได้หลายเส้น

(2) ในกรณีที่กระดานเรขาคณิตใช้วัสดุเป็นไม้ อักษรเบรลล์ที่ใช้ตะปูหัวกลมทำเป็นจุดจะมีขนาดใหญ่กว่าจุดเบรลล์ปกติ ซึ่งจะแตกต่างจากอักษรเบรลล์ปกติที่ผู้ใช้คุ้นเคยและจะส่งผลต่อการรับรู้ ดังนั้นควรเลือกใช้ตะปูหัวกลมที่มีหัวขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และมีระยะห่างระหว่างเบรลล์เซลล์พอที่จะทำให้ผู้ใช้สามารถ

แยกแยะได้ นอกจากนี้อาจให้ผู้สร้างความรู้ความคุ้นเคยกับอักษรเบรลล์ขนาดใหญ่กว่าปกติเพิ่มเติม เพื่อให้การรับรู้เป็นไปได้อย่างถูกต้อง

(3) การค้นหาตำแหน่งรูที่อยู่ภายในวงกลมโดยการระบุเป็นตำแหน่งที่ตัดกันของเส้นตรงสองเส้น อาจมีเทคนิคอื่นในการค้นหาตำแหน่ง เช่น ใช้การเลียบหมุดลงไปบนตำแหน่งที่เป็นเส้นตรงแนวดิ่งและแนวนอน จากนั้นใช้เส้นยางคล้องระหว่างหมุดเส้นตรงตามแนวดิ่งและแนวนอน ตำแหน่งที่ตัดกันของเส้นยางคือตำแหน่งที่ต้องการ เป็นต้น เพื่อสร้างทางเลือกในการค้นหาตำแหน่งรูที่อยู่ภายในวงกลมให้หลากหลาย เนื่องจากผู้ใช้งานบางคนอาจมีข้อจำกัดในการใช้มือทั้งสองข้างพร้อมๆกัน



ภาคผนวก จ

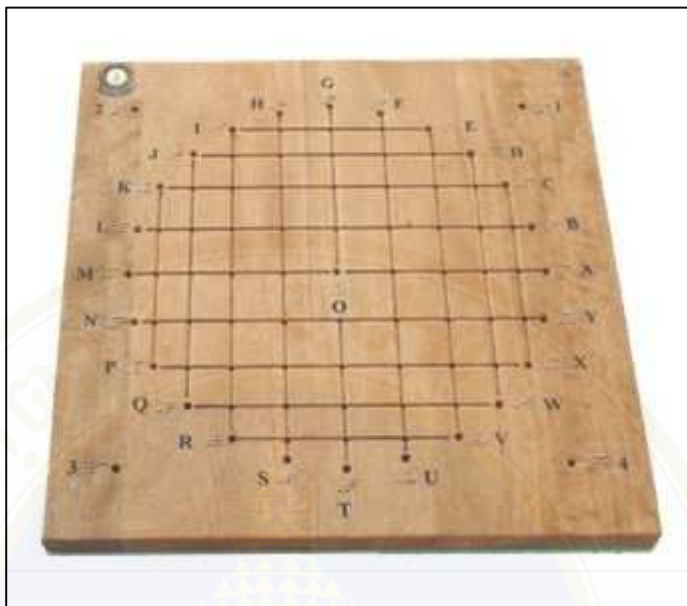
คู่มือการใช้งานกระดานเรขาคณิต

กระดานเรขาคณิตคืออะไร

กระดานเรขาคณิตเป็นเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกทางการศึกษาสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็น ซึ่งผู้เรียนสามารถสร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐานต่างๆ เช่น สามเหลี่ยมด้านเท่า สี่เหลี่ยมด้านขนาน สี่เหลี่ยมรูปว่าว เป็นต้น ได้ด้วยตนเองจากคู่มือการใช้หรือคู่มือสอน ซึ่งเป็นงานส่งเสริมให้ผู้เรียนพึ่งพาตนเองได้มากขึ้น มีจินตนาการทางเรขาคณิต และยังช่วยในการสื่อสารระหว่างครูผู้สอนกับผู้เรียนทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังนำกระดานเรขาคณิตมาประกอบการเรียนการสอนเรขาคณิตพื้นฐานอื่นๆ เช่น เส้นขนาน มุมและชนิดของมุม เป็นต้น หรือนำมาประกอบการเรียนการสอนเรขาคณิตขั้นสูง เช่น ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ทฤษฎีมุมในวงกลม ทฤษฎีเส้นสัมผัสวงกลม ทรีโกโนเมตรี เป็นต้น ได้อีกด้วย โดยผู้เรียนสามารถสัมผัสรูปเรขาคณิตที่สร้างขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นของผู้เรียน

