แผนที่ 3 มิติ สำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

3D maps designed for visually impaired students

ภาณุ อุทัยศรี* แววพลอย ศรีมณี ณัฐพล เพชรนาค และ สันติชัย นำพลสัก

สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จ.เชียงใหม่

**Corresponding author; E-mail address: phanu@rmutl.ac.th*, waewploy.kk@gmail.com, 35oishi@gmail.com, santichai.numpolsak@gmail.com*

บทคัดย่อ

การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ภายในโรงเรียน นับเป็นปัญหาสำคัญของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น หากนักเรียนคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมภายในโรงเรียนจะช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุต่อนักเรียนในการเดินทางในโรงเรียนได้ ด้วยเหตุนี้นักเรียนจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนให้คุ้นเคยกับเข้าใจในตำแหน่งและทิศทางของอาคารและสิ่งสำคัญต่าง ๆ ภายในโรงเรียนจะช่วยให้นักเรียนสามารถเดินทางไปในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเรียนได้อย่างถูกต้อง

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบตัวแปรการรับรู้เชิงสัมผัส เพื่อสร้างแผนที่ 3 มิติของอาคารภายในโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือ ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ จากนั้นฝึกให้นักเรียนเข้าใจถึงสัญลักษณ์ และรายละเอียดในแผนที่ ท้ายสุดได้ทดสอบนักเรียนโดยการเดินตามแผนที่ไปยังสถานที่ที่กำหนด และทำการตอบแบบสอบถามโดยการสัมภาษณ์ตามหัวข้อการศึกษา 7 หัวข้อ

ผลที่ได้แสดงดังนี้

1. ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 86%
2. ความสะดวกในการใช้แผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 84%
3. ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 86%
4. ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 86%
5. ความเหมาะสมของขนาดแผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 76%
6. ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในแผนที่มีคะแนนเฉลี่ย 76%
7. ประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติมีคะแนนเฉลี่ย 84%

จะเห็นได้ว่าโดยรวมแล้วแผนที่3มิติสามารถใช้งานได้ดี และยังนำไปใช้ในการเรียนการสอนในวิชาการฟื้นฟูสมรรถภาพคนตาบอดด้วยการทำความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม และการเคลื่อนไหว

คำสำคัญ: นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น,สภาพแวดล้อมในโรงเรียน, แผนที่ 3 มิติ,

Abstract

Moving from place to place within a school can pose a significant challenge to visually impaired students. If they can familiarize themselves with the physical environment of the school, they would be less likely to suffer accidents in their movement within the school. To this end, they can be trained to grasp the positions and orientation of buildings, structures, and other important elements of the school and to move reliably in the directions that connect them. The research presented here involves a test of sensing variables. It begins by creating a 3D map of the buildings in in the Northern school for the blind under the patronage of the Queen, Chiang Mai Province. Then students are trained to grasp the symbols and details in the map. Finally, the students are tested by moving to targeted place and questionnaires and interviews that are related to seven criteria of learning efficacy.

The results show:

1. Satisfaction of user: 86%
2. Ease of use: 84%
3. Understanding of 3D map details: 86%
4. Suitability of legend: 86%
5. size: 76%
6. materials: 76%
7. Practical utility of the map: 84%

The overall response from interviewees was good. The 3D maps produced are also used to teach students in the Blind Rehabilitation Academy to become familiar with their environment and movements.

Keywords: visually impaired students, school environment, 3D map

1. คำนำ

ผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ในประเทศไทยมีจำนวน 191,965 คน ในจำนวนผู้พิการที่ได้ลงทะเบียนไว้จำนวน 2,027,500 คน หรืออยู่ในลำดับ 3 ในกลุ่มผู้พิการในประเทศไทย[1] นับเป็นจำนวนไม่น้อยที่ใช้ชีวิตประจำวันกับคนปกติ ซึ่งการเดินทางในชีวิตประจำวันนั้น แตกต่างกันมาก ผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการเดินทาง ส่วนใหญ่แล้วเป็นไม้เท้าช่วยในการสำรวจสิ่งกีดขวาง หรือเคาะเป็นเสียงเพื่อฟังเสียงสะท้อนเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในการเดินทาง ปัญหาหนึ่งที่ผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นประสบอยู่คือการที่ไม่รู้ว่าตนเองอยู่ที่ใด และปลายทางอยู่ที่ใดในสภาพแวดล้อมที่ไม่คุ้นเคย หากผู้มีความบกพร่องทางสายตาสามารถทราบถึงตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ อาคารต่าง ๆ ถนน ทางเดิน ของพื้นที่ที่ต้องการเดินทางไปนับว่าจะสามารถช่วยให้การเดินทางนั้นมีความปลอดภัยแก่ผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นมากขึ้น

ตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ ในพื้นที่ถูกนำเสนอในรูปของ แผนที่ ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายที่ผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นไม่สามารถใช้แผนที่แบบเดียวกับคนปกติได้เนื่องจากคนปกติใช้แผนที่โดยการรับรู้ทางจักษุสัมผัส ส่วนผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นใช้การรับรู้แบบการสัมผัส แผนที่ที่ถูกออกแบบมาสำหรับผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นจึงต้องออกแบบให้สอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้งานด้วย

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานคือ

1.1.1 เพื่อทดสอบตัวแปรการรับรู้เชิงสัมผัสเพื่อสร้างแผนที่ 3 มิติสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

1.1.2 เพื่อให้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถนำแผนที่ 3 มิติ ไปใช้ในการประกอบการเรียนรู้ในการสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมและการเคลื่อนไหว

1.2 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็น หมายถึง ผู้ที่มองไม่เห็นหรือพอเห็นแสงเห็นเลือนลาง และมีความบกพร่องทางสายตาทั้งสองข้าง โดยมีความสามารถในการมองเห็นได้ไม่ถึง 1/10 ของคนปกติ (10% ในการมองเห็นเมื่อเทียบกับคนสายตาปกติ) หลังจากที่ได้รับการรักษาและแก้ไขทางการแพทย์ หรือมีลานสายตา (ระยะกว้างของการมองเห็น) กว้างไม่เกิน 30 องศา[2]

แผนที่ 3 มิติ สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น หมายถึง “แผนที่ที่ออกแบบมาให้ใช้งานสำหรับบุคคลผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นหรือคนตาบอด โดยการรับรู้ได้จากประสาทสัมผัสโดยใช้มือ ซึ่งใช้เป็นสื่อกลางในการบันทึก และนำเสนอข้อมูลตำแหน่ง รูปร่าง และความสัมพันธ์ด้านตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ ด้วยรูป” [3]

