บทที่ 2

ทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเกี่ยวกับขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในอุปกรณ์การสอนนี้ ในประเทศไทยยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ใดเคยศึกษาวิจัยมาก่อน แม้แต่ในต่างประเทศก็มีผู้สนใจในเรื่องนี้น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันไม่ค่อยมีผู้สนใจทั้ง ๆ ที่เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงอย่างยิ่งสำหรับครูและครูโสตทัศนศึกษา อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกันการศึกษาวิจัยนี้ บ้างก็เป็นทฤษฎี บ้างก็เป็นในรูปลักษณะการวิจัย บ้างก็เป็นข้อเสนอแนะ ซึ่งพอที่จะประมวลได้ดังนี้

การมองเห็นกับนัยน์ตา

นัยน์ตาของมนุษย์เป็นตัวรับรู้พลังงานแสง ซึ่งอาจจะมาจากแหล่งกำเนิดโดยตรงหรือสะท้อนมาจากวัตถุที่อยู่รอบ ๆ ตัวรับรู้นี้สามารถที่จะบีบแสงให้ไปรวมเป็นจุดบนเรตินาภายในลูกตา ซึ่งเมื่อถูกเร้าด้วยพลังงานแสงแล้วก็จะไปกระตุ้นประสาทโดยผ่านทางประสาทตาไปยังสมอง [1] ก็จะทำให้เกิดมีความรู้สึกเห็นหรือมีความรู้สึกเห็นเกิดขึ้น สิ่งที่ลูกตารู้สึกเห็นนี้อาจแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ 3 อย่าง [2] จากความรู้สึกที่หยาบ ๆ ไปหาสิ่งที่ละเอียดยิ่งขึ้น คือ

---

[1] Richard K. Parrish, An Introduction to Visual Optics (Minnesota : American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology, 1967), p. 136.

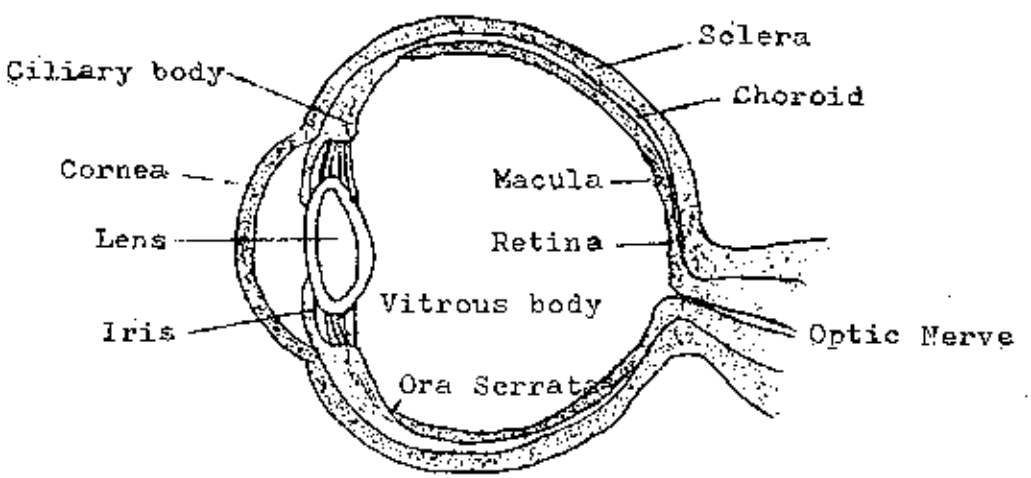
[2] เลิศ วิริยะพาณิช, เรื่องเดิม, หน้า 369.

1. เห็นแสง (light sense)
2. เห็นรูปร่างหรือเห็นวัตถุ (form sense)
3. เห็นสี (colour sense)

ลักษณะของนัยน์ตาทางกายภาพ

ลูกตา (Eye ball) มีลักษณะเป็นรูปกลม ๆ ยาวประมาณ 1 นิ้ว บรรจุอยู่ภายในเบ้าตาซึ่งมีกระดูก 7 ชิ้นประกอบเป็นโพรงรูปปิรามิด ลูกตาเมื่ออยู่ทางครึ่งหน้าของเบ้าตาและยื่นพ้นขอบของเบ้าตาออกมาข้างหน้าเล็กน้อย ส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้อตาและไขมันจะอยู่ในครึ่งหลังของเบ้าตา

ลูกตาประกอบด้วย concentric coats 3 ชั้น ได้แก่ [3]



ภาพที่ 1 ส่วนต่าง ๆ ของนัยน์ตา

---

[3] สมั่น สุขวัจน์, กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา เรียบเรียงและเพิ่มเติมโดย เดือนเพ็ญ ชาติกานนท์ (พิมพ์ครั้งที่ 5 ; พระนคร : มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์, 2509), หน้า 536 - 539.

1. Outer หรือ Fibrous tunic เป็นส่วนนอกสุด แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ก. Sclera หรือตาขาว ประกอบด้วยเยื่อที่เหนียว หนา และแข็งแรง เป็นส่วนที่ทำให้ลูกตาทรงรูปกลมอยู่ได้ และป้องกันส่วนละเอียดที่อยู่ภายใน ด้านนอกของ Sclera เรียบเกลี้ยง มีสีขาว และทึบแสง ที่เบื้องหลังมีประสาทตาหอดทะลุเข้ามา ส่วนด้านในเป็นสีน้ำตาล

ข. Cornea หรือกระจกตา ประกอบด้วยเยื่อที่เหนียว หนา และแข็งแรงเหมือน Sclera นอกจากไม่มีสีและใสเหมือนแก้ว เป็นส่วนที่ให้แสงสว่างผ่านเข้าไปในลูกตา

2. Middle หรือ Vascular tunic เป็นชั้นกลาง ประกอบด้วย

ก. Iris หรือม่านตา อยู่ข้างหน้าเลนซ์และหลัง Cornea ส่วนขอบยึดติดกับ Ciliary processes ส่วนกลางของ Iris ลอยอยู่เฉย ๆ Iris นี้มีลักษณะแบน ๆ คล้ายสตางค์ ตรงกลางมีรูกลมเรียกว่า Pupils หรือช่องตาดำ สำหรับให้แสงสว่างผ่านเข้าไปในลูกตาได้ สีของตาของคนเราขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของ pigment cells ที่อยู่ใน Iris ถ้ามี pigment น้อย หรือไม่มีเลยตาจะมีสีฟ้า ถ้ามี pigment มากตาจะมีสีน้ำตาล หรือสีดำ ม่านตามีประโยชน์สำหรับควบคุมขนาดของช่องตาดำ เพื่อให้แสงสว่างเข้ามากหรือน้อยตามต้องการ โดยการหย่อนตัวหรือหดตัวของกล้ามเนื้อ 2 พวก ซึ่งจะทำให้ขนาดของช่องตาดำเปลี่ยนแปลงไป เมื่อตาดูของใกล้หรือรับแสงสว่างมากเกินไป กล้ามเนื้อ sphincter จะหดตัว และทำให้ขนาดของช่องตาดำเล็กลง เมื่อดูของไกลหรือแสงสว่างมีน้อย กล้ามเนื้อ dilator จะหดตัว ทำให้ขนาดของช่องตาดำโตขึ้น