ลักษณะของกระดานเรขาคณิต

กระดานเรขาคณิตเป็นแผ่นกระดานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 12 นิ้ว เจาะรูบนแผ่นกระดานตามตำแหน่งต่างๆ บนเส้นรอบวงของวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 นิ้ว แต่ละรูทำมุมระหว่างกัน 15 องศา จำนวน 24 รู มีอักษรเบรลล์และอักษรปกติภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ A-Y กำหนดตำแหน่งของรู โดยรูที่อยู่ตำแหน่งขวามือสุดเป็นตัว A และ B, C, D,..., Y วนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ภายในวงกลมมีแนวร่องเส้นตรงระหว่างรูที่อยู่ฝั่งตรงข้ามตามแนวตั้งและแนวนอน เจาะรูตามจุดตัดกันของแนวร่องเส้นตรงตามแนวตั้งและแนวนอน รูที่จุดศูนย์กลางของวงกลมมีอักษรเบรลล์และอักษรปกติตัว O กำกับไว้ เจาะรูที่มุมทั้งสี่ของแผ่นกระดาน โดยที่รูเหล่านี้เมื่อลากเส้นตรงระหว่างรูจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 9 นิ้ว แต่ละรูมีอักษรเบรลล์และอักษรปกติตัวเลข 1-4 กำหนดตำแหน่ง โดยหมายเลข 1 อยู่มุมบนขวามือ หมายเลข 2 อยู่มุมบนซ้ายมือ หมายเลข 3 อยู่มุมล่างซ้ายมือ หมายเลข 4 อยู่มุมล่างขวามือ ภาพกระดานเรขาคณิตปรากฏดังรูป



รูปแสดงภาพกระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนฝึกการทางการเห็น

ข้อจำกัดการใช้กระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนฝึกการทางการเห็น

สร้างรูปเรขาคณิตพื้นฐานด้านเท่า เช่น สามเหลี่ยมด้านเท่า สี่เหลี่ยมจัตุรัส หกเหลี่ยมด้านเท่า แปดเหลี่ยมด้านเท่า สิบสองเหลี่ยมด้านเท่าและยี่สิบสี่เหลี่ยมด้านเท่า ได้เท่านั้น ไม่สามารถสร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่าได้

ขนาดของรูปเรขาคณิตพื้นฐานขึ้นอยู่กับการใช้ แต่ในคู่มือจะแสดงการสร้างรูปเรขาคณิตเพียงขนาดใดขนาดหนึ่งเท่านั้น

ไม่สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง คู่อันดับและการเขียนกราฟจากคู่อันดับได้ เนื่องจากการแบ่งระยะห่างระหว่างรูไม่เท่ากัน

การใช้งานกระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนฝึกการทางการเห็นเบื้องต้น

ทักษะที่จำเป็นของผู้เรียน

การใช้งานกระดานเรขาคณิตเบื้องต้น ผู้เรียนควรมีทักษะดังนี้

- (1) มีทักษะการอ่านอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและตัวเลขได้
- (2) มีทักษะในการแยกแยะแนวเส้นและรูได้
- (3) มีทักษะในการใช้นิ้วมือหยิบ จับและเสียบหมุด รวมทั้งคล้องเส้นยางยืดหยุ่นได้

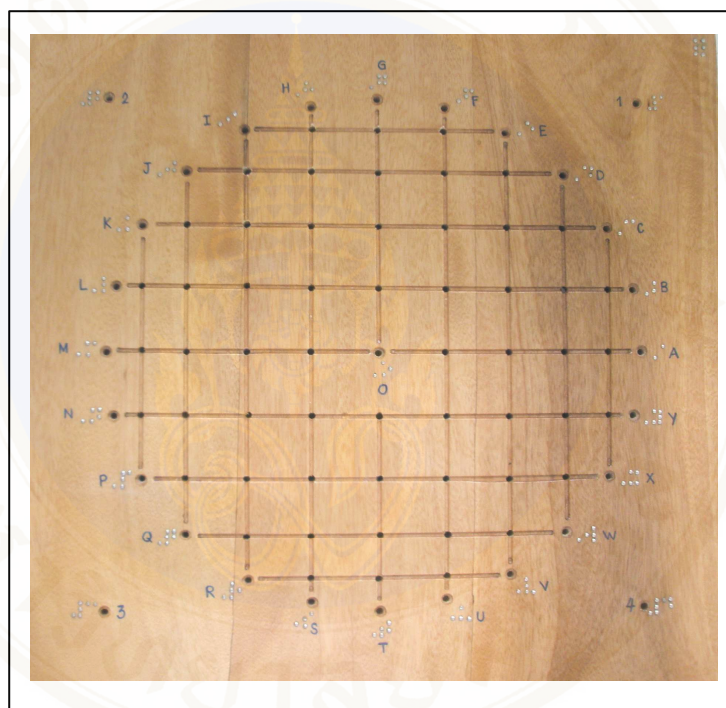
วิธีการใช้งานเบื้องต้น

การระบุตำแหน่งของรูปบนกระดานเรขาคณิต

การระบุตำแหน่งของรูปบนกระดานเรขาคณิต สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

(1) ตำแหน่งรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับ

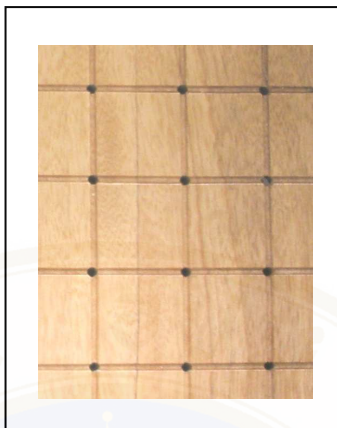
การระบุตำแหน่งรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับจะระบุตามตัวอักษรที่กำกับรูป เช่น รูปตำแหน่ง A จะระบุว่าใช้จุด A รูปตำแหน่ง G จะระบุว่าใช้จุด G รูปที่ตำแหน่ง O จะระบุว่าใช้จุด O รูปที่ตำแหน่งหมายเลข 2 จะระบุว่าใช้จุดหมายเลข 2 เป็นต้น การระบุตำแหน่งรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปแสดงการระบุตำแหน่งของรูปที่มีอักษรเบรลล์กำกับ

(2) ตำแหน่งรูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับ

รูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับจะเป็นรูปที่อยู่ในวงกลม ซึ่งรูปเหล่านี้เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงตามแนวตั้งและแนวนอน เช่น ตำแหน่งของรูปที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรง GT และเส้นตรง DJ ดังรูป 2.2 เป็นต้น การระบุตำแหน่งของรูปที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับจะระบุเป็นตำแหน่งรูปที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงแนวตั้งและเส้นตรงแนวนอน โดยอาจให้ชื่อรูปเหล่านี้เป็นตำแหน่งรูปหมายเลข 5, 6, 7,...



รูปแสดงการระบุตำแหน่งของรูที่ไม่มีอักษรเบรลล์กำกับ

อุปกรณ์เพิ่มเติมในการใช้กระดานเรขาคณิต

การสร้างรูปเรขาคณิตด้วยกระดานเรขาคณิตสำหรับนักเรียนพิการทางการเห็นต้องใช้อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม ได้แก่

(1) หมุดเสียบ

หมุดเสียบมีลักษณะเป็นแท่งแข็งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ $\frac{3}{4}$ นิ้ว โดยอาจเป็นน็อต ตะปู แท่งอะลูมิเนียม ฯลฯ ที่มีขนาดดังกล่าวก็ได้ แต่ในคู่มือนี้จะใช้เป็นน็อตเกลียว ดังรูป



รูปแสดงหมุดเสียบที่เป็นแบบน็อตเกลียว

(2) เส้นยางยืดหยุ่น

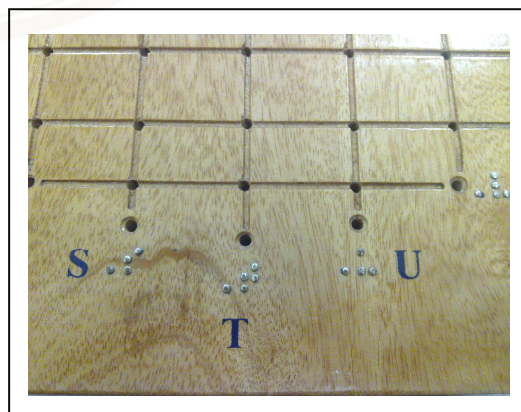
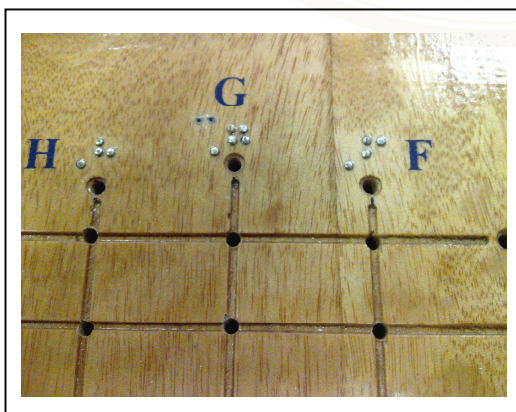
เส้นยางยืดหยุ่นมีลักษณะเป็นเส้นยางรูปวงกลม ผลิตจากยางพารา ซึ่งในคู่มือนี้จะใช้เส้นยางวง 2 ขนาด ได้แก่ เส้นยางวงขนาดเล็ก(เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว) และเส้นยางวงขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว) เพื่อใช้สร้างเส้นตรงระหว่างหมุดเสียบ เส้นยางวงมีลักษณะ ดังรูป



รูปแสดงเส้นยางวงขนาดเล็กและเส้นยางวงขนาดใหญ่

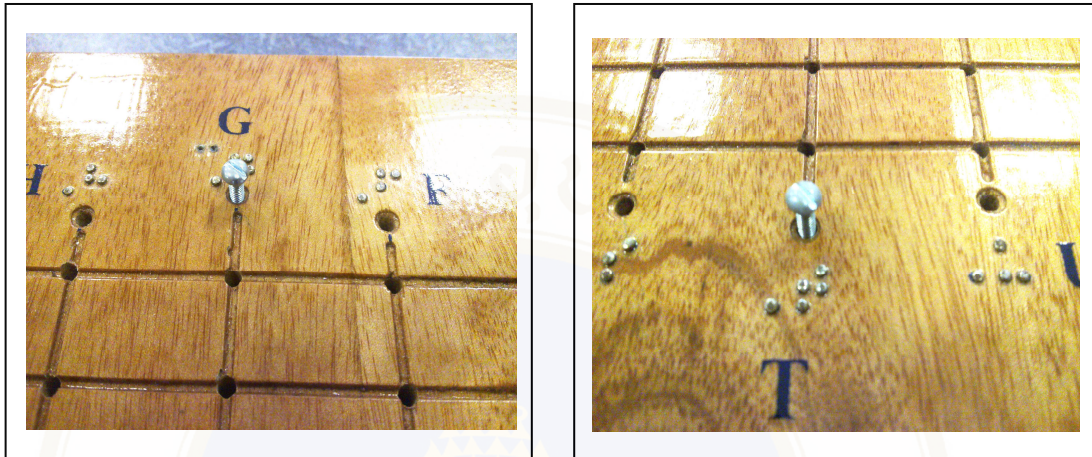
วิธีการใช้งานเบื้องต้น

(1) ค้นหาตำแหน่งของรูที่ระบุอยู่ในคู่มือ เช่น ใช้จุด G และจุด T เป็นต้น ดังรูป



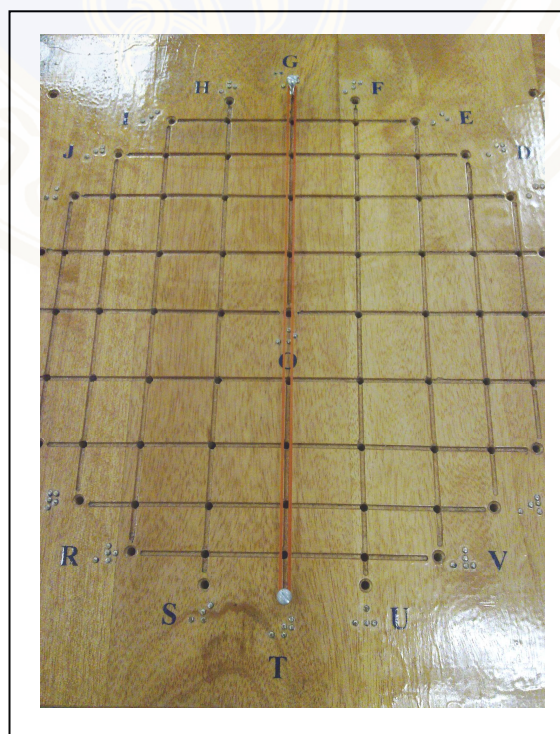
รูปแสดงการค้นหาตำแหน่งจุด G และจุด T

(2) ใช้หมุดเสียบเสียบลงไปในรูตามตำแหน่งที่ระบุ เช่น ใช้หมุดเสียบลงไปในรูตำแหน่ง G และตำแหน่ง T ดังรูป



รูปแสดงการเสียบหมุดลงไปที่ตำแหน่ง G และตำแหน่ง T

(3) ใช้เส้นยางยืดหุ้नคล้องระหว่างหมุด ตามที่กำหนด เช่น ระหว่างหมุด G และหมุด T ดังรูป



รูปแสดงการสร้างเส้นตรงโดยใช้เส้นยางยืดหุ้नคล้องระหว่างจุด G และจุด T

การคำนวณหาพื้นที่รูปเรขาคณิตพื้นฐานโดยใช้สูตร

การคำนวณพื้นที่ของรูปเรขาคณิตพื้นฐาน ซึ่งได้แก่ รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม นักเรียนควรได้รับการสอนและสร้างความคิดรวบยอดพื้นฐานเกี่ยวกับพื้นที่มาก่อน ซึ่งหากนักเรียนไม่ได้รับการสอนในสิ่งเหล่านี้มาก่อน นักเรียนจะไม่สามารถสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับการคำนวณหาพื้นที่ของรูปเรขาคณิตพื้นฐานโดยใช้สูตรได้

การหาพื้นที่รูปสามเหลี่ยม

สูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมคือ $\frac{1}{2} \times \text{ความยาวฐาน} \times \text{ความสูง}$

วิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม

- (1) เขียนมุมที่จุด G P และ X
- (2) ใช้เส้นยางวงเล็กคล้องระหว่างจุด G และจุด P
- (3) ใช้เส้นยางวงเล็กคล้องระหว่างมุม G และ X
- (4) ใช้เส้นยางวงเล็กคล้องระหว่างมุม P และ X
- (5) เขียนมุมที่จุดตัดของเส้นตรง GT และ PX (กำหนดให้เป็นมุมหมายเลข 5)
- (6) ใช้เส้นยางวงเล็กคล้องระหว่างมุม G และ 5
- (7) รูปสามเหลี่ยมพร้อมความสูงแสดงดังรูป

รูปแสดงการสร้างรูปสามเหลี่ยมและเส้นความสูง

คำอธิบายประกอบการสร้าง

- (1) สามเหลี่ยมที่ใช้จุด G P และ X เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า
- (2) เส้นความสูงคือ เส้น G5
- (3) ความยาวฐานคือ ด้าน PX

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล

นายเจน ชัยเดช

วัน เดือน ปีเกิด

15 ธันวาคม 2514

สถานที่เกิด

จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

ประวัติการศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ, 2538

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีอุตสาหกรรม)

คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

(สาขางานบริการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการ)

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการศึกษา พนักงานมหาวิทยาลัย

วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

วิทยาลัยราชสุดา มหาวิทยาลัยมหิดล 111 หมู่ 6

ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ตำบลศาลายา

อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170