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้วิจัยคาดว่างานวิจัยนี้จะเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพสังคมในทางที่ดีขึ้น โดยการช่วยเสริมศักยภาพในการเดินทางของผู้พิการทางสายตา และคาดว่าจะได้ประโยชน์ดังนี้

1.3.1 แผนที่ 3 มิติ สามารถอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

1.3.2 แผนที่ 3 มิติ เป็นสื่อที่ช่วยในการเรียนรู้สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น เพื่อพัฒนาการเคลื่อนไหว และสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม

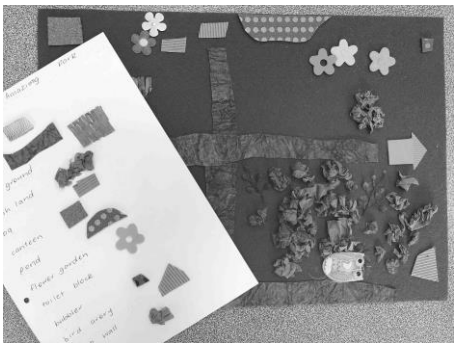
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

แผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น (tactile maps) ไม่ได้ถูกละเลยไปเสียทีเดียวที่ผ่านมามีการใช้วัสดุ และเทคนิคในการทำแผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในหลายรูปแบบ อาทิเช่น

2.1.1 แผนที่สื่อผสม (mix-media map)

เป็นแผนที่ใช้วัสดุต่างๆ ที่หาได้มาสร้างให้เกิดรูปทรง ลวดลายให้เกิดความแตกต่างในการสัมผัสข้อดีคือหาวัสดุรอบตัวมาสร้างได้ ข้อด้อยคือยากแก่การทำสำเนาให้เหมือนกัน และวัสดุอาจมีการหลุดร่อนได้ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนที่สื่อผสม
ที่มา https://www.pathstoliteracy.org/strategies/using-tactile-graphics-create-design-park

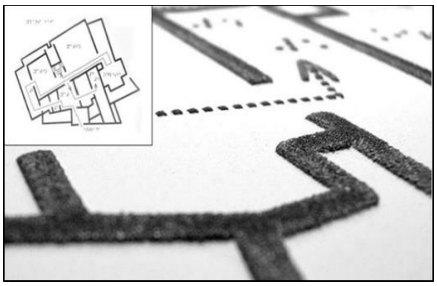
2.1.2 แผนที่เทอร์โมฟอร์ม (thermoform map)

เป็นแผนที่ใช้พลาสติกฉีดอัดด้วยสุญญากาศและความร้อนลงบนแม่พิพม์ทรงนูน 3 มิติต้นฉบับ นิยมใช้ในการผลิตแผนที่ปริมาณมาก ได้แผนที่พลาสติกทรงนูนดังตัวอย่างในรูปที่ 2 แผนที่นี้ทำความสะอาดง่าย ราคาฉบับสำเนาไม่แพง [4] มีข้อด้อยคือเปราะ แตกหักเสียหายได้ง่าย การผลิตใหม่ใช้เวลาสั่งจากโรงงาน

รูปที่ 2 แผนที่เทอร์โมฟอร์ม (thermoform map)
ที่มา https://www.pinterest.com/pin/28837 1182382906587/

2.1.3 สเวลเปเปอร์ (swell paper)

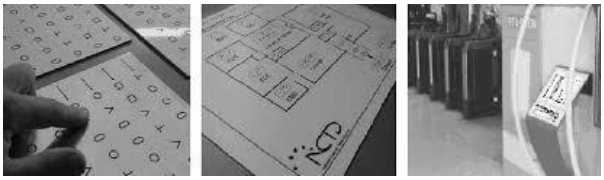
เป็นแผนที่ที่เป็นกระดาษที่มีฟการผสมไมโครแคปซูลของแอลกอฮอล์ฝังอยู่ในผิวกระดาษ เมื่อกระดาษถูกเขียนโดยดินสอหรือพิมพ์โดยหมึก เมื่อนำไปถูกความร้อนแคปซูลจะระเบิด ซึ่งจะทำให้ผิวกระดาษนูนขึ้นมาเป็นแผนที่ภาพนูนสำหรับใช้งาน[5] ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3 ข้อดีคือสามารถผลิตได้เอง ข้อด้อยคือกระดาษมีความคงทนต่อความชื้น และการสัมผัสต่ำ



รูปที่ 3 แผนที่สเวลเปเปอร์ (swell paper)
ที่มา https://goo.gl/8Np45F

2.1.4 แผนที่นูนอิงค์เจ็ต (Ink-jet tactile map)

เป็นแผนที่ที่ใช้เทคโนโลยีเพียโซอิเลคทริคอิงค์เจ็ต โดยการพิมพ์โดยใช้หมึกโพลิเมอร์อะคริลิคลงบนวัสดุที่เคลือบด้วยเทอร์โมพลาสติกเมื่อถูกแสงอัลตราไวโอเลตจะทำให้หมึกแข็งตัวซึ่งสามารถพิมพ์ซ้ำกันได้หลายชั้นเพื่อเพิ่มความสูง[6] ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4 มีชื่อเรียกอื่นคือ poly jet มีความแม่นยำสูงคงทนต่อการสัมผัสแต่เครื่องพิมพ์มีราคาสูง

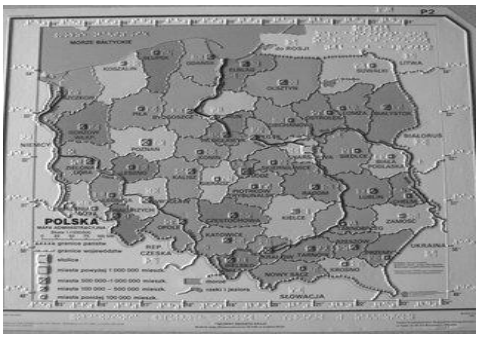


รูปที่ 4 แผนที่นูนอิงค์เจ็ต

ที่มา https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcShHJ6wWNCZglpzHZDsPBaHVJogi--0A-0aK_1MnZk4wrjQeqlV&usqp=CAU

2.2 แผนที่ 3 มิติ

แผนที่สามมิติคือแผนที่มีความสูงเพิ่มเข้ามาเป็นมิติที่ 3 เพื่อช่วยให้เข้าใจถึงสภาพความเป็นจริงของพื้นที่ที่นำมาสร้างเป็นแผนที่ในมุมมองของคนทั่วไปแผนที่คือเครื่องมือที่แสดงขนาด ตำแหน่ง ทิศทาง และรายละเอียดของสิ่งที่อยู่ในภูมิประเทศจริงสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตา แผนที่ 3 มิติ หมายถึงแผนที่ที่ไม่เป็นกระดาษแผ่นเรียบมีการทำให้นูนขึ้นหรือสูงขึ้นเพื่อให้ผู้พิการทางสายตาสามารถสัมผัสเพื่อแยกแยะความแตกต่างได้ อาจมีอักษรเบลล์กำกับเพื่ออธิบายสัญลักษณ์ในแผนที่ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนที่เมืองในประเทศโปแลนด์สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตา
ที่มา https://www.researchgate.net/publication/309726791_The_rules_of_developing_tactile_maps_for_blind_and_visually_impaired

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนให้เด็กเรียนรู้ในการใช้แผนที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในภูมิประเทศและสังคมมีการสอนเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นให้เข้าใจถึงการใช้แผนที่ ตั้งแต่แบบภาพนูนง่าย ๆ จนถึงหนังสือที่มีความซับซ้อน[7] ตัวอย่างในปี 2002 Jim Durkel ได้ใช้แผนที่ 3 มิติเล่นเป็นเกมส์ค้นหาสมบัติที่เป็นของที่ระลึกโดยให้นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นใช้สมุดแผนที่ภาพนูนค้นหาร่วมกับผู้ปกครอง[8] Florian Feucht และ Chelsea Holmgren ได้ทำการพัฒนาแผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นในกรณีศึกษาการเดินทางจากที่หอพักไปยังสถานที่สถานที่ต่าง ๆ ภายในมหาวิทยาลัยได้[9] ในด้านเทคนิคในการสร้างแผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตา ในช่วงสิบปีที่ผ่านมามีการใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยเช่น Daniel H. [10] ได้ใช้เครื่อง CNC มาดัดแปลงติดตั้งปากกาชนิดพิเศษเข้าไปที่เครื่องเพื่อใช้ในการเขียนแผนที่ให้นูนขึ้นตามข้อมูลแผนที่ที่ต้องการแสดงเป็น 3 มิติโดยใช้ข้อมูลแผนที่จาก OpenStreetMap(https://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_for_the_blind) Radim Štampach และ Eva Mulíčková [11] อาศัยข้อมูลจาก

OpenStreetMap เพื่อสร้างแผนที่สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตาแบบอัตโนมัติโดยใช้ซอฟต์แวร์ทาง GIS ในการสร้างแผนที่ที่เหมาะสมกับผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตาแล้วพิมพ์ลงบนกระดาษไมโครแคปซูล(ชนิดเดียวกับ swell paper) แม้ว่าจะมีหลายเทคนิคในการสร้างแผนที่ แต่กระดาษแบบเดียวกับ swell paper มีการใช้งานกับสถานศึกษามากกว่าด้วยเหตุที่สามารถใช้งานได้สะดวกเครื่องมือไม่ยุ่งยากซับซ้อน

ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาในเรื่องของคุณสมบัติการรับรู้ของตัวแปรเชิงสัมผัส และการออกแบบสัญลักษณ์ที่เหมาะสมสำหรับแผนที่ภาพนูนของคนตาบอด โดยวรชาติ สุวรรณวงศ์ [12] ได้ทำการทดสอบในปี พ.ศ. 2546 โดยให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นใช้มือสัมผัสสัญลักษณ์แผนที่ภาพนูนที่ทำขึ้นจากกระดาษ swell paper ด้วยกระบวนการผลิตแบบได้มาตราส่วน ผลจากการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างในการศึกษาที่เป็นผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นทุกตัวอย่างมีความคิดเห็นตรงกันว่าแผนที่ภาพนูนมีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน นับได้ว่างานวิจัยชิ้นนี้เป็นจุดเริ่มต้นการพัฒนาแผนที่สำหรับผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงสัญลักษณ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดของสัญลักษณ์ที่สามารถสัมผัสได้แสดงในตารางที่ 1 และขนาดที่เหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่แสดงในตารางที่ 2 สำหรับสัญลักษณ์ที่แสดงเป็นแผนที่บนกระดาษ swell paper

จากนั้นมีการทดลองในลักษณะคล้ายกันในปี พ.ศ. 2548 โดยวีรวรรณ กันทะมา และคณะ[13] ได้ทดสอบตัวแปรการรับรู้เชิงสัมผัสจากงานวิจัยของวรชาติ สุวรรณวงศ์ และสร้างแผนที่ภาพนูนสำหรับคนตาบอดที่ทำจากกระดาษ swell paper การทดสอบนี้ทำขึ้นโดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน

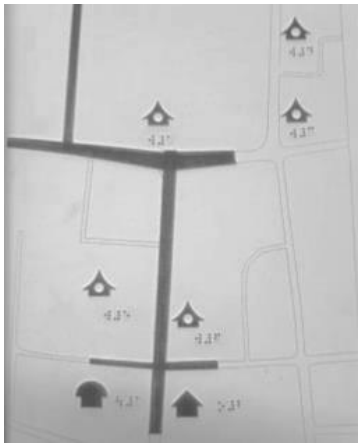
ตารางที่ 1 ขนาดเล็กที่สุดของตัวแปรเชิงสัมผัส

สัญลักษณ์	ขนาดเล็กที่สุด	ตัวอย่าง
จุดสี่เหลี่ยมจตุรัส	ด้านกว้าง = 3.0 ม.ม.	■
จุดสามเหลี่ยมด้านเท่า	ความสูง = 3.0 ม.ม.	▲
จุดวงกลม	เส้นผ่านศูนย์กลาง = 2.5 ม.ม.	●
เส้นตรง	กว้าง = 0.2 ม.ม.	_____
ระยะห่างระหว่างสัญลักษณ์	ห่าง = 1.2 ม.ม.	[redacted]
ที่มา วรชาติ สุวรรณวงศ์ [12]		

ตารางที่ 2 ขนาดที่เหมาะสมของตัวแปรเชิงสัมผัสในการทำแผนที่

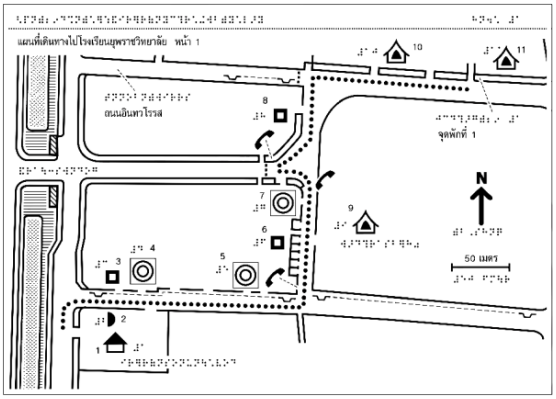
สัญลักษณ์	ขนาดที่เหมาะสม	ตัวอย่าง
จุดสี่เหลี่ยมจตุรัส	ด้านกว้าง = 4.0 ม.ม.	■
จุดสามเหลี่ยมด้านเท่า	ความสูง = 4.5 ม.ม.	▲
จุดวงกลม	เส้นผ่านศูนย์กลาง = 3.0 ม.ม.	●
เส้นตรง	กว้าง = 0.4 ม.ม.	_____
ระยะห่างระหว่างสัญลักษณ์	ห่าง = 2.0 ม.ม.	[redacted]
ที่มา วรชาติ สุวรรณวงศ์ [12]		

ของโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือ ในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนจากโรงเรียนสอนคนตาบอด ฯ ในระดับ ป.6 สามารถใช้แผนที่เดินทางไปยังสถานที่ต่างๆ จำนวน 4 แห่งในรัศมีไม่เกิน 2 กิโลเมตรจากโรงเรียนสอนคนตาบอด ฯ ได้แก่ 1) วัดพระสิงห์ 2) สวนสาธารณะหนองบวกหาด 3) หอจดหมายเหตุแห่งชาติ จังหวัดเชียงใหม่ และ 4) สถานีตำรวจภูธรอำเภอเมืองเชียงใหม่ โดยคัดเลือกจากสถานที่ที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตในสังคมเส้นทางมีความปลอดภัย มีทางเท้า ทางม้าลาย และใช้เวลาไปกลับรวมไม่เกิน 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์มากถึง 91% และอีก 9% อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ตัวอย่างของแผนที่ภาพนูนสำหรับคนตาบอดที่ใช้แสดงในรูปที่ 6

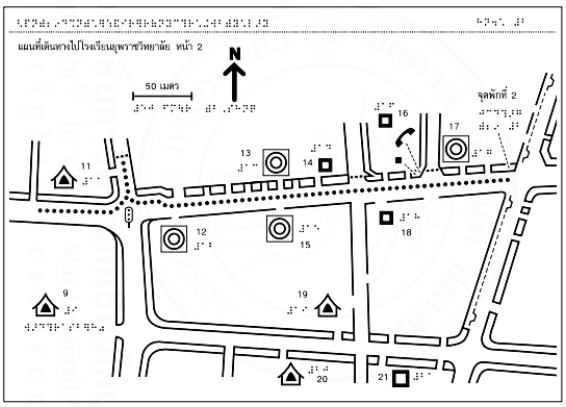


รูปที่ 6 แผนที่ภาพนูนสำหรับคนตาบอด
ที่มา วีรวรรณ กันทะมา และคณะ [13]

จากนั้นในปี พ.ศ. 2551 มานิต เปนะนาม [14] ได้ทำการทดสอบในหัวข้อ การออกแบบสารสนเทศบนแผนที่สัมผัสสำหรับเด็กบกพร่องทางสายตา โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือโดยออกแบบแผนที่โดยใช้กระดาษ swell paper กำหนดเส้นทางเดินจากโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือไปยังโรงเรียนยุพราชวิทยาลัยในอำเภอเมืองเชียงใหม่ จากการวิจัยได้ออกแบบแผนที่เดินทางเป็นเล่มแผนที่ และในการใช้งานพบว่าแผนที่ที่ออกแบบมีรายละเอียด และจำนวนหน้ามากเกินไปทำให้เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตาไม่สามารถเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดด้วยตัวเองได้ ผู้วิจัยต้องบรรยายรายละเอียดแวดล้อมเพิ่มเติม ตัวอย่างแผนที่สัมผัสชุด B หน้า 1 แสดงในรูปที่ 7 และหน้า 2 แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 แผนที่สัมผัสชุด B หน้า 1
ที่มา มานิต เปนะนาม [14]



รูปที่ 8 แผนที่สัมผัสชุด B หน้า 2
ที่มา มานิต เปนะนาม [14]

จะเห็นได้ว่างานวิจัยในประเทศไทยที่ผ่านมาใช้กระดาษ swell paper เป็นหลักในการวิจัยด้วยเหตุผลหลักที่ว่าใช้เครื่องมือสมัยปัจจุบัน คือ คอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ได้หลายแบบเป็นเครื่องมือในการสร้างแผนที่ทำซ้ำหรือปรับปรุงได้สะดวกส่วนการทำให้กระดาษ swell paper นูนขึ้นตามแผนที่ที่ต้องการใช้เครื่องรีดร้อนพิเศษสำหรับกระดาษ swell paper โดยเฉพาะ หรือหากจำเป็นสามารถใช้เตารีดรีดลงบนกระดาษ swell paper เพื่อให้ไมโครแคปซูลแตกตัวนูนขึ้นมาได้แม้จะไม่ดีเท่าใช้เครื่องรีดร้อนก็ตาม

เนื่องด้วยแผนที่ผลิตด้วยกระดาษ swell paper เมื่อใช้งานด้วยการสัมผัสความชื้น และเหงื่อจะซึมเข้าสู่เนื้อกระดาษประกอบกับมีการสัมผัสไปมาทำให้กระดาษมีการสึกหรอ และเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ หากมีแผนที่มีนูนขึ้นเป็น 3 มิติให้สัมผัสได้มีความคงทนต่อการสัมผัส และความชื้นจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

3. วิธีการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ (survey research) โดยวิธีการทดลอง (experimental method) และวิธีสัมภาษณ์ (interview method) เพื่อทดสอบตัวแปรการรับรู้เชิงสัมผัสเพื่อสร้างแผนที่ที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น และความพึงพอใจในการใช้แผนที่ที่ผลิตขึ้นมา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินงานไว้ดังนี้