ข. Ciliary body เป็นก้อนเนื้อที่อยู่ระหว่าง Iris กับ Choroid

ค. Choroid เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ สีน้ำตาลที่ตาดอยู่ที่ชั้นในของ Sclera ระหว่างชั้น sclera กับ retina หลอดโลหิตและ pigment cells อยู่มากมาย ซึ่งทำให้ Choroid นี้ดำและทึบแสง จึงทำให้ภายในของตามืดโดยป้องกันการสะท้อนของแสง

3. Retina หรือ Nervous tunic เป็นชั้นในสุดของลูกตา เป็นเนื้อเยื่อละเอียดอ่อนและนุ่ม มีประสาทตาแผ่กระจายอยู่ทั่วไป แยกออกได้เป็นสองชั้น ชั้นนอกเป็น

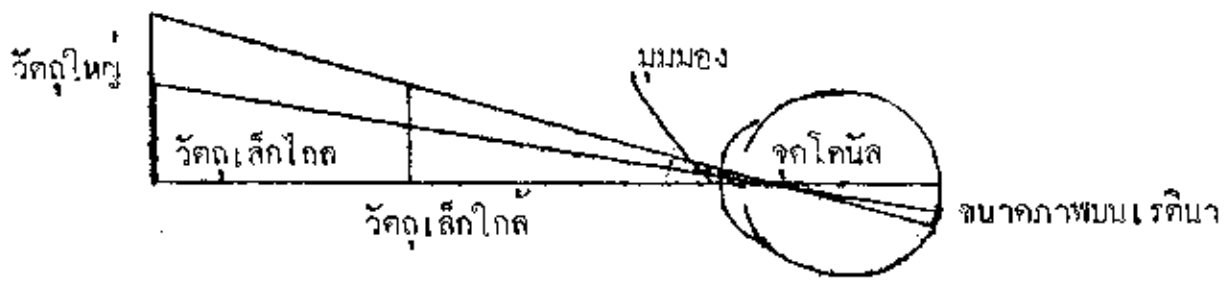
pigmented layer อยู่ติดกับ choriod ชั้นในเป็น nervous layer ซึ่งบุด้านในของลูกตาไปข้างหน้าเป็นริมหยัก ข้างหลังต่อ ciliary body เรียกว่า ora serrata ของเรตินา แต่ชั้น pigmented layer บุติดต่อเลยไปยังด้านหลังของ ciliary body และ Iris ด้วย ดังนั้น ส่วนของ retina ซึ่งอยู่หลังต่อ ora serrata จึงเรียกว่า optic part of retina และส่วนของเรตินาซึ่งอยู่หน้าต่อ ora serrata จึงเรียกว่า ciliary part of retina ที่ชั้นนี้มีเซลล์ประสาท เยื่อประสาท และปลายประสาทที่จะคอยรับแสงได้โดยมี cell bodies และ processes ต่าง ๆ เรียงซ้อนกันอยู่ 7 ชั้น ชั้นที่สำคัญที่สุดคือชั้นที่ประกอบด้วย Rod cells และ Cone cells ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับปลายประสาทสำหรับรับแสงสว่างไปสู่ประสาทตา (optic nerve) ที่ทอดทะลุไปติดต่อกับสมอง

ที่เรตินานี้มีจุด ๆ หนึ่งเรียกว่า Yellow spot หรือ Macula lutea เป็นรูปไข่สีเหลืองเล็ก ๆ ตั้งอยู่ตรงกลางของเรตินา จุดกลางของ yellow spot นี้มีแอ่งเล็ก ๆ เรียกว่า Fovea Centralis ซึ่งเป็นศูนย์กลางของการมองเห็น (direct vision) มี cone cells มาก แต่ไม่มี rod cells เลย ในการอ่านหนังสือลูกตาจะเคลื่อนไปมาเพื่อให้แสงที่ส่องไปยังตัวหนังสือแต่ละคำนั้นพุ่งตรงไปตกที่ตรงกลางของ fovea centralis

การเห็นชัดและการวัดการเห็นชัด

เมื่อตามองดูสิ่งใดก็ตาม แสงจากสิ่งนั้นจะผ่านกระจกตา ม่านตา เลนซ์ และสิ่งอื่น ๆ ไปจนทะลุถึง rod และ cone cells ของเรตินาไปกระตุ้นประสาทขั้น และไปที่ประสาทตาและส่งต่อไปจนถึง visual center ซึ่งอยู่ใน occipital lobes ของ cerebrum แล้วสมองก็จะแปลการกระตุ้นนั้นเป็นความรู้สึกเห็น แสงที่มาจากวัตถุนั้นเมื่อตกกระทบแก้วตาก็จะถูกหักเหไปรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง เรียกว่า จุดโนดัล (nodal point) และจะไปปรากฏเป็นภาพหัวกลับที่เรตินา ซึ่งเรียกว่า retinal image ขนาดของภาพบนเรตินานี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและระยะทางของวัตถุที่อยู่ห่างจากนัยน์ตา วัตถุยิ่งอยู่ไกล ภาพที่ปรากฏ

บนเรตินาจะยิ่งเล็ก [4] ขนาดของภาพบนเรตินาจะเป็นตัวกำหนดความรู้สึกในเรื่องขนาดของวัตถุที่มองเห็น ถ้าภาพยิ่งเล็กเท่าไร ขนาดของวัตถุที่รับรู้นั้นจะยิ่งเล็กลงเท่านั้น ภาพบนเรตินาของวัตถุที่อยู่ไกลตาจะเล็กกว่าภาพบนเรตินาของวัตถุเดิมที่อยู่ใกล้เข้ามา



ภาพที่ 2 ขนาดวัตถุ ระยะ ขนาดภาพ และมุมมอง

การที่แสงมารวมกันที่จุดโนดัลนี้ทำให้เกิดมุมซึ่งรองรับภาพขึ้น เราเรียกว่า มุมมอง (visual angle) และโดยการนำไปรวมกับองค์ประกอบอีกสองอย่างคือ ขนาดและระยะทางเราก็สามารถที่จะกำหนดมุมมองที่เล็กที่สุด ซึ่งก็คือภาพที่เล็กที่สุดบนเรตินาที่เราสามารถจะมองเห็นได้ [5] และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า คนที่มีนัยน์ตาปกติจะมีมุมมองที่เล็กที่สุดเป็น 1 ลิบดา ซึ่งค่านี้ได้มาจากการคำนวณว่าเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของโคนที่จุดโฟเวีย (fovea retinal cone) [6] ทั้งนี้ เป็นที่ยอมรับมาแต่สมัยก่อนแล้วว่า การที่จะเห็นดาวสองดวงได้

---

[4] Harold G. Scheie, Daniel M. Albert, Adler's Textbook of Ophthalmology (8th ed.; Philadelphia : W.B. Saunders Company, 1969), p. 408.

[5] Francis Heed Adler, Textbook of Ophthalmology (7th. ed.; Philadelphia : W.B. Saunders Company, 1962), p. 55.

[6] Parrish, op.cit., p. 105.

อย่างชัดเจนนั้น ภาพของดาวทั้งสองจะต้องแยกจากกันเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของโคนเซลล์หนึ่ง ๆ โดยสมมติว่า เมื่อภาพนั้นใหญ่พอที่จะครอบคลุมโคนเซลล์หนึ่งแล้วยังถึงอีกโคนหนึ่ง แล้วจุดสองจุดจะเห็นแยกเป็นสองจุดได้ แต่จากการวัดด้วยเครื่องจุลทัศน์แบบใหม่ ๆ พบว่าขนาดของเซลล์โคนนี้ตั้งแต่ 0.0015 ถึง 0.0036 มม.[7] ซึ่งจะให้มุมที่เล็กกว่า 1 ลิบดา ตามทฤษฎีเช่นนี้มุมที่เล็กที่สุดจะเท่ากับ 24 พิลิบดา (seconds)[8] แต่ในทางปฏิบัติน้อยคนที่จะเห็นวัตถุในมุมเท่านี้ได้ จึงได้ยอมรับมุมมองที่เล็กที่สุดที่ลูกตาสามารถเห็นเท่ากับ 1 ลิบดา นั้นว่าเป็น Standard visual acuity[9]

ในการที่จะมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ของวัตถุจะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบพื้นฐาน 4 อย่าง ได้แก่ ขนาด ความคัดกันของวัตถุ ความกระจ่างของวัตถุ และเวลาหรือความเร็วในการมอง[10]

1. ขนาดของวัตถุจะขึ้นอยู่กับภาพบนเรตินา ซึ่งเกี่ยวข้องกับขนาดของวัตถุจริง ๆ กับระยะทางจากวัตถุมายังตา เสาโทรเลขถึงจะใหญ่เพียงไรจะดูเล็กมากเมื่อมองดูจากที่ไกล ๆ ขนาดภาพของวัตถุที่ได้รับยิ่งใหญ่เท่าไร การมองเห็นก็ดีและง่ายยิ่งขึ้นเท่านั้น

2. การคัดกันระหว่างวัตถุกับพื้นหลังเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการมองเห็น[11] ภาพที่มีความคัดกันสูงจะทำให้มองเห็นชัดได้ดีกว่าภาพที่มีความคัดกันน้อย

---

[7] Ibid.

[8] Stewart Duke-Elder, Textbook of Ophthalmology, Vol. 2 (London : Henry Kimpton, 1938), p. 1194.

[9] Sölve Stenström, Optics and the Eye (Halmstad; Sweden : Meijels Bokindustri, 1964), p. 111.

[10] Joseph F. Novak, "Making the Job Easier and Safer to See, "Industrial and Traumatic Ophthalmology Symposium of the New Orleans Academy of Ophthalmology, (Saint Louise : The C.V. Mosby Company, 1964), p. 35.

[11] Stenström, loc. cit.

3. ความกระจ่างของวัตถุ คือปริมาณของแสงสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ ความกระจ่างเป็นผลจากการรวมกันขององค์ประกอบการสะท้อนของพื้นผิววัตถุและความเข้มแห่งการส่องสว่าง [12] ความกระจ่างของวัตถุที่แตกต่างจากสิ่งที่อยู่รอบ ๆ มีผลต่อการมองเห็นได้ สีที่แตกต่างกันซึ่งให้การสะท้อนของแสงแตกต่างกันจะทำให้เกิดความแตกต่างกันในความกระจ่างของวัตถุได้

4. การมองต้องใช้เวลาเพียงพอ ความเคลื่อนไหวของวัตถุมีส่วนอย่างมากในการมองเห็น วงล้อที่หมุนอย่างรวดเร็ว ซี่ล้อจะดูพร่าไปหมด แต่ถ้าหมุนช้าลงจะเห็นซี่ล้อชัดขึ้น

มีองค์ประกอบหลายอย่างที่เป็นตัวกำหนดถึงประสิทธิภาพหรือกำลังของนัยน์ตา เช่น ความเข้มแห่งการส่องสว่าง ความคัดค้านของวัตถุ เวลาในการมองดู และคุณสมบัติของนัยน์ตาเอง [13]

การทดสอบสายตาที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไปมักจะใช้แบบการทดสอบของ

1. Betts Ready to Read Tests เป็นเครื่องมือการทดสอบที่ประกอบด้วยสไลด์สามมิติ (Stereoscopic Slide) จำนวน 10 ชุด และมีเครื่องมือดูที่เรียกว่า Telebinocular [14]

2. การทดสอบด้วย Snell Test Chart เป็นแบบการทดสอบที่ออกแบบโดยศาสตราจารย์ Herman Snellen แห่งมหาวิทยาลัย Utrecht Holland เมื่อปี 1962 ซึ่งเป็นบุคคลที่เริ่มใช้มาตรฐานการวัดความชัดเจนของภาพที่มองเห็น โดยใช้หลักของการวัดภาพที่เล็กที่สุดบนเรตินาที่สามารถทำให้ประสาทตาเกิดความรู้สึกเห็นเป็นภาพนั้น ๆ ได้ [15] เครื่องมือของ Snell Test นี้เป็นแผนภูมิที่มีตัวอักษรขนาดต่าง ๆ กัน 11 แถว ตัวอักษร

---

[12] Matthew Luckiesh, "Test Charts Representing a Variety of Activities," American Journal of Ophthalmology, 27 : 270 (1944).

[13] Stenstrom, loc. cit.

[14] Our Wonderful World, Vol. 7, p. 49.

[15] Stewart Duke-Elder, and Others, The Foundation of Ophthalmology (London : Henry Kimpton, 1962), p. 387.

ที่เล็กที่สุดอยู่แถวล่าง เหนืออักษรแต่ละแถวจะมีระยะที่อักษรควรจะอ่านได้กำกับไว้ การบอกประสิทธิภาพของตาจะบอกความชัดของสายตาออกมาเป็นเลขเศษส่วน คำนวณได้จากสูตร [16]

$$V = \frac{d}{D}$$

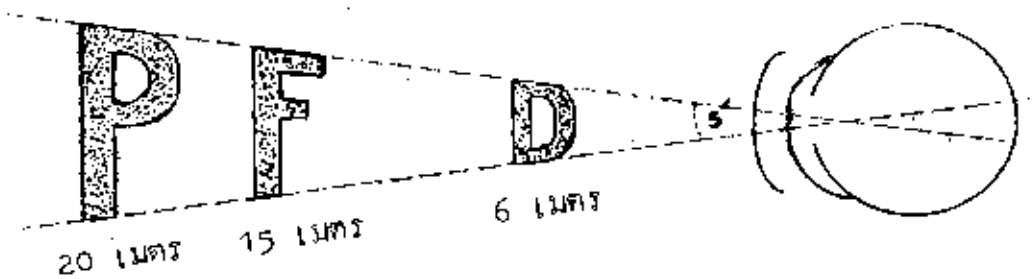
เมื่อ V = Visual acuity

d = ระยะทางที่ผู้ทดสอบห่างจากแผนภูมิ

D = ระยะทางที่อักษรแถวนั้นควรจะอ่านได้

ในการทดสอบจะให้อ่านอักษรแถวบนซึ่งเป็นขนาดที่ใหญ่ที่สุดที่ละแถวเรียงลงมา การที่จะบอกว่าอักษรแถวใดที่สามารถมองเห็นได้นั้น จะตัดสินแถวเล็กที่สุดที่อักษรส่วนมากสามารถอ่านออกได้ [17] เช่น ในอักษรแถวที่ 5 มีอักษรอยู่ 5 ตัว ถ้าผู้ทดสอบสามารถอ่านได้ 3 ตัว ก็จะบอกว่าผู้ทดสอบสามารถเห็นอักษรแถวนี้ได้ แต่ก็จะเขียน -2 ซึ่งอ่านไม่ออกติดลงไปด้วย

อักษรขนาดต่าง ๆ ในแต่ละแถวนั้นสร้างขึ้นจากข้อค้นพบว่า ตัวอักษรซึ่งมีส่วนประกอบรองรับส่วนโค้งของมุม 1 ลิบดา และตัวอักษรทั้งหมดรองรับส่วนโค้งของมุม 5 ลิบดา เป็นขนาดตัวอักษรที่คนสายตาปกติโดยเฉลี่ยสามารถอ่านออกได้ [18]



ภาพที่ 3 มุมมองของตัวอักษรเล็กที่สุด 5 ลิบดา

---

[16] Ibid.

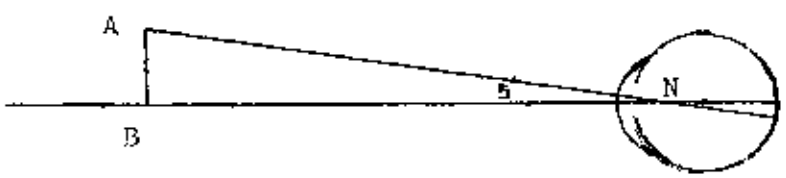
[17] Adler, loc. cit.

[18] Ibid.

ตัวอักษรในแบบวัดการมองเห็นของ Snellen บรรจุในช่องสี่เหลี่ยมจตุรัสใหญ่ ซึ่งทำมุมบอง 5 ลิบดา ด้านหนึ่ง ๆ ของสี่เหลี่ยมจตุรัสนี้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเส้นของตัวอักษรซึ่งทำมุม 1 ลิบดา

ภาพที่ 4 ตัวอักษรใน Snellen Chart

ขนาดของตัวอักษรอาจจะคำนวณได้ดังนี้ [19]



ภาพที่ 5 ระยะและมุมมองในการหาขนาดวัตถุ

ตัวอักษร AB ทำมุม 5′ ที่จุดโหนัลในลูกตา

$AB/BN = \tan 5' = 0.001454$

$AB = 0.001454\ BN$

ถ้า $BN = 18$ เมตร $= 18000$ มม.

$AB = 0.001454 \times 18000$ มม.

$= 26.172$ มม.

---

[19] เลิศ วิริยะพานิช, เรื่องเดิม, หน้า 376.

ถ้า BN = 6 เมตร = 6000 มม.

AB = 0.001454 × 6000 มม.

= 8.724 มม.

ดังนั้น ถ้าระยะตู 18 เมตร กับ 6 เมตร ขนาดของตัวอักษรจะบรรจุอยู่ในช่องสี่เหลี่ยมจตุรัส กว้าง 26.172 มม. และ 8.724 มม. ตามลำดับ แต่เวลาทำจริง ๆ อาจไม่ใช้ค่าตรงนัก อาจใหญ่หรือเล็กกว่าเล็กน้อยก็ได้แล้วแต่เหมาะสม

ในประเทศไทยมีการจัดทำตัวอักษรไทยให้เข้าแบบ Snellen อยู่หลายแบบ มีแบบหนึ่งที่ นายแพทย์เหรียญ ชุติชูเดช เป็นผู้ออกแบบ โดยมีจุดประสงค์เพื่อวัดการมองเห็นของนักเรียน ปรากฏว่าเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายมาก นอกจากนี้ยังมีอีกแบบที่ออกแบบโดยนายแพทย์เลิศ วิริยะพานิช แห่งโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ดังมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้ [20]

1. ขนาดตัวอักษรและเส้นอักษรใช้หลักการคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณหาขนาดตัวอักษรของ Snellen (ดังภาพที่ 5)

2. การเลือกตัวอักษร เลือกใช้แต่ตัวอักษรที่เขียนให้เต็มชัดได้ง่าย ซึ่งมีจำนวน 11 ตัว ได้แก่ ก ค ล ภ ถ ย ง ม จ ว อ ส่วนอักษรที่เหลือไม่ใช้ อาจเนื่องจากเป็นตัวอักษรที่มีหางขึ้นข้างบนหรือมีหางลงข้างล่าง เป็นประเภทตัวสูงเรียว หรือมีขนาดกว้างกว่าธรรมดา เป็นตัวมีฯยักหรือยากต่อการประดิษฐ์ เป็นต้น

3. รูปร่างของตัวอักษรไทย มีปัญหาดังนี้

ก. ลักษณะของตัวอักษรไทยเป็นเส้นเดี่ยว บางก็เป็นรูปสี่เหลี่ยม บางก็เป็นรูปไข่ บางตอนเป็นตรง บางตอนมีหัว จึงทำให้ยากแก่การบรรจุลงในรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส

ข. อักษรไทยมักเขียนเป็นตัวสูง ๆ มากกว่าตัวสี่เหลี่ยมจตุรัส

ค. ตัวอักษรไทยมักจะมีหัวและมีรูอยู่ตรงกลาง ซึ่งเป็นปัญหาในการออกแบบเพราะไม่สามารถทำเป็นวงกลมและมีรูตรงกลางได้ นอกจากนั้นตัวอักษรบางตัวมีขมวดด้วย เช่น ตัว ม ซึ่งก็ไม่สามารถทำรูตรงกลางได้

---

[20] เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน

4. จำนวนของตัวอักษรในแต่ละบันทัด เพื่อความสะดวกในการเขียนและสะดวกในการจำ จึงจัดให้บันทัดที่ 1 เป็นตัวใหญ่สุด มีตัวหนังสืออยู่เพียงตัวเดียว บันทัดที่ 2 มี 2 ตัวอักษร เป็นต้น

5. ช่องไฟระหว่างตัวอักษร บันทัดที่มีหลายตัวช่องไฟห่างพอสมควร เวลามองในระยะไกลจะได้เห็นเป็นตัว ๆ ไม่ติดกันเป็นคำเดียว

อย่างไรก็ตาม แบบการวัดสายตาแบบนี้ยังไม่แพร่หลายเหมือนแบบแรกซึ่งใช้กันมานานแล้ว

ในโรงเรียนการใช้สายตาเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เพราะการเรียนของเด็กจะดีหรือจะเลวอยู่ที่การมีสายตาดี สามารถมองเห็นทุกสิ่งทุกอย่างที่ครูเขียนให้ครู และแลเห็นสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้อย่างชัดเจน [21]

พัฒนาการทางสายตาของเด็ก

วัยเด็กเป็นวัยที่เจริญเติบโต อวัยวะของเด็กเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ลูกตาของเด็กก็เช่นเดียวกันจะค่อย ๆ เจริญขึ้นตามวัยของเด็ก จึงทำให้สายตาของเด็กค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับลูกตาและสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงนี้จะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เกิดจนกระทั่งอายุประมาณ 25 ปี [22] จากการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางตาของมนุษย์ตั้งแต่ระยะแรกเกิดถึงก่อนเข้าโรงเรียน ปรากฏว่า ถึงแม้นัยน์ตาของเด็กแรกเกิดจะ

---

[21] สมลักษณ์ หิตะศักดิ์, "สุขศึกษาภาคปฏิบัติในโรงเรียนการตรวจสอบสายตา," ศูนย์ศึกษา, 17 : 5 - 10 มิ.ย. (2498).

[22] สาราญ วังสพ่าห์, "สาเหตุตาบอดในเด็กวัยเรียน," การถนอมนัยน์ตาในวัยเรียน, (พระนคร : มูลนิธิเพื่อการถนอมสายตาและป้องกันตาบอดแห่งประเทศไทย, 2508), หน้า 23.

มีรูปร่างลักษณะสมบูรณ์เช่นเดียวกับของผู้ใหญ่ก็ตาม แต่ยังมีประสิทธิภาพไม่เหมือนกัน ซึ่งเกิดจากพวกประสาทและกล้ามเนื้อตายังไม่เจริญเต็มที่ นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กในระดับประถมปีที่หนึ่งมีเปอร์เซนต์ของอาการสายตายาวซึ่งเป็นมาแต่เล็ก ๆ นั้นสูง

พัฒนาการของสายตาของเด็กในวัยเรียน [23]

เด็กอายุ 6 ปี นัยน์ตาของเด็กยังไม่เจริญเต็มที่ จะเพ่งสายตาจับจ้องที่จุดใดจุดหนึ่งไม่ได้นาน ระยะนี้เป็นตอนที่เด็กต้องเรียนรู้การปรับสายตาใหม่ ๆ อีกหลายประการ เช่น ต้องหัดใช้สายตาในระยะใกล้ให้ได้นานขึ้น เด็กในวัยนี้ถ้าต้องเพ่งดูของเล็ก ๆ หรือดูรายละเอียดปลีกย่อยของตัวหนังสือเล็ก ๆ มักจะเกิดอาการมองเห็นไม่ชัดและปวดหัว แต่จะมองเห็นภาพหรือของใหญ่ ๆ ได้ชัดเจน

เด็กอายุ 7 ปีจะมีความแม่นยำในการใช้ตามากขึ้น สามารถเพ่งสายตาจับที่จุดต่าง ๆ ได้ดีขึ้น

อายุ 8 ปี อวัยวะตาของเด็กวัยนี้จะเจริญมากขึ้น พร้อมที่จะมองได้ดีทั้งใกล้และไกล

อายุ 9 ปี เป็นวัยที่เริ่มใช้ตาได้ดี ไม่เหนื่อยง่าย ทำงานละเอียด ๆ ได้ เพราะสามารถควบคุมสายตาและปรับระยะการมองได้ดีแล้ว และจากระยะนี้ไปถือว่าตาของเด็กเจริญเต็มที่เท่าผู้ใหญ่แล้ว

ในเรื่องเกี่ยวกับพัฒนาการของเด็กนี้ Vernon [24] ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเสนอการแยกแยะถึงข้อค้นพบการทดลองในเรื่องเกี่ยวกับการรับรู้ของเด็กว่าเป็นอย่างไร ผลที่ได้ปรากฏว่า การพัฒนาการทางรับรู้ทั้งในทางมองเห็นและทางได้ยินนั้นเป็นในลักษณะที่คืบตัวมากกว่าเฉื่อยชา เด็กจะสนใจข้อสนเทศต่าง ๆ จากโลกภายนอกเพราะว่า

---

[23] ประสาร มาลากุล, เรื่องเดิม, หน้า 49 - 50.

[24] M.D. Vernon, "The Development of Perception in Children," Educational Research, 3 : 1 (1960), pp. 2 - 11.

เขาต้องการที่จะค้นหาและให้ได้มาถึงสิ่งที่เขาพอใจมากกว่าที่จะเกิดจากสิ่งที่เกิดขึ้นจากประสาทสัมผัสของเขา เขาจะค้นหาและเหนี่ยวนำผู้ใหญ่ให้เขาได้ถึงจุดมุ่งหมายและข้อสนเทศที่เขาต้องการ ความสามารถในการรับรู้และการให้เหตุผลจะเกิดจากการปรับปรุงโดยวุฒิภาวะทางธรรมชาติ แต่ก็ต้องการฝึกหัดและความสนับสนุนช่วยเหลือจากผู้ใหญ่ เด็กอาจได้จากการสอนในโรงเรียนก็ต่อเมื่อเขามีวุฒิภาวะดีพอแล้ว หรือเมื่อการสอนนี้ต้องตาต้องใจในสัญชาตญาณทางธรรมชาติของเขาเอง

C. Marrison [25] ได้ทำวิทยานิพนธ์เกี่ยวกับการทดสอบและวิเคราะห์ถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในการรับรู้ทางทัศนของนักเรียนในชั้นประถม โดยได้ตั้งจุดมุ่งหมายในการวิจัยไว้ว่า เพื่อแสดงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในความสามารถในการใช้ประสบการณ์ทางทัศน (visual experience) ของเด็กที่ใช้ในการติดต่อ และเพื่อทดสอบและวิเคราะห์ถึงผลของการแตกต่างดังกล่าวในความก้าวหน้าของเด็ก งานชิ้นนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยบันทึกแบบสอบถาม มีการทดลอง 4 อย่าง แต่ละอย่างได้บรรยายถึงจุดประสงค์ รายละเอียดในการสร้าง และวิธีการในการดำเนินการ แต่ละวิธีการทดลองมีการวิเคราะห์อย่างย่อ ๆ ด้วย

P. Fraisse และ A.M. Battro [26] ได้ศึกษาถึงพัฒนาการความสามารถในการรับรู้ทางทัศนเพื่อผลของเวลาในการดู (L évolution de la capacité d' apprehension en fonction du temps d' exposition) เมื่อปี ค.ศ. 1960 โดย

---

[25] C. Harrison, "An Examination and Analysis of Individual Differences in Visual Perception in Some Junior School Children," Thesis for M.Ed. Degree, University of Leicester, 1962.

[26] J.A. Harrison, European Research in Audio-Visual Aids Part II : Abstracts (London : Council for Cultural Co-operation of the Council of Europe, 1966), p. 74.

มีวัตถุประสงค์ที่จะวัดความสามารถในการเข้าใจตัวอักษรกับตัวเลข 2 จำนวน และตัวอักษร 3 ตัวที่ไม่มีความหมาย โดยใช้วิธีการ 2 วิธี และเปรียบเทียบผลที่ได้ เขาได้ทำการทดลองกับนักเรียนสองครั้ง ครั้งแรกศึกษาถึงขอบเขตของความรู้ตัว โดยการให้ช่วงเวลาการดูและวัสดุชนิดต่าง ๆ แต่ละชนิดโดยเริ่มจากบัตรคำซึ่งบรรจุด้วยคำที่ให้ขอสนเทศไว้ การทดลองที่สองศึกษาถึงความแปรเปลี่ยนของขอบเขตของความรู้ตัวที่สัมพันธ์กับช่วงของเวลาที่ให้ดู ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ความเจริญเติบโตของความสามารถของการรู้ตัวเพิ่มขึ้นกับช่วงของเวลาการดูของวัสดุ และความสามารถของการรู้ตัวเปลี่ยนแปรไปกับชนิดของวัสดุที่ใช้ วัสดุยิ่งซับซ้อนมาก ความสามารถในการรู้ตัวยิ่งน้อยลง และเป็นจริงกับทุกช่วงของการดู

ตัวอักษรและความอ่านออกได้

ตัวอักษรเป็นสัญญลักษณ์ที่กำหนดขึ้นตามความเหมาะใจที่ใช้แทนเสียงคำพูด ประสิทธิภาพของการใช้แทนนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละคนภายหลังที่ได้เรียนรู้มาแล้ว [27] แบบของตัวอักษรสามารถที่จะแสดงออกซึ่งแนวความคิด ความรู้สึก การสะท้อนถึงความนิยม การแสดงออกซึ่งเทคนิคชั่วครั้งชั่วคราว และเป็นตัวแทนถึงคำพูด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ตัวอักษรเป็นงานทางด้านศิลปอย่างหนึ่ง [28] อย่างไรก็ตาม การเริ่มเขียนตัวอักษร สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึงคือ ความง่ายในการอ่าน (Ease of readability) [29] หรือความอ่านออกได้ (Legibility) การตกแต่งประดับประดาตัวอักษรเพื่อใช้ในโอกาสเฉพาะ เช่น ลักษณะตัวอักษรแบบ

---

[27] John R. Biggs, An Approach to Type (London : Blanford Press London, 1961), p. 14.

[28] John Lewis, John Brinkley, Graphic Design (London : Routledge and Kegan Paul, 1954), p. 56.

[29] Russell Laker, Anatomy of Lettering (London : Studio Vista Limited, 1965), p. 96.

เก่า ๆ ที่ใช้ในใบประกาศนียบัตร หรือตัวอักษรที่เขียนเป็นรูปแบบคล้ายตัวอักษรญี่ปุ่น เพื่อให้เกิดบรรยากาศเช่นนั้นอาจจะทำได้บ้าง แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงลักษณะตัวอักษรที่สามารถอ่านออกได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ความสวยงามและความอ่านออกได้นั้นไม่สามารถจะแยกออกจากกันได้ เพราะถ้าไม่มีความสวยงามแล้วตัวอักษรก็จะอ่านออกไม่ได้ [30]

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้ตัวอักษรอ่านออกได้ง่าย ได้แก่ [31]

1. ลักษณะหรือแบบของตัวอักษร

คนเราจะสามารถจำในสิ่งที่คุ้นเคยมากที่สุด ตัวอักษรที่เราคุ้นเคยมากก็จะอ่านได้ง่ายกว่ารูปแบบที่ไม่ค่อยจะได้พบบ่อยนัก ดังนั้น แบบของตัวอักษรจึงควรเป็นแบบที่ธรรมดาง่าย ๆ ที่สุดที่มักจะพบเห็นอย่างเสมอ ๆ Thomas A. Koskey [32] ได้เสนอแนะถึงตัวอักษรที่ใช้ในการทำกระดานป้ายนิเทศว่า ความง่าย ๆ เป็นสิ่งที่สำคัญมาก ตัวอักษรที่เป็นแบบเรียบ ๆ นั้นนักจะเสนอในสิ่งที่ต้องการได้ง่าย และง่ายในการจัดทำอีกด้วย

2. ความตัดกันของสีของตัวอักษรกับสีของพื้นหลัง หรือความกระจ่างของตัวอักษรนั่นเอง อักษรจะเห็นได้ชัดมากที่สุดถ้าสีทั้งสองตัดกันมาก เช่น ตัวอักษรดำบนพื้นสีขาว แต่ในแง่ของการเรียนรู้ได้มีการค้นพบว่า อักษรสีน้ำเงินและอักษรสีเขียวบนพื้นสีขาวทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าอักษรสีดำบนพื้นสีขาว อักษรสีน้ำเงินและสีเขียวทำให้เกิดการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน อักษรที่มีสีหลายสีทำให้นักเรียนมีความสามารถในการรับรู้ได้ไม่ดีเท่าอักษรที่มีเพียงสีเดียว [33]

---

[30] Biggs, loc. cit.

[31] Martha F. Meeks, Lettering Techniques (Texas : The Visual Instruction Bureau, Division of Extension, The University of Texas, 1956), p. 7.

[32] Thomas A. Koskey, Baited Bulletin Boards (14th. ed. ; California : Fearon Publishers, 1956), p. 5.

[33] วรรณี แย้มประทุม, "การศึกษาเปรียบเทียบผลทางการเรียนรู้ของการใช้อักษรสีน้ำเงิน อักษรสีเขียว อักษรสีดำบนพื้นสีขาว กับนักเรียนที่จบชั้นประถมปีที่ ๑," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2513.

3. ช่องไฟของตัวอักษร มีส่วนที่จะทำให้ตัวอักษรอ่านได้ง่ายและชัดเจน

กมล สุดประเสริฐ [34] ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับขนาดตัวหนังสือ ช่องไฟ และทักษะในการอ่าน ตั้งมีใจความสำคัญดังนี้คือ การทดลองได้ใช้เด็กประชาบาลชั้นประถมปีที่ 4 จำนวน 1367 คน อ่านบทความทดสอบ 2 เรื่อง แต่ละเรื่องมีความยาว 3200 พยางค์ พิมพ์ด้วยตัวอักษร 2 ขนาด แต่ละขนาดแยกออกเป็นประเภทแยกคำ และไม่แยกคำ ตัวเหลี่ยมแยกคำและไม่แยกคำ และได้แบ่งเด็กทดสอบออกเป็น 8 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้อ่านบทความทดสอบในลักษณะเหมือนกัน คือ อ่านบทความทดสอบ 2 เรื่อง ตัวอักษร 2 แบบและ 2 ประเภท การทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์ผลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Factorial Design ได้ผลดังนี้คือ เด็ก ป.4 ทุกกลุ่มอ่านได้อัตราเร็วเฉลี่ย 138 พยางค์ต่อนาที ข้อความทั้งสองมีความยากง่ายต่างกัน เด็กอ่านตัวพิมพ์เหลี่ยมได้เร็วกว่าตัวกลางบาง ส่วนบทความประเภทเว้นระยะระหว่างคำได้เข้าใจดีกว่าที่พิมพ์ติดกันเป็นพืด และอ่านบทความที่พิมพ์แบบตัวบางได้เข้าใจดีกว่าแบบตัวเหลี่ยม

4. ขนาดของตัวอักษรเป็นสิ่งสำคัญที่เห็นได้ชัดเจนว่า มีส่วนทำให้ตัวอักษรมีความน่าอ่านและอ่านออกได้ John R. Biggs [35] ได้เสนอแนะในการออกแบบตัวพิมพ์ไว้ว่า ขนาดของตัวอักษรนั้นควรจะมีสัดส่วนที่แน่นอนและเป็นจริงระหว่างความกว้าง ความสูง และความหนาของเส้น เส้นที่บางเกินไปจะทำให้มองได้ไม่เห็นชัด เส้นที่หนาเกินไปก็จะทำให้ตัวอักษรดูดำเกินไป ความกว้างของตัวอักษรขนาดต่าง ๆ เป็นสิ่งสำคัญมากในการมองเห็นและเป็นสิ่งที่ช่วยให้เกิดความน่าอ่าน แนวโน้มของความกว้างของตัวอักษรที่เท่า ๆ กันเป็นแบบเดียวกันหมด ทำให้ตัวอักษรดูสวยงามและอ่านง่าย ดังนั้น ในการออกแบบอักษรขนาดต่าง ๆ กันจึงควรที่จะมีการขยายตามสัดส่วนที่แน่นอนของตัวอักษร

---

[34] กมล สุดประเสริฐ, "ขนาดตัวหนังสือ ช่องไฟ และทักษะในการอ่าน," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2505.

[35] Biggs, op.cit., pp. 15 - 16.

เปรื่อง กุมุท [36] ได้เสนอแนะว่า การที่จะใช้อักษรแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อเรื่องที่เราต้องการแสดงและสภาพของอุปกรณ์ ส่วนขนาดของตัวอักษรนั้นก็ควรให้โตพอที่จะอ่านได้ง่าย และรับกับเนื้อเรื่องหรือชนิดของอุปกรณ์ที่มันประกอบ ในเรื่องขนาดตัวอักษรไม่ว่าจะใช้กับวัสดุใดก็ตามเขาได้ให้กฎกลาง ๆ ไว้ดังนี้

ระยะทางที่ดูเป็นหุด	ส่วนสูงของตัวอักษรเป็นนิ้ว
64 (= 19.51 เมตร)	2 (= 3.80 ซม.)
32 (= 9.75 ")	1 (= 2.54 ")
16 (= 4.88 ")	$\frac{1}{2}$ (= 1.27 ")
8 (= 2.44 ")	$\frac{1}{4}$ (= 0.64 ")

นอกจากนั้นเขายังได้กล่าวต่อไปว่า ขนาดตัวอักษรและตัวเลขที่ใช้ในแผนภูมินั้นโดยปกติมี 2 ขนาด คือ หัวเรื่อง ซึ่งควรใช้ตัวโตเล็กน้อย และส่วนที่ใช้อธิบายก็อาจเล็กลงมา อักษรที่ใช้ก็ควรเป็นแบบตัวบรรจงที่ใช้สีเดียวเท่านั้น

บัตรคำ แผนภูมิ และแผนภาพ

ตัวอักษรที่ใช้ในบัตรคำมี 2 ขนาด [37] คือ ขนาดเล็กที่ใช้กับกลุ่มเล็ก ๆ กับอักษรขนาดใหญ่พอที่จะเห็นได้ง่ายจากหลังห้องเรียน ซึ่งในกรณีเช่นนี้บัตรคำจะใช้กระดาษหน้าขาวหลังเทา ตัวอักษรควรเป็นแบบตัวพิมพ์ที่ใช้กับหนังสือชั้นต้น ๆ อักษรตัวพิมพ์เล็กควรสูงไม่ต่ำกว่า $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง $1\frac{3}{4}$ นิ้ว เส้นอักษรหนา $\frac{3}{16}$ นิ้ว ถึง $\frac{1}{4}$ นิ้ว โดยเขียนอยู่กลางบัตร

---

[36] เปรื่อง กุมุท, "เทคนิคในการประดิษฐ์อักษรสำหรับใช้กับอุปกรณ์การสอน," วารสารอุปกรณ์การศึกษา, 5 (ก.ย. - ต.ค. 2505), หน้า 67 - 74.

[37] B. Answick Gilroy, A Handbook on the Teaching of Reading (London : Longmans, Green and Co., Ltd., 1962), p. 9.

สำหรับตัวอักษรที่ใช้ในแผนภูมิ Herbert E. Scruorzo [38] ได้แนะนำว่า การเขียนแผนภูมินั้นควรจะตรวจสอบขนาดตัวอักษรที่สามารถมองเห็นได้ในระยะไกลสุดเท่าที่ต้องการ ตัวอักษรที่ใหญ่เกินไปก็มักจะทำให้เกิดปัญหา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาในด้านการผลิต แต่ตัวอักษรที่เล็กเกินไปหรือผอมเกินไปก็จะทำให้แผนภูมินั้นเสียหายได้ นอกจากนี้เขายังได้เสนอแนะไว้ว่า น้ำหนักของตัวอักษรหรือความหนาของเส้นอักษรควรจะประมาณ $\frac{1}{6}$ ของความสูงของตัวอักษร และอัตราส่วนของความสูงต่อความกว้างของตัวอักษรโดยเฉลี่ยแล้วควรจะประมาณ 5 ต่อ 3

Gilbert G. Weaver และ Elroy W. Bollinger [39] ได้กล่าวถึงการทำแผนภูมิไว้ว่า ขนาดของแผนภูมิควรจะขึ้นอยู่กับเสภาพการณ์ที่จะใช้แผนภูมินั้น เช่นจำนวนคนที่จะดูในแต่ละครั้ง ระยะทางที่จะมองดู และธรรมชาติของวัสดุหรือเรื่องราวในนั้น ขนาดของแผนภูมิจะถูกต้องถ้าเรื่องราวในนั้นสามารถเห็นได้อย่างชัดเจนโดยคนที่นั่งอยู่ไกลสุด อย่างไรก็ตาม ขนาดความกว้างยาวของแผนภูมินั้นได้จัดทำตามขนาดหรือส่วนแบ่งของกระดาษที่ผลิตออกมาเป็นขนาดมาตรฐาน และได้เสนอแนะขนาดของแผนภูมิไว้ดังนี้

ระยะมองไกลสุด (เป็นฟุต)	ขนาดความกว้างยาว (เป็นนิ้ว)		
	มีรายละเอียด	เรื่องทั่ว ๆ ไป	ไม่มีรายละเอียด
10	22 x 28	20 x 24	17 x 22
25	28 x 44	22 x 28	20 x 24
45	36 x 48	28 x 44	22 x 28
75	40 x 60	30 x 40	28 x 44
150	60 x 80	48 x 72	40 x 60

Herbert E. Scruorzo, The Practical Audio-Visual Handbook for Teachers (West Nyack, New York : Parker Publishing Company, Inc., 1969), p. 157.

Gilbert G. Weaver, Elroy W. Bollinger, Visual Aids : Their Construction and Use (5th. ed., New York : D. Van Nostrand Company, Inc., 1957), pp. 130 - 162.

ในกรณีที่มีปัญหาหรือข้อสงสัยก็ควรทำให้ใหญ่ขึ้นจะปลอดภัยที่สุด ทั้งนี้ เพราะแผนภูมิที่ใหญ่เกินไปจะเปลืองเปล่าโดยใช่เหตุ แต่แผนภูมิที่เล็กเกินไปก็ไม่มีความหมายอะไรเลย

น้ำหนักของเส้นอักษรนั้น ถ้าแผนภูมินั้นใหญ่ขนาดใช้กับคนจำนวนถึง 25 หรือ 30 คนก็ควรจะหนาไม่น้อยกว่า $\frac{1}{8}$ นิ้ว แต่ถ้าให้ดีที่สุดควรประมาณ $\frac{1}{4}$ นิ้ว ความหนาของเส้นอักษรนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างในการมองด้วย ซึ่ง Weaver ได้เสนอแนะไว้ดังนี้

ระยะห่างในการมอง (เป็นฟุต)	น้ำหนักเส้นโดยเฉลี่ย (เป็นนิ้ว)
4 (= 1.22 เมตร))	$\frac{1}{32}$ (= 0.08 ซม.)
8 (= 2.44 ")	$\frac{1}{16}$ (= 0.16 ")
15 (= 4.57 ")	$\frac{1}{8}$ (= 0.32 ")
50 (=15.20 ")	$\frac{3}{16}$ (= 0.48 ")

สำหรับตัวอักษรที่ใช้ในแผนภูมินั้น ขนาด แบบ ช่องไฟ และการวัดส่วนเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง ขนาดตัวอักษรจะต้องใหญ่พอที่จะมองเห็นได้ง่ายและชัดเจนจากระยะไกลสุดที่ต้องการ จากประสบการณ์และการทดลอง Weaver และ Bollinger ได้วางกฎเกณฑ์เกี่ยวกับขนาดความสูงและน้ำหนักของเส้นอักษรที่เหมาะสม (เฉพาะอักษรแบบ Gothic สีดำบนพื้นสีขาว) ไว้เป็นมาตราอังกฤษ และได้เทียบเป็นมาตราเมตริกไว้ดังนี้

ระยะมองไกลสุด	ขนาดที่เหมาะสม (เป็น ซม.)		ขนาดเล็กที่สุด (เป็น ซม.)	
(เป็นเมตร)	สูง	น.น.เส้น	สูง	น.น.เส้น
0.91	0.31	0.08	0.24	0.04
2.44	0.79	0.16	0.48	0.08
4.57	1.27	0.24	0.96	0.16
7.60	1.91	0.31	1.27	0.24
15.20	3.18	0.48	2.22	0.38
30.40	5.08	0.79	3.81	0.64

ขนาดตัวอักษรเหล่านี้ใช้ได้สำหรับแบบ Gothic ซึ่งถือว่าเป็นแบบที่อ่านออกได้ดีที่สุด อักษรที่บีบแน่นหรือจายมากเกินไป น้ำหนักเส้นที่บางหรือหนาเกินไป และการตกแต่งกระดับประดาด้วยสีต่าง ๆ จะทำให้ตัวอักษรเสียความสวยงามและความง่ายอ่านไปได้

T.L. Green [40] ได้กล่าวถึงแผนภาพว่า แผนภาพนี้บางทีจะต้องมีคำอธิบายมากกว่าที่จะเขียนลงไปได้ทั้งหมด จึงอาจใช้เขียนด้วยระหัสต่าง ๆ ได้ ขนาดของภาพเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงภาพใหญ่อาจจะเปลือง แต่ใช้ได้กับคนจำนวนมาก ๆ ส่วนภาพเล็กนั้นก็ให้รายละเอียดได้น้อย สิ่งสำคัญที่สุดเป็นเรื่องเกี่ยวกับความอ่านออกได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับขนาดของตัวอักษร เส้นอักษรบางอาจดูออกได้ ถ้าเป็นอักษรทีละตัว แต่ถ้าเป็นคำแล้วจะไม่สามารถเห็นได้เลย

อย่างไรก็ตาม วิธีหาขนาดตัวอักษรที่ง่ายที่สุดก็คือ [41] การวางตัวอย่างตัวอักษรหรือคำที่ระยะไกลจนไม่สามารถมองเห็นได้ และค่อย ๆ เลื่อนใกล้เข้ามาจนกระทั่งสามารถอ่านออกได้ ระยะไกลสุดที่มองเห็นตัวอักษรเหล่านั้นก็จะถือเป็นการวัดความอ่านออกได้ของอักษรขนาดนั้น

ตัวอักษรที่ใช้เป็นอุปกรณ์นี้ในบางครั้งก็ยากที่จะกำหนดขนาดตัวอักษรตามจำเภอใจได้ เพราะในบางครั้งอาจจะมีที่สำหรับเขียนจำกัด C.S. Bridgman และ E.A. Wade [42] แห่ง University of Wisconsin ได้ทำการวิจัยถึงขนาดตัวอักษรที่เหมาะสมสำหรับที่ว่างที่จำกัดซึ่งได้กำหนดไว้ให้โดยได้มีการวิจัยการเห็นชัดของสิ่งพิมพ์ เพื่อผลในการ

---

[40] T.L. Green, The Visual Approach to Teaching (2nd. ed.; London : Oxford University Press, 1963), p. 179.

[41] Harold Ernest Burtt, Psychology of Advertising (Boston : Houghton Mifflin Company, 1938), p. 310.

[42] C.S. Bridgman, E.A. Wade, "Optimum Letter Size for a given Display Area," Journal of Applied Psychology, 40 : 6 (1956), pp. 378 - 380.

ออกแบบและเว้นระยะ ซึ่งจะมีปัญหาเกี่ยวข้องกันดังนี้คือ ถ้ากำหนดกรอบให้โดยมีขอบเป็นสีดำ จะต้องใช้ตัวอักษรมีขนาดใหญ่เท่าใดจึงจะมองเห็นได้ชัดที่สุด โดยที่คำนึงถึงทางด้านสุนทรียะและศิลปะ ซึ่งจะต้องมีขอบว่างระหว่างตัวอักษรกับพื้นที่ที่กำหนด ในกรณีเช่นนี้ตัวอักษรที่เล็กกว่าขนาดใหญ่ที่สุดที่เขียนในพื้นที่ว่างนั้นอาจจะให้ความอ่านได้ดีกว่า จึงได้มีการทดลองเพื่อที่จะสำรวจปัญหาในการใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่เป็นแถวเดี่ยว ๆ และจะได้ตั้งเป็นกฎเกณฑ์เพื่อการมองเห็นชัดนั่นเอง

เครื่องมือในการวัดความเห็นชัดนี้ได้ใช้เครื่องขยายภาพ 1 เครื่อง อุปกรณ์การทดสอบประกอบด้วยอักษร 5 แถว แถวละ 5 ตัวบนแผ่นสไลด์ เครื่องมือนี้จะมีสไลด์ทึบต่างหากอีกแผ่นหนึ่ง โดยมีกรอบในเพื่อควบคุมขนาดของแสงพื้นหลัง ