

การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้านเรขาคณิตโดยออกแบบรูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่ที่ขึ้นรูปได้ สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในระดับประถมศึกษาตอนปลาย Development of Teaching Materials in Geometry by Designing Unfolding of Geometric Shapes for Visually Impaired Students in Upper Elementary Level

จุฑาทิพย์ ทิศตรง ณัฐกรณ์ เศรษฐี และ นชพรรณ จันทอง*
Juthathip Tidtrong, Natthakorn Sethi and Nachaphan Junthong*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10120
*nachaphan.j@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้านเรขาคณิตโดยใช้รูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่ที่พับประกอบขึ้นรูปได้ ในการเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง พื้นผิว และการคำนวณทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โดยออกแบบสื่อรูปทรงเรขาคณิต 9 รูปทรง ที่มีอักษรเบรลล์กำกับชื่อของรูปทรงแต่ละชนิด เริ่มจากการเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปเป็นสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิต โดยทำการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 คน ในโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ จากการทดลองนำภาพคลี่มาขึ้นรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิตด้วยวัสดุ 6 แบบ พบว่า แบบที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้แผ่นพลาสติกทำเป็นโครงสร้างโดยยึดด้วยการฝังแท่นแม่เหล็กขนาดเล็ก แล้วหุ้มด้วยแผ่นสติ๊กเกอร์ชนิดพีวีซี เพราะมีความแข็งแรง ผิวหน้ามีความเรียบสม่ำเสมอ สวยงาม และทนทานต่อการประกอบขึ้นรูปและคลี่ออกได้หลายครั้ง จากนั้นทำการพิมพ์เป็นจุดบนไสของอักษรเบรลล์เป็นชื่อรูปทรงต่าง ๆ ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกชนิดยูวี เมื่อนำไปทดลองใช้ ผู้เชี่ยวชาญประเมินว่ามีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ทั้งด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน ด้านการเรียนการสอน และด้านการใช้อักษรเบรลล์ รวมทั้งนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้านเช่นเดียวกัน จากการสังเกตพบว่านักเรียนมีความสนใจมากและสนุกสนานกับการคลี่ออกและพับประกอบของรูปทรงเรขาคณิต สื่อการเรียนการสอนที่ออกแบบนี้สามารถช่วยให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองในการวัดขนาดและการคำนวณทางเรขาคณิต เช่น พื้นที่ผิวหรือปริมาตร ซึ่งสนับสนุนการเรียนการสอนแบบประสาทสัมผัส (Method of Sense Realism) ส่งผลให้ให้นักเรียนเกิดความจำและความเข้าใจดีขึ้น

คำสำคัญ: นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น, เรขาคณิต, รูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่, สื่อการเรียนการสอน

Abstract

The objective of this research is to develop the teaching materials of geometry using the unfolding and refolding of geometric shapes for understanding of structure, surface and geometry calculations of the visually impaired students in upper elementary class. The teaching materials of 9 geometric shapes with braille labeled as the names of each shape were designed and made. The materials with the most suitable properties were selected and then designed for geometric instructional media by assessment from 3 experts and 10 visually impaired students in grade 6 at The Bangkok School for The blind. In the experiment of geometric shapes forming with 6 different materials, it was found that the plaswood sheet made into a structure by attached with the small magnetic strip and covered with PVC sticker sheet was the most suitable

model due to it's strong, smooth surface, beautiful and durable for unfolding and refolding many times. The clear embossed dots of the braille for the name label on all shapes was printed by UV inkjet printer. When the teaching tools were tested for application, the experts evaluated that the qualities were very good in terms of suitability for use, teaching tools and the braille. Furthermore, the visually impaired students were also satisfied at the highest level in all aspects. The results of observation showed that the visually impaired students were very interested and enjoyed learning with the unfolding of geometric shapes. These teaching materials could be enhance their self-learning in size measurement and geometry calculation such as area or volume. This supports teaching and learning by Method of Sense Realism which make students have better memory and understanding.

Keywords: Geometry, Teaching materials, Unfolding of geometric shapes, Visually impaired students

1. บทนำ

โดยปกตินักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นที่เข้าเรียนอยู่ในโรงเรียนสอนคนตาบอดนั้น ใช้หลักสูตรในการศึกษาเหมือนเด็กนักเรียนปกติทั่วไปคือ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน [1] การเรียนในโรงเรียนจะเรียนตามลำดับเนื้อหาเหมือนกันเพียงแต่สื่อที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนของพวกเขายังมีไม่เพียงพอหรือจำเพาะเจาะจงพอที่จะส่งเสริมการเรียนการสอนได้ครบทุกเนื้อหา เพราะสื่อการสอนสำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นนอกจากจะต้องเป็นตัวกลางที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอนแล้ว ยังต้องเป็นสื่อที่มีคุณสมบัติที่สามารถทดแทนการมองเห็นที่ขาดหายไปของเด็ก โดยการตอบสนองการรับรู้ที่เหลือ เช่น การสัมผัส การได้กลิ่น การได้ลิ้มรส หรือการได้ยิน เป็นต้น โดยลักษณะของสื่อที่มีรูปร่างรูปทรง ภาพอนุต่า ภาพอนุสูง มีอักษรเบรลล์กำกับ หรืออาจมีเสียง จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นเกิดจินตภาพได้จากงานวิจัยของชนพรรณและคณะ [2] พบว่า นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น ชอบสื่อที่เป็นของจริงมากที่สุด รองลงมาคือภาพอนุ อักษรเบรลล์ และหนังสือเสียงตามลำดับ แต่หากเป็นเนื้อหาที่มีข้อมูลจำนวนมาก นักเรียนส่วนใหญ่จะต้องใช้อักษรเบรลล์ในการอ่านรายละเอียดและบททวนด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้มากพอที่จะเข้าใจบทเรียนเรื่องต่าง ๆ สื่อที่ใช้สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นส่วนใหญ่เป็นสื่อภาพอนุ สื่อเสียงซึ่งมีอักษรเบรลล์กำกับ ร่วมกับการสอนของครู และงานวิจัย [2] ได้สรุปว่านักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นคิดว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญต่อการเรียนในระดับสูงขึ้น โดยเฉพาะเรื่องเรขาคณิตซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับ

ชีวิตประจำวันและการพัฒนาทักษะที่สำคัญ เช่น การคิด การให้เหตุผล การคิดสร้างสรรค์ ทักษะเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial sense) ซึ่งเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในเรื่องการวัดและการคำนวณ แต่นักเรียนทั่วไปเห็นว่าเป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจ อาจเป็นเพราะขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม โดยเฉพาะกับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น

สื่อการเรียนการสอนทั่วไปสามารถหาได้จากร้านค้าประเภทครุภัณฑ์ แต่สื่อบางประเภทรุนั้น ครูผู้สอนต้องสร้างเองเพื่อนำมาใช้ประกอบการอธิบายให้เด็กเข้าใจในบทเรียนต่าง ๆ [3] สื่อรูปทรงเรขาคณิตแบบเดิมที่มีใช้อยู่ในโรงเรียนสอนคนตาบอด ส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่ทำจากไม้ขัดผิวเรียบทาสีหรือพลาสติกแข็งที่มีสีส้น จำลองเป็นรูปทรงเรขาคณิตแบบต่าง ๆ ที่ไม่สามารถคลี่ออกให้แบนราบได้ จึงทำให้นักเรียนรู้จักเฉพาะเรื่องรูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและพื้นผิวแต่ละด้านได้ ส่วนสื่อรูปทรงเรขาคณิตที่สามารถคลี่ออกได้มักมีจำหน่ายในต่างประเทศและมีราคาสูง ดังนั้น ในการสอนเรื่องการคำนวณทางเรขาคณิต หากครูต้องการใช้ภาพคลี่เพื่อการวัดขนาดแต่ละด้าน มาคำนวณหาพื้นที่ผิวหรือปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิต ครูจะต้องสร้างสื่อเอง โดยส่วนใหญ่ใช้กระดาษปอนด์หรือกระดาษแข็งตัดและพับขึ้นรูปเป็นรูปทรงที่สามารถคลี่ออกได้ ซึ่งไม่ทนทาน ใช้สอนได้เพียง 1-2 ครั้งก็เกิดการชำรุด เนื่องจากนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นจะต้องใช้มือสำรวจสื่อการสอนที่เป็นวัตถุโดยใช้การสัมผัสอย่างละเอียดจนทั่ว เพื่อให้รับรู้เกี่ยวกับรูปทรงและขนาด ซึ่งแตกต่างจากนักเรียนปกติที่ใช้เพียงการมองด้วยตาก็สามารถคาดคะเนถึงขนาดและเห็นรูปทรงได้ ครูจึงจำเป็นต้องทำสื่อชิ้นใหม่เสมอ สำหรับการสอนในเรื่องเดิมเนื่องจากยังไม่มีวัสดุที่ทนทานหรือแข็งแรงพอที่จะนำมาใช้

ในการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม และรูปทรงเรขาคณิตที่ครูสร้างขึ้นเองจากกระดาษปอนด์หรือกระดาษแข็งนั้นก็ไม่สามารถคงตัวได้ดีหลังจากขึ้นรูปแล้ว

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำโครงการจึงมีความสนใจที่จะศึกษาวิจัย เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนการสอนให้กับนักเรียนในโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ โดยการเลือกใช้วัสดุที่นำมาทำเป็นรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน ที่คล่องและพับขึ้นรูปใหม่ได้ง่าย และใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกชนิดยูวี (UV inkjet) ในการพิมพ์จุดนูนใสของอักษรเบรลล์ขึ้น เพื่อให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นสามารถอ่านด้วยมือได้ง่าย เปลี่ยนจากสื่อการเรียนการสอนเดิมที่ใช้กระดาษปอนด์และกระดาษแข็งที่ครูสร้างขึ้นสำหรับใช้ในการสอนครั้งต่อครั้ง ให้เป็นสื่อจำลองที่ทนทานมากขึ้น เมื่อขึ้นรูปแล้วสามารถคงตัวอยู่เป็นรูปทรงเรขาคณิตได้ดี สามารถขึ้นรูปและคล่องได้เป็นร้อยครั้ง มีความสะดวกในการใช้มือพับประกอบและคล่องโดยง่าย เหมาะที่จะใช้ในการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของรูปทรงเรขาคณิตแบบต่าง ๆ และมีสีสันสวยงามเพื่อใช้สำหรับนักเรียนสายตาเลือนรางที่มีการเรียนร่วมด้วยในห้องเรียนเดียวกัน

2. วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาทั้งวัสดุ โครงสร้าง และวิธีการขึ้นรูปทรง ตลอดจนการนำไปประเมินการทดลองใช้งาน โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

2.1 ขอบเขตการศึกษา

1) วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองขึ้นรูปเป็นสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่แบบประกอบได้ มี 6 แบบ ดังนี้คือ แบบที่ 1 และแบบที่ 2 ใช้กระดาษอาร์ตการ์ด 230 แกรม ซึ่งไม่เคลือบ และเคลือบสติ๊กเกอร์พีวีซี ตามลำดับ แบบที่ 3 ใช้พลาสติกพีวีซี หนา 1.20 มิลลิเมตร แบบที่ 4 และแบบที่ 5 ใช้กระดาษแข็งสีเทา (จั่วปิง) เบอร์ 20 หนา 1.70 มิลลิเมตร หนาหนึ่งแลคซัน และสติ๊กเกอร์พีวีซี ตามลำดับ แบบที่ 6 ใช้พลาสติก หนา 2 มิลลิเมตร โดยแบบที่ 1-4 ใช้การสอดลั่นในการยึดติด ส่วนแบบที่ 5 และ 6 ใช้แท่นแม่เหล็กนีโอไดมียมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ในการยึดติด

2) รูปทรงของเรขาคณิตที่นำมาสร้างมีทั้งหมด 9 รูปทรงคือ รูปทรงลูกบาศก์ ปริซึมฐานสามเหลี่ยม ปริซึมฐานสี่เหลี่ยม ปริซึมฐานห้าเหลี่ยม ปริซึมฐานหกเหลี่ยม พีระมิดฐานสามเหลี่ยม พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม พีระมิดฐานห้าเหลี่ยม และพีระมิดฐานหกเหลี่ยม โดยออกแบบให้มีขนาดไม่เกิน 6×12 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดเท่ากับสื่อ

รูปทรงเรขาคณิตระดับประถมศึกษาที่ใช้กันอยู่ในโรงเรียนสอนคนตาบอด และในโรงเรียนทั่วไปของประเทศไทย ซึ่งมีจำหน่ายในร้านศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ [4]

3) นำสื่อรูปทรงเรขาคณิตที่เป็นภาพคลี่และขึ้นรูปทรงได้ที่ออกแบบนี้ ไปทดลองใช้เพื่อประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งาน สำหรับการเรียนการสอน โดยครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 10 คน ในโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนไม่มาก เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาด Covid-19 ทำให้มีนักเรียนมาเรียนที่โรงเรียนเป็นจำนวนน้อย

2.2 ขั้นตอนวิธีดำเนินการศึกษา

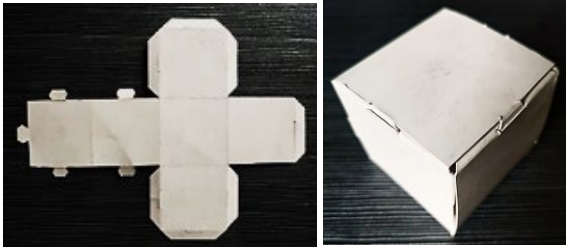
1) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบสื่อสำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองขึ้นรูปสื่อการเรียนการสอน และทำแบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยครูผู้สอนและนักเรียนในโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ

2) ร่างแบบภาพคลี่ของรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 9 รูปทรง ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 ได้แก่ ลูกบาศก์ขนาด 6×6 เซนติเมตร พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ฐานสี่เหลี่ยม ฐานห้าเหลี่ยม และฐานหกเหลี่ยม รวมทั้ง ปริซึมฐานสามเหลี่ยม ฐานสี่เหลี่ยม ฐานห้าเหลี่ยม และฐานหกเหลี่ยม (ยกเว้นทรงกระบอก) ทั้งพีระมิดและปริซึมมีขนาดกว้าง×สูง เท่ากับ 6×12 เซนติเมตร

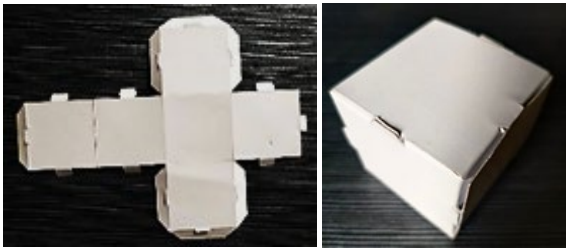


รูปที่ 1 สื่อรูปทรงเรขาคณิตที่ใช้เป็นตัวอย่างในการทำแบบที่มา: ศึกษาภัณฑ์ออนไลน์ รูปทรงเรขาคณิตประถม [4]

3) ตัดวัสดุตามรูปเรขาคณิตภาพคลี่ที่วาดไว้ ทดลองขึ้นรูปให้ได้รูปทรงเรขาคณิตที่สวยงามและแข็งแรง เหมาะกับการใช้งานเป็นสื่อการเรียน วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของการใช้วัสดุแต่ละชนิดที่นำมาทดลองขึ้นรูป แล้วเลือกวัสดุที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้ในการผลิตสื่อการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น ดังรูปที่ 2



1) กระดาษอาร์ตการ์ดแบบสอดมีลิ้น



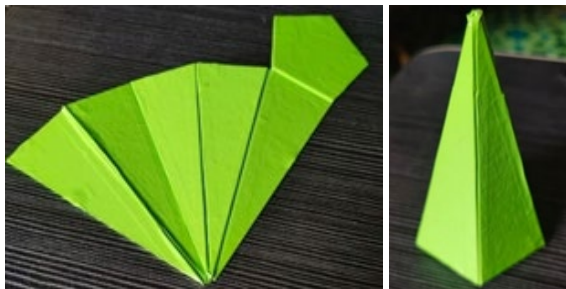
2) กระดาษอาร์ตการ์ดเคลือบสติ๊กเกอร์พีวีซีแบบสอดมีลิ้น



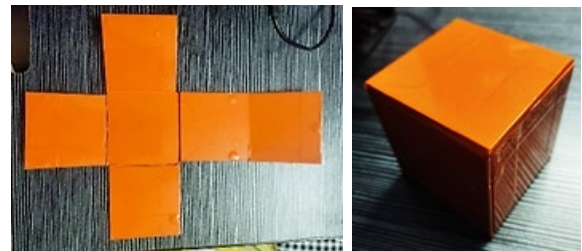
3) พลาสติก PVC แบบสอดมีลิ้น



4) กระดาษจั่วปังหุ้มหนังแลคซันแบบสอดมีลิ้น



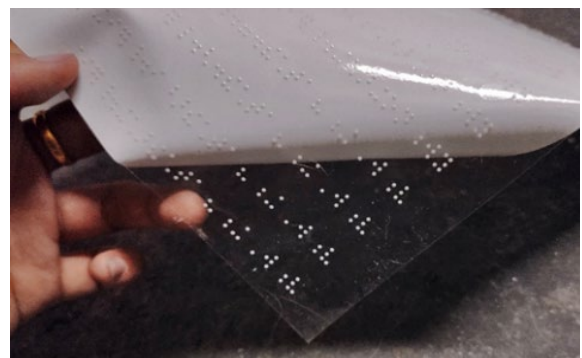
5) กระดาษจั่วปังหุ้มสติ๊กเกอร์พีวีซีแบบยึดด้วยแม่เหล็ก



6) พลาสวูดห่อสติ๊กเกอร์พีวีซีแบบยึดด้วยมีแม่เหล็ก

รูปที่ 2 ภาพคลี่และการขึ้นรูปทรงเรขาคณิตด้วยวัสดุต่าง ๆ

3) เขียนอักษรเบรลล์เป็นชื่อของรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 9 รูปทรง สำหรับติดซื้อลงบนรูปทรงต่าง ๆ โดยครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ เพื่อนำไปถ่ายเป็นต้นฉบับ โดยสร้างไฟล์เป็นภาพอักษรเบรลล์ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator ให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของจุดอักษร 1 มิลลิเมตร และช่องว่างระหว่างจุด 1 มิลลิเมตร (ขนาดใกล้เคียงกับอักษรเบรลล์ต้นแบบที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ดีดอักษรเบรลล์ในโรงเรียนสอนคนตาบอด) แล้วส่งไฟล์ข้อมูลผ่านกระบวนการพิมพ์ด้วยระบบพ่นหมึกชนิด UV (Fujifilm Acuity LED 1600) บนแผ่นสติ๊กเกอร์ เพื่อให้เกิดการนูนใสของตัวอักษรเบรลล์ ดังรูปที่ 3 ก่อนนำไปติดลงบนรูปทรงเรขาคณิตที่ทำขึ้นจากพลาสวูด จนครบทุกแบบ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 แผ่นสติ๊กเกอร์ที่มีตัวอักษรเบรลล์



รูปที่ 4 อักษรเบรลล์ติดบนสื่อรูปทรงเรขาคณิต

4) ได้เป็นรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 9 รูปทรงที่มีความแข็งแรง สามารถคลี่ออกและขึ้นรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิตใหม่ได้หลายครั้ง (มากถึง 100 ครั้ง) และมีสีสันสวยงามเพื่อเพิ่มความน่าสนใจให้กับเด็กนักเรียนสายตาเลือนรางที่เรียนร่วมอยู่ในห้องเรียนเดียวกัน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 สี่รูปทรงเรขาคณิต 9 รูปทรงที่พัฒนาขึ้น

5) นำสี่รูปทรงเรขาคณิตไปทดลองใช้งานสำหรับการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ โดยให้ครู 3 ท่าน พิจารณาสื่อและทำการประเมินทั้งคุณภาพและความพึงพอใจตามหัวข้อในแบบสอบถาม รวมทั้งให้นักเรียนที่ละคนทดลองใช้สี่รูปทรงต่าง ๆ แล้วสอบถามความพึงพอใจตามประเด็นในแบบสอบถาม รวมทั้งสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนจากการใช้สื่อที่ออกแบบขึ้น ดังรูปที่ 6 และ 7



รูปที่ 6 ผู้เชี่ยวชาญ (ครู) ทำแบบสอบถามประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อสี่รูปทรงเรขาคณิต



รูปที่ 7 ผู้จัดทำนำสี่รูปทรงเรขาคณิตไปให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นทำการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจต่อสี่รูปทรงเรขาคณิต

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

3.1 การเลือกวัสดุและวิธีการขึ้นรูปทรงเรขาคณิตจากภาพคลี่

การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตสำหรับผู้ที่มีบกพร่องทางการมองเห็น ทั้ง 9 รูปทรงได้ทำการทดลองขึ้นรูปด้วยวัสดุหลายชนิด ซึ่งไม่สามารถนำวัสดุทุกชนิดมาใช้งานได้อย่างเหมาะสม การทดลองขึ้นรูปสื่อการเรียนการสอนด้วยวัสดุที่แตกต่างกันทั้งหมด 6 แบบ ได้ผลดังนี้

1) การขึ้นรูปโดยใช้กระดาษอาร์ตการ์ด 230 แกรม แบบสอดมีลิ้น พบว่า มีปัญหาตอนขึ้นรูปแล้ว ทำให้เกิดการขาดระหว่างรอยพับของกระดาษ ชิ้นงานไม่แข็งแรง มีความอ่อนตัว ไม่คงรูป เนื่องจากความหนาของกระดาษไม่พอ และใช้งานยาก เมื่อต้องคลี่ออกมีการขัดกันของกระดาษ และอาจฉีกขาดได้ง่ายหากมีการขึ้นรูปและคลี่ออกเกิน 30 ครั้งขึ้นไป

2) การขึ้นรูปโดยใช้กระดาษอาร์ตการ์ด 230 แกรม ที่เคลือบด้วยสติ๊กเกอร์ PVC และมีลิ้นเสียบ พบว่า เมื่อขึ้นรูปแล้วทำให้เกิดรอยแตกระหว่างรอยพับของกระดาษ ชิ้นงานไม่แข็งแรง มีความอ่อนตัวไม่คงรูป เนื่องจากความหนาของกระดาษไม่พอ และใช้งานยากเมื่อต้องคลี่ออก มีการขัดกันของกระดาษ ทำให้กระดาษหักเป็นรอยและเสียหายได้ง่ายเพียงใช้งานไม่ถึง 30 ครั้ง

3) การขึ้นรูปโดยใช้พลาสติก PVC หนา 1.20 มิลลิเมตร และมีลิ้นเสียบ พบว่า เมื่อขึ้นรูปแล้วทำให้เกิดรอยแตกระหว่างรอยพับของพลาสติก PVC ขาดง่าย ชิ้นงานไม่แข็งแรง มีความอ่อนตัว ไม่คงรูป เนื่องจากความแข็งของพลาสติก และใช้งานยากเมื่อต้องคลี่ออก มีการขัดกันของพลาสติก PVC ทำให้รูปทรงปริออกไม่เป็นรูปทรง

4) การขึ้นรูปโดยใช้กระดาษจั่วปิง เบอร์ 20 หน้า 1.70 มิลลิเมตร ห่อด้วยหนังเทียม PVC (แลคซัน) แบบสอดมีลิ้นพบว่า เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิตแล้วคลี่ออกจะเกิดรอยย่นระหว่างรอยพับของหนังเทียม PVC ตั้งแต่ครั้งแรกที่คลี่ออก แม้มีการยึดติดด้วยสารยึดติดและรีดบริเวณรอยพับจนเรียบแล้วก็ตาม โดยเกิดขึ้นบริเวณรอยพับ ทำให้เวลาคลี่รูปทรงออกมาเกิดรอยย่นไม่สวยงาม

5) การขึ้นรูปโดยใช้กระดาษจั่วปิง เบอร์ 20 หน้า 1.70 มิลลิเมตร ห่อด้วยสติ๊กเกอร์ PVC และมีตัวแม่เหล็กขนาด 5x2 มิลลิเมตร เป็นตัวยึด พบข้อเสียที่เกิดขึ้นคือ สติ๊กเกอร์ PVC มีความบาง เมื่อห่อจั่วปิงแล้ว ไม่สามารถปกปิดพื้นผิวที่ขรุขระของจั่วปิงได้

6) การขึ้นรูปโดยใช้พลาสติกหนา 2 มิลลิเมตร ห่อด้วยสติ๊กเกอร์ PVC และมีแผ่นแม่เหล็กขนาด 5x2 มิลลิเมตร เป็นตัวยึด พบว่า วัสดุพลาสติกสามารถตัดเป็นรูปทรงได้ง่าย มีความแข็งแรงเหมาะกับการใช้งานเพื่อขึ้นรูปได้ ทนทาน ผิวหน้ามีความเรียบสม่ำเสมอ เมื่อห่อด้วยพลาสติก PVC จึงมีพื้นผิวที่สวยงาม และทนต่อการขึ้นรูปและคลี่ออกได้ดี

ดังนั้น ในการขึ้นรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 9 รูปทรง ผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้วัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นชิ้นพลาสติกห่อด้วยสติ๊กเกอร์ PVC ที่มีสีสันแตกต่างกันออกไปตามชนิดของรูปทรง เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนที่มีสายตาสลัดเยียด ซึ่งเรียนร่วมอยู่ในห้องเรียนเดียวกัน พร้อมทั้งมีอักษรเบรลล์กำกับเป็นชื่อของรูปทรงแต่ละชนิด

วัสดุพลาสติกมีผิวเรียบ มีความแข็งแรงและเมื่อนำมาหุ้มด้วยสติ๊กเกอร์ PVC ทำให้เกิดความสวยงามและทนทานต่อการสัมผัสมากขึ้น ทั้งยังมีพื้นผิวเรียบเนียน สอดคล้องกับงานวิจัยของถนอมนวล [5] ที่ได้กล่าวว่าแผ่นพลาสติกมีความแข็งแรง ทนทานต่อแสงแดด และยังสามารถนำมาทำเป็นสื่อในการสอนให้แก่ผู้เรียนได้

3.2 การประเมินการใช้งานของสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิต

จากการนำตัวอย่างสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิต ภาพคลี่ที่ทำจากวัสดุพลาสติกให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพและความพึงพอใจได้ผลประเมิน 3 ด้าน ดังตารางที่ 1-3 ซึ่งพบว่า คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจมากที่สุด เพราะสื่อการสอนที่เป็นวัสดุพลาสติกมีความคงทน แข็งแรง มีพื้นผิวสัมผัสที่เรียบเนียน และยังมีอักษรเบรลล์ระบุชื่อของรูปทรงบนสื่อเรขาคณิตที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนได้รู้จักชื่อรูปทรงที่กำลังจับจากการสัมผัสอักษรเบรลล์ด้วยนิ้วมือ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้

นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้และเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็สามารถเรียนรู้ถึงภาพคลี่ที่แสดงพื้นผิวของรูปทรงเรขาคณิต มีความเข้าใจในรูปทรงเรขาคณิตแบบเสมือนจริงแบบ 3 มิติ สามารถจินตนาการในการคำนวณหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิตได้ แตกต่างจากสื่อเดิมที่เป็นภาพ 2 มิติ หรือเป็นรูปทรงจำลองแบบสำเร็จที่ไม่สามารถคลี่ออกได้ ส่วนสื่อแบบใหม่ทำให้เกิดความสนุกสนานในการประกอบขึ้นรูปและการแกะคลี่ออก เพื่อการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ตารางที่ 1 คุณภาพด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน

รายการประเมินคุณภาพ	คะแนนประเมิน	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. ชิ้นงานมีความแข็งแรง	5.0	ดีมาก
2. ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการเรียน	5.0	ดีมาก
3. สามารถให้แนวคิดหรือเกิดภาพในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา	4.5	ดีมาก
4. ใช้งานได้อย่างปลอดภัย ไม่มีส่วนแหลมหรือแตกหักง่าย	4.5	ดีมาก
5. มีความทนทาน สามารถนำกลับมาใช้ได้หลายครั้ง	5.0	ดีมาก
6. พื้นผิวของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ และมีน้ำหนักเบา	5.0	ดีมาก
เฉลี่ยโดยรวม	4.8	ดีมาก

ตารางที่ 2 คุณภาพด้านการเรียนการสอน

รายการประเมินคุณภาพ	คะแนนประเมิน	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. การออกแบบให้มีความน่าสนใจชวนให้คิดตาม	5.0	ดีมาก
2. ขนาดของงานที่ใช้เรียน	5.0	ดีมาก
3. เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการนำไปใช้	5.0	ดีมาก
4. สอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน	5.0	ดีมาก
5. ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ของเด็ก	5.0	ดีมาก
เฉลี่ยโดยรวม	5.0	ดีมาก

ตารางที่ 3 คุณภาพด้านการใช้อักษรเบรลล์

รายการประเมินคุณภาพ	คะแนนประเมิน	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. ขนาดตัวอักษรมีความชัดเจน	5.0	ดีมาก
2. ตัวอักษรอ่านง่าย และมีความเหมาะสม	5.0	ดีมาก
เฉลี่ยโดยรวม	5.0	ดีมาก

เมื่อนำตัวอย่างสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตไปทดลองใช้กับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น โดยให้มีการหยิบจับและสัมผัส ได้ผลประเมินความพึงพอใจ 3 ด้าน ดังตารางที่ 4-6 ซึ่งพบว่า นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นมีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนการสอนอยู่ในระดับมากที่สุดทุกประเด็น เพราะโดยปกติวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความยากในการเรียนการสอนเกี่ยวกับการสร้างรูปทรงเรขาคณิตสำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น อาจเป็นเพราะทางโรงเรียนขาดสื่อการเรียนที่จะนำมาใช้สอนนักเรียนเหล่านั้น โดยเฉพาะบทเรียนเรื่องเรขาคณิต ซึ่งยังไม่มีสื่อที่ค่อนข้างคงทนต่อการหยิบจับสัมผัส และประกอบขึ้นรูปได้ สำหรับใช้ในการเรียนการสอน [6] ดังนั้น สื่อการเรียนรูปทรงเรขาคณิตที่ออกแบบมาใหม่นี้ จึงช่วยแก้ปัญหาในการเรียนการสอนด้านเรขาคณิตได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน

รายการประเมินคุณภาพ	คะแนนประเมิน	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.3	มากที่สุด
2. ช่วยเพิ่มความเข้าใจในการเรียน	4.5	มากที่สุด
3. สะดวกต่อการใช้งาน	4.4	มากที่สุด
4. มีความน่าสนใจของชิ้นงาน	4.8	มากที่สุด
5. พื้นผิวของชิ้นงานเรียบสม่ำเสมอ	5.0	มากที่สุด
เฉลี่ยโดยรวม	4.6	มากที่สุด

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ด้านการเรียนการสอน

รายการประเมินคุณภาพ	คะแนนประเมิน	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. การออกแบบให้มีความน่าสนใจชวนให้คิดตาม	4.6	มากที่สุด
2. เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์	4.8	มากที่สุด
3. สอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียน	4.9	มากที่สุด
4. เสริมทักษะการเรียนรู้	4.6	มากที่สุด
เฉลี่ยโดยรวม	4.7	มากที่สุด

ตารางที่ 6 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ด้านการใช้อักษรเบรลล์

รายการประเมินคุณภาพ	ผลประเมินเฉลี่ย	
	เฉลี่ย	ระดับ
1. ข้อความถูกต้องชัดเจน	5.0	มากที่สุด
2. สามารถอ่านอักษรเบรลล์ได้	5.0	มากที่สุด
3. ขนาดของอักษรเบรลล์อ่านง่าย	4.8	มากที่สุด
4. ไม่ระคายนิ้วมือเวลาอ่าน	4.7	มากที่สุด
เฉลี่ยโดยรวม	4.9	มากที่สุด

4. สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองขึ้นรูปสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตด้วยวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมด 6 แบบ มีวัสดุหลักที่ใช้ในการทำโครงสร้าง ได้แก่ กระดาษอาร์ตการ์ด 230 แกรม ในการขึ้นรูปแบบที่ 1 และ 2 พลาสติกพีวีซีหนา 1.20 มิลลิเมตร ในการขึ้นรูปแบบที่ 3 กระดาษแข็งสีเทาหนา 1.70 มิลลิเมตร ในการขึ้นรูปแบบที่ 4 และ 5 ส่วนพลาสติกหนา 2 มิลลิเมตร ในการขึ้นรูปแบบที่ 6 โดยแบบที่ 1-4 ใช้การสอดลั่นในการยึดติด ส่วนแบบที่ 5 และ 6 ใช้แท่นแม่เหล็กนีโอไดเมียมขนาดเล็กในการยึดติดวัสดุแต่ละชนิดสามารถนำมาใช้งานในการขึ้นรูปเป็นรูปทรงเรขาคณิตแบบคลี่ได้อย่างเหมาะสม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับด้านความสวยงาม ความทนทาน โครงสร้าง รวมถึงความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ พบว่า วัสดุพลาสติกเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้งาน เพราะมีผิวเรียบ มีความแข็งแรงทนทาน และเมื่อนำมาหุ้มด้วยสติ๊กเกอร์ PVC ยิ่งทำให้เกิดความสวยงามและเรียบเนียนต่อการสัมผัสมากขึ้น

ส่วนอักษรเบรลล์ที่พิมพ์ด้วยการพิมพ์ระบบพ่นหมึกชนิดยูวี (UV inkjet) ก็สามารถพิมพ์หมึกใสให้มีความสูงของตัวอักษรเบรลล์ที่นักเรียนบกพร่องทางการมองเห็นสามารถอ่านได้ง่าย บริเวณตัวอักษรเบรลล์ไม่คมจนระคายเคืองต่อนิ้วมือของเด็ก ขนาดและระยะห่างระหว่างจุดเบรลล์ทั้ง 6 จุด สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator ที่ทำให้ใกล้เคียงกับต้นแบบที่พิมพ์จากเครื่องพิมพ์ดีดอักษรเบรลล์ของโรงเรียนสอนคนตาบอด พิมพ์เป็นชื่อของรูปทรงเรขาคณิตทั้ง 9 รูปทรงติดกำกับไว้ เพื่อให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น สามารถอ่านชื่อรูปทรงต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง และสามารถนำไปใช้ทบทวนบทเรียนหรือทำแบบฝึกหัดด้วยตนเองได้ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการเรียนการสอนแบบประสาทสัมผัส (Method of Sense Realism) ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสหลาย ๆ ทาง ทำให้นักเรียนมีความจำและความเข้าใจมากขึ้น [7]

จากการนำตัวอย่างสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่ที่ทำจากวัสดุพลาสติก ให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูผู้สอนประเมินคุณภาพ ในด้านความเหมาะสมต่อการใช้งาน ด้านการเรียนการสอน และด้านการใช้งานอักษรเบรลล์ พบว่า คุณภาพอยู่ในระดับดีมากทั้ง 3 ด้าน และผู้เชี่ยวชาญมีความพึงพอใจมากที่สุด และเมื่อนำไปให้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นทดลองใช้งาน และสอบถามความพึงพอใจ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดทุกด้านเช่นเดียวกัน จากการสังเกตในการทดลองใช้สื่อของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นพบว่า นักเรียนมีความสนใจและสนุกสนานกับการคลี่รูปทรงออกและประกบกลับเป็นรูปทรงใหม่ เนื่องจากรูปทรงเรขาคณิตแบบเดิมไม่สามารถคลี่ออกเป็นชิ้นติดกันได้ ในขณะที่สื่อแบบใหม่นี้ ช่วยให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเข้าใจภาพ 3 มิติของรูปทรงเรขาคณิตและการเชื่อมต่อของพื้นที่ด้านต่าง ๆ ที่จะประกอบกันเป็นรูปทรงเรขาคณิตประเภทต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง พื้นผิว และการวัดขนาดส่วนต่าง ๆ เพื่อการคำนวณหาพื้นที่หรือปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิตได้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้ ยังเป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตให้กับครูในโรงเรียนสอนคนตาบอด โดยการสร้างอักษรเบรลล์แบบง่าย ๆ ที่นักเรียนบกพร่องทางการมองเห็นสามารถอ่านทำความเข้าใจได้ โดยใช้วิธีการใหม่ที่ทันสมัยของเทคโนโลยีการพิมพ์ระบบพ่นหมึกซึ่งมีกระบวนการทำงานแบบดิจิทัล ที่ทำงาน สะดวก ลดขั้นตอน ใช้เวลาน้อย ต้นทุนต่ำ สามารถทำซ้ำได้ง่าย และผลิตเป็นจำนวนมากได้จริง รวมทั้ง มีความคงทนดี ซึ่ง

เดิมเคยมีการทำจุดฐานของเบรลล์โดยการพิมพ์หมึกบนด้วยการพิมพ์ระบบสกรีน หรือใช้ฟิล์มแบบหนาทำบล็อกสกรีน หรือใช้การปั๊มด้วยระบบเลเซอร์เพรส แต่ปัจจุบันสามารถใช้การพิมพ์ระบบพ่นหมึกชนิดยูวี (UV inkjet) โดยใช้หมึกชนิดใส สร้างจุดขนาดเล็กที่พุ่งสูงขึ้นโดยพ่นเข้าไปตำแหน่งเดิม จนกระทั่งได้เป็นตัวอักษรเบรลล์ที่ผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถอ่านได้ง่าย ทั้งนี้ ผู้ประกอบการธุรกิจการพิมพ์สามารถนำวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิตฉลากหรือบรรจุภัณฑ์ที่มีอักษรเบรลล์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

5. ข้อเสนอแนะ

1) สื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตแบบภาพคลี่ที่ขึ้นรูปได้นี้ มีการพิมพ์อักษรเบรลล์กำกับเพื่อระบุชื่อของรูปทรงทั้ง 9 รูปทรง อาจมีการพัฒนาต่อยอดโดยเพิ่มเสียงอธิบายคุณลักษณะของรูปทรงหรือภาพคลี่ของรูปทรง เพื่อช่วยให้นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็นสามารถเรียนรู้หรือทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง

2) อาจมีการพิมพ์ QR Code ร่วมด้วย เพื่อเชื่อมต่อไปยังช่องทางหน้าเว็บไซต์ที่สร้างขึ้นหรือนำขึ้นใน YouTube ที่แนะนำสื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิตภาพคลี่ที่สร้างขึ้น เพื่อให้นักเรียนรู้ด้วยตนเองได้สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น โดยอาจทำเครื่องหมายตัวฐานที่บริเวณ QR Code เพื่อช่วยให้หาบริเวณที่ต้องการสแกน QR Code โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ Smartphone

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณครูพัชร ใจใส และน้อง ๆ นักเรียนที่บกพร่องทางการมองเห็น ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการทดลองใช้สื่อการเรียนการสอนรูปทรงเรขาคณิต เพื่อการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=75>, [1 กันยายน 2564].

- [2] Junthong, N., Netpradit, S. and Boonlue, S., 2017, "The Study of Status and Needs for Instructional Media of Blind Students from Upper Elementary School in Thailand", **International Conference on Education, Humanities and Social Sciences Studies (EHSSS-17)**, Singapore.
- [3] คุณครูพัชรี ใจใส, **สัมภาษณ์**, 15 มกราคม 2563,
- [4] ศึกษาภัณฑ์ออนไลน์, 2564, **รูปทรงเรขาคณิต ประถม**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: https://www.suksapanpanit.com/index.php?route=product/product&path=119_123&product_id=676, [1 ธันวาคม 2564].
- [5] ธนอมนวล, 2019, **การศึกษาแนวทางการสร้างสรรค์ผลงานภาพพิมพ์บนแผ่นพลาสติก, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**.
- [6] สอนคณิตศาสตร์นักเรียนบกพร่องทางการเห็นอย่างไรจึงได้ผล, 2018, **เรขาคณิตกับนักเรียนบกพร่องทางการเห็น**, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.facebook.com/pg/>, [20 มกราคม 2563].
- [7] ประภัสรา โคตะขุน, 2018, **รูปแบบการสอนแบบต่าง ๆ**, [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <https://sites.google.com/sites/prapasara/15-1>. [1 กันยายน 2564].