3.1 เก็บข้อมูลทางกายภาพ

ขั้นตอนนี้ได้ลงพื้นที่ศึกษาจากแผนผังของอาคารในโรงเรียนสอนคนตาบอดในพระบรมราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ วัดทวนสอบขนาด และตำแหน่งอาคารสำหรับนำมาขึ้นเป็นภาพแผนที่ลายเส้น

3.2 สร้างแผนที่ 3 มิติ

ออกแบบแผนที่ 3 มิติ โดยทำการทดสอบตัวแปรรับรู้เชิงสัมผัส โดยใช้ตัวอย่างทดสอบเพื่อนำผลที่ได้เป็นตัวกำหนดขนาดเล็กสุดขอบสัญลักษณ์ที่ผู้มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถแยกแยะ และทำความเข้าใจได้มาใช้เป็นขนาดของสัญลักษณ์ในแผนที่ ทำการสร้างจากแบบจำลอง 3 มิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ทราบขนาดของแผนที่ที่จะจัดทำ และมีการกำกับสัญลักษณ์สำคัญในแผนที่ด้วยอักษรเบลล์

3.3 ทดสอบการใช้แผนที่

ทำการสอนนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นให้ได้สัมผัสแผนที่และอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ในแผนที่จากนั้นทดสอบโดยให้กลุ่มตัวอย่างเดินทางไปยังอาคารที่กำหนดพร้อมจับเวลา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง โดยเลือกจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 จำนวน 10 คน แบ่งเป็นเพศชาย 5 คน และเพศหญิง 5 คน มีคุณสมบัติคือเป็นผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น มีสติสัมปชัญญะ ไม่วิกลจริต ไม่พิการซ้ำซ้อน เต็มใจที่จะให้ความร่วมมือในการทดสอบ และตอบแบบสอบถาม

3.4 สรุปผลการใช้แผนที่

ทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างที่ได้ใช้แผนที่ในการเดินทางโดยมีหัวข้อหลักคือ ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติ ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ ความเหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติ ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแผนที่ 3 มิติ และประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติ จากนั้นทำการสรุปผลการทดลอง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์จากการนำผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นที่เข้าร่วมทำการทดสอบไปทำการทดลองเดินตามแผนที่จากนั้นทำการสัมภาษณ์ภายหลังจากการทดสอบแล้ว โดยกำหนดคำถามไว้ดังนี้

3.5.1 ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ
3.5.2 ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติ
3.5.3 ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ
3.5.4 ขนาดที่เหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติ
3.5.5 ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่ 3 มิติ
3.5.6 ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ
3.5.7 ประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติ

ในการวิจัยนี้มีสถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ ค่าร้อยละจากสมการที่ (1) และค่าเฉลี่ยเลขคณิต จากสมการที่ (2)

ร้อยละ
$$(\%) = \frac{x_i}{\sum x_i} \times 100 \quad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i w_i}{n w_{\max}} \quad (2)$$

โดยที่ x_i คือ ค่าสังเกต
$\sum x_i$ คือ ผลรวมของค่าสังเกต
$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
w_i คือ ค่านำหนักคะแนน
$w_{\max}$ คือ ค่านำหนักคะแนนสูงสุด
n คือ จำนวนของค่าสังเกต

เกณฑ์ให้คะแนนแบ่งออกเป็น 5 ลำดับ โดยแบ่งตามคะแนนน้ำหนักดังนี้ ดีมาก 5 คะแนน ดี 4 คะแนน พอใช้ 3 คะแนน ปรับปรุง 2 คะแนน และแย่ 1 คะแนน เมื่อสัมภาษณ์แล้วจะทำการสรุปคะแนนออกมาในรูปร้อยละ และคิดค่าเฉลี่ยโดยถ่วงน้ำหนักตามคะแนน ตัวอย่างการคำนวณจากตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการสำหรับการคำนวณ

ที่	เรื่อง	เกณฑ์ให้คะแนน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	แย่
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1	ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ	4	4	2	0	0

จากการประเมินในเรื่องความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติผลที่ได้พบว่า มีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก 4 คนจากทั้งหมด 10 คนคิดเป็นร้อยละได้ดังนี้ $\frac{4}{10}\times 100 = 40\%$

ดังนั้น 40% อยู่ในเกณฑ์ดีและ 20% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยมีค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 84% หาได้จาก

$$\frac{(4\times 5)+(4\times 4)+(2\times 3)+(0\times 2)+(0\times 1)}{(10\times 5)}\times 100 = 84\%$$

ระดับความพึงพอใจแบ่งตามเกณฑ์การให้คะแนนโดยวัดจากร้อยละความพึงพอใจเฉลี่ยกำหนดดังตารางที่ 4

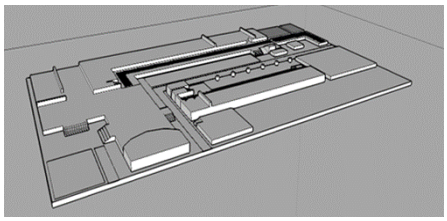
ตารางที่ 4 เกณฑ์คะแนนของระดับความพึงพอใจ

แย่	0.00% – 20.00%
ปรับปรุง	20.01% – 40.00%
พอใช้	40.01% – 60.00%
ดี	60.01% – 80.00%
ดีมาก	80.01% – 100.00%

4. ผลการทดสอบ

4.1 แผนที่ 3 มิติ

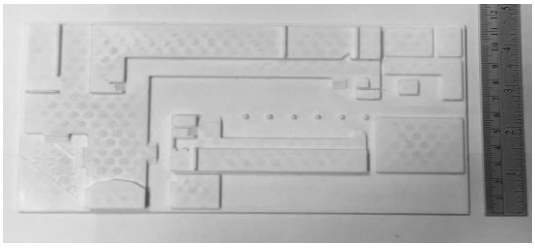
จากข้อมูลทางกายภาพนำมาออกแบบกำหนดรูปแบบสัญลักษณ์ และแผนผังของตัวอาคารด้วยคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยออกแบบโดยใช้ขนาดตามที่เหมาะสมทางสัญลักษณ์ ได้แผนที่ขนาด 115 x 200 มม. ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 แผนที่อาคารภายในโรงเรียนสอนคนตาบอด

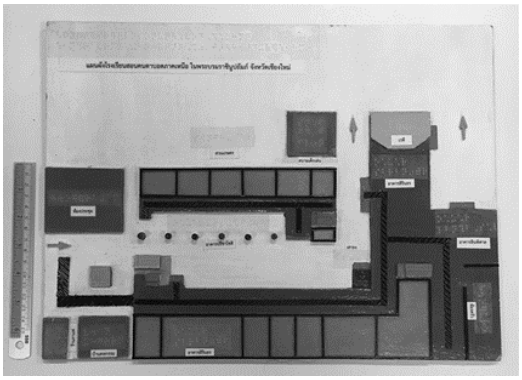
4.2 ผลทดสอบการใช้แผนที่

จากการทดสอบการใช้แผนที่ ขนาด 200 x 115 มม. ตามรูปที่ 10 โดยสร้างจากเครื่องพิมพ์สามมิติ



รูปที่ 10 แผนที่ 3 มิติโรงเรียนสอนคนตาบอด ขนาด 200 x 115 มม.

พบว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นยังมีความสับสนไม่สามารถแยกแยะรายละเอียดของแผนที่ได้มากพออีกทั้งพื้นผิวที่เกิดจากเครื่องพิมพ์ไม่เรียบทำให้นักเรียนมีความสับสนไม่คุ้นเคย จึงปรับเปลี่ยนขนาดของแผนที่ให้ใหญ่ขึ้นเท่ากับขนาดกระดาษ A3 คือขนาด 297 x 420 มม. ดังแสดงในรูปที่ 11 นักเรียนจึงสามารถแยกแยะรายละเอียดของแผนที่ได้ ตัวแผนที่ทำจากไม้อัดเบาทาสีโปสเตอร์และเคลือบผิวด้วยแลคเกอร์ ด้วยเหตุผลที่ว่าพื้นผิวมีความเรียบ และน้ำหนักเบา เมื่อเคลือบด้วยแลคเกอร์แล้วช่วยเพิ่มความคงทนให้กับแผนที่สำหรับความชื้นและการสัมผัส อีกทั้งยังสามารถเพิ่มสีให้กับแผนที่เพื่อให้คนสายตาดีสามารถเข้าใจแผนที่ได้ง่ายขึ้นอีกด้วย นอกจากนั้นยังได้เพิ่มเติมอักษรเบลล์กำกับเพื่อให้สามารถอ่านได้



รูปที่ 11 แผนที่ 3 มิติโรงเรียนสอนคนตาบอด ขนาด 297 x 420 มม.

จากนั้นได้สอนวิธีการใช้แผนที่ให้กับนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น โดยการให้สัมผัสสัญลักษณ์ แล้วอธิบายถึงความหมาย และรายละเอียดในแผนที่ดังแสดงในรูปที่ 12

รูปที่ 12 การสอนการใช้งานแผนที่ 3 มิติ แก่นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น

ทดสอบโดยการให้นักเรียนเดินทางจากหน้าโรงเรียนไปยังอาคารที่กำหนด นักเรียนสามารถเดินทางไปได้อย่างถูกต้องทุกคน ข้อสรุปของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

สถานะภาพ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
-เพศชาย	5	50
-เพศหญิง	5	50
อายุ		
-15 ถึง 18 ปี	4	40
-19 ถึง 22 ปี	6	60
ระดับการศึกษา		
-มัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง 3	5	50
-มัธยมศึกษาปีที่ 4 ถึง 6	5	50
สภาพการมองเห็น		
-มองเห็นเลือนราง	0	0
-บอดสนิท	10	100
สถานะทางกายภาพของผู้ทดสอบ		
-ปกติ	0	0
-ตาบอด	10	100
ความสามารถในการอ่านและเขียนอักษรเบรลล์		
-อ่านได้เขียนได้	10	100
-อ่านไม่ได้เขียนไม่ได้	0	0

4.3 สรุปผลการใช้แผนที่

ในการทดสอบใช้แผนที่ 3 มิติสำหรับสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นของกลุ่มผู้ทำการทดสอบจำนวน 10 คน ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบตามหัวข้อที่ 3 โดยการสัมภาษณ์ และนำมาสรุปคะแนนได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปคะแนนของการใช้แผนที่

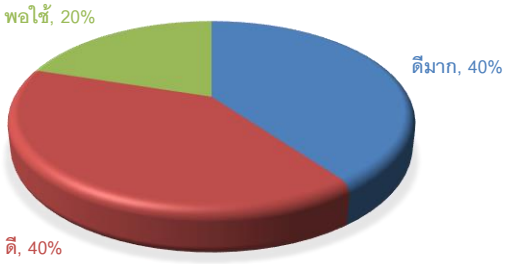
ที่	เรื่อง	เกณฑ์ให้คะแนน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	แย่
		(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
1	ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ	4	4	2	0	0
2	ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติ	4	5	1	0	0
3	ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ	5	3	2	0	0
4	ความเหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติ	2	5	2	1	0
5	ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่ 3 มิติ	3	7	0	0	0
6	ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแผนที่ 3 มิติ	2	4	4	0	0
7	ประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติ	3	6	1	0	0

5. สรุปผล

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลกับกลุ่มนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นโดยใช้การทดสอบ และสัมภาษณ์ทั้งหมด 10 คน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ในการวิเคราะห์คุณภาพของแผนที่ 3 มิติ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินการใช้งานของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเห็น มีดังนี้

5.1 ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ

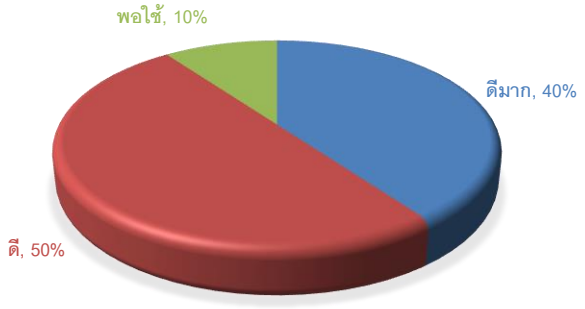
ในการวิจัยได้ทำการทดสอบโดยการเก็บแบบสอบถามเพื่อความพึงพอใจจากการประเมินผลที่ได้พบว่า 40% มีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดีมาก 40% อยู่ในเกณฑ์ดี 20% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 13 โดยมีค่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 84% สรุปได้ว่าความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้แผนที่ 3 มิติได้



รูปที่ 13 ความสะดวกในการใช้แผนที่ 3 มิติ

5.2 ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติ

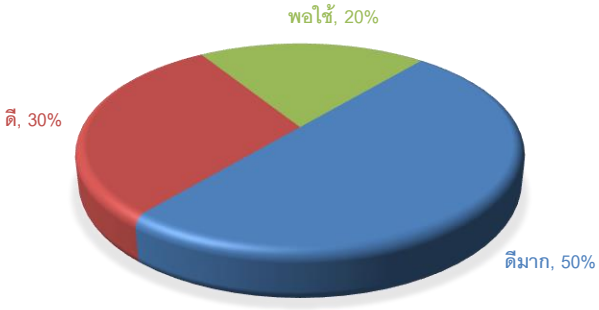
ได้ทำการทดสอบโดยการสอนการใช้แผนที่ 3 มิติ แล้วจึงให้ลองทดสอบใช้งานจริงจากนั้นจึงถามความเข้าใจจากผู้ทดสอบแล้วนำมาประเมินผลได้ว่า 40% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 50% อยู่ในเกณฑ์ดี และ 10% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 14 โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 86% สรุปได้ว่าความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติอยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่าหลังจากการสอนให้นักเรียนทราบถึงสัญลักษณ์ในแผนที่ว่าคือสถานที่ใด นักเรียนสามารถอ้างอิงกับสิ่งที่คุ้นเคยสามารถบอกได้ว่าอาคารที่อยู่ติดกันคืออาคารอะไร ถัดไปจะเป็นอาคารอะไร



รูปที่ 14 ความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติ

5.3 ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ

จากทดสอบตัวแปรการรับรู้เชิงสัมผัสเพื่อสร้างแผนที่ 3 มิติ โดยใช้รูปทรงเลขาคณิตในขนาดที่ที่ได้จากการทดสอบและปรับปรุง ผู้ทดสอบสัมผัสและสามารถเข้าใจได้ถึงตำแหน่งต่าง ๆ ของสถานที่ที่ปรากฏในแผนที่เปรียบเทียบกับสถานที่จริงที่คุ้นเคย จากการสัมภาษณ์ผู้ทำการทดสอบสามารถประเมินผลความพึงพอใจได้ว่า 50% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 30% อยู่ในเกณฑ์ดีและ 20% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 15 โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 86% สรุปได้ว่าความเข้าใจในรายละเอียดของแผนที่ 3 มิติอยู่ในระดับดีมาก ยืนยันได้ว่าหลังจากปรับปรุงขนาด และระยะห่างแล้วนักเรียนสามารถเข้าใจสัญลักณ์ที่อยู่ในแผนที่

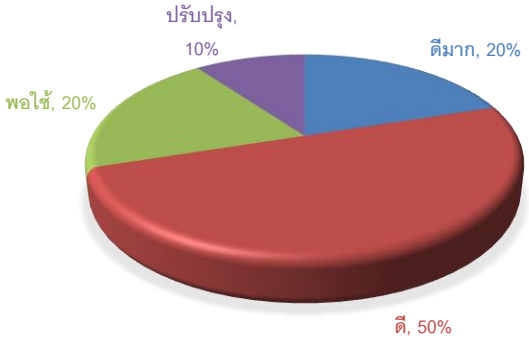


รูปที่ 15 ความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่ 3 มิติ

5.4 ความเหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติ

จากการทดสอบการใช้งานของแผนที่ 3 มิติ พบว่าผู้ทดสอบบางส่วนได้แสดงความคิดเห็นว่าขนาดของแผนที่บางจุดเล็กเกินไปทำให้สัมผัสแล้วทำความเข้าใจได้ยาก เช่น ความหนาของส่วนที่เป็นบันไดระยะขั้นที่ทำน้อยเกินไป และระยะห่างระหว่างช่วงตึกน้อยเกินไปทำให้มีปัญหาในการแยกแยะเป็นบางช่วงทำให้เห็นได้ว่าในรายละเอียดที่ซับซ้อนนักเรียนไม่คุ้นเคยกับสัญลักษณ์ทำให้สับสนหรือไม่เข้าใจได้

จากการประเมินผลพบว่า 20% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 50% อยู่ในเกณฑ์ดี 20% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และ 10% อยู่ในเกณฑ์ปรับปรุงดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 16 โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 76% สรุปได้ว่าความเหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติอยู่ในระดับดี

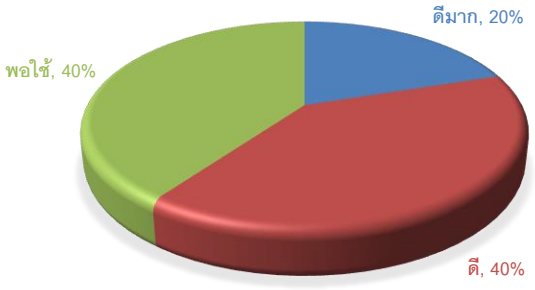


รูปที่ 16 ความเหมาะสมของขนาดแผนที่ 3 มิติ

5.5 ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแผนที่ 3 มิติ

วัสดุที่ใช้ในการทำแผนที่ 3 มิติที่ใช้ในการทดสอบทำจากไม้อัดทาสีโปสเตอร์และเคลือบผิวด้วยแลคเกอร์ทำให้แผนที่ที่ได้มีน้ำหนักเบา และผิวสัมผัสที่ราบเรียบมีอายุการใช้งานที่นานและคงทน จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ทดสอบถึงความเหมาะสมของวัสดุพบว่ามี 20% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 40% อยู่ในเกณฑ์ดี 40% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 17 โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 76% นั่นคือวัสดุที่ใช้ในการทดสอบมีความเหมาะสมที่จะนำมาทำแผนที่ 3 มิติในระดับดี พอสรุปได้ว่าวัสดุที่ใช้ทำ

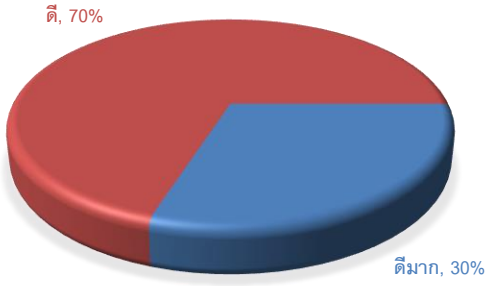
แผนที่ที่คงทนกว่าแผ่นกระดาษและมีความหนาของสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในแผนที่ได้



รูปที่ 17 ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแผนที่ 3 มิติ

5.6 ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่ 3 มิติ

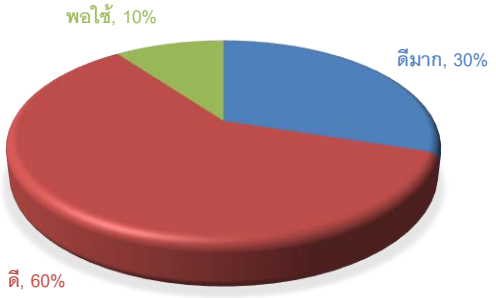
จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ทดสอบถึงทัศนคติหลังจากการใช้แผนที่ 3 มิติว่ามีความพึงพอใจมากน้อยเพียงใดผลจากการสัมภาษณ์พบว่ามี 30% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 70% อยู่ในเกณฑ์ดีดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 18 โดยมีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 86% อยู่ในระดับดีมาก แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจในแผนที่ 3 มิติสามารถช่วยให้เข้าใจในสภาพแวดล้อมได้



รูปที่ 18 ความพึงพอใจในการใช้งานแผนที่ 3 มิติ

5.7 ประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติ

จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ทดสอบถึงประโยชน์ของแผนที่ 3 มิติถึงประโยชน์ของการใช้แผนที่ในชีวิตประจำวันผลตอบรับที่ได้คือ 30% อยู่ในเกณฑ์ดีมาก 60% อยู่ในเกณฑ์ดี 10% อยู่ในเกณฑ์พอใช้ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 19 มีค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 84% อยู่ในระดับดีมาก ชี้ให้เห็นว่า แผนที่ 3 มิติเป็นสื่อที่ช่วยในการเรียนรู้สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น เพื่อพัฒนาการเคลื่อนไหว และสร้างความคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมได้โดยศึกษาจากในแผนที่ได้



รูปที่ 19 ประโยชน์ที่ได้รับในชีวิตประจำวันจากแผนที่ 3 มิติ

5.8 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดสอบใช้แผนที่ 3 มิติ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นสามารถจินตนาการภาพและรู้ตำแหน่งของแผนที่ 3 มิติซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับตำแหน่งของสถานที่จริงได้ถูกต้อง แต่ควรมีการเพิ่มขนาดขนาดของแผนที่ 3 มิติ เพราะสัญลักษณ์หรือระยะห่างในการวางอักษรเบลล์ที่มีขนาดมาตรฐานซึ่งจะทำให้ผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นโดยทั่วไปสามารถแปลความหมายได้ง่าย ในเรื่องของความทนทานของแผนที่ 3 มิติ ซึ่งทำด้วยวัสดุไม้อัดเคลือบด้วยแลคเกอร์เพื่อรักษาผิวสัมผัสของแผนที่ 3 มิติ ให้คงทนทำให้สามารถใช้งานได้นาน และทนทานต่อการเสียดสีจากการสัมผัส แผนที่ 3 มิติยังเป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนการใช้ชีวิตของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็นได้ดี เพราะสามารถสร้างแผนที่ของบริเวณที่คุ้นเคยเพื่อเป็นการเรียนรู้การใช้แผนที่รองรับ การใช้แผนที่ในพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคยต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ศิริพร วงศ์รุจิไพโรจน์ อาจารย์ผู้สอนในโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือในพระราชินูปถัมภ์ จังหวัดเชียงใหม่ ในการให้คำปรึกษาทั้งในด้านข้อมูลของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น และด้านแนวทางในการออกแบบแผนที่รวมไปถึงให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจทานความถูกต้องของอักษรเบรลล์ในแผนที่

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ (2563). *รายงานข้อมูลสถานการณ์ด้านคนพิการในประเทศไทย.* เอกสารเผยแพร่ จากกรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ. สืบค้นจาก : http://dep.go.th/Content/View/6113/1. 31 มีนาคม 2563

[2] นุ่นนิจ ถาวรรัตน์. *บทความเรื่องโลกของคนตาบอด.* สืบค้นจาก : https://cfbt.or.th/kr/index.php/article/12-blind-world. 27 มกราคม 2563.

[3] ราชบัณฑิตยสถาน (2549). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์ ราชบัณฑิตยสถาน

[4] Simonetta I. *Thermoformatura.* สืบค้นจาก : https://www.pinterest.com/pin/28837 1182382906587/. 27 มกราคม 2563

[5] Adelaida CN. *Protection of Artwork in the event of accessibility for people with visual impairments*. สืบค้นจาก : https://goo.gl/8Np45F. 31 มกราคม 2563.

[6] Don M. and Simon U. (2003). *An introduction to the use of inkjet for tactile diagram production*. British Journal of Visual Impairment. Volume 21, PP.73-77.

[7] Jennifer A. (2018). *Tactile Maps and Teaching Maps Skills*. School for the blind eLearning. Perkins. สืบค้นจาก: https://www.perkinselearning.org/scout/blog/tactile-maps-and-teaching-maps-skills. 10 มิถุนายน 2563.

[8] Jim D. (2002). *Are We There Yet? or How I Spent My Summer Vacation*. Texas School for the Blind and Visually Impaired. Volume 7, No. 2 สืบค้นจาก : http://www.tsbvi.edu/seehear/spring02/summer.htm. 10 มิถุนายน 2563

[9] Florian F. and Chelsea H. (2018). *Developing Tactile Maps for Students with Visual Impairments: A Case Study for Customizing Accommodations.* Journal of Visual Impairment & Blindness. PP.143-155.

[10] Daniel H. (2015). HaptOSM – Creating tactile maps for the blind and visually impaired. Humans and Computers 2015 – Workshop. Stuttgart Germany. PP.405-410.

[11] Radim Štampach and Eva Mulíčková. (2016). *Automated generation of tactile maps.* Journal of Maps. Vol. 12. PP.532-540

[12] วรชาติ สุวรรณวงศ์ (2546). *การหาคุณสมบัติการรับรู้ของตัวแปรเชิงสัมผัส และการออกแบบสัญลักษณ์ที่เหมาะสมสำหรับแผนที่ภาพนูนของคนตาบอด.* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสำรวจ. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[13] วีรวรรณ กันทะมา, กฤษดา วงค์ดวง, ก้องเกียรติ ปาฝาง และ พูนวิวัฒน์ พรมชาติ (2548). *แผนที่ภาพนูนสำหรับคนตาบอด.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่.

[14] มานิต เปนะนาม (2551). *การออกแบบสารสนเทศบนแผนที่สัมผัสสำหรับเด็กบกพร่องทางสายตา โรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือ.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสื่อศิลปะและการออกแบบสื่อ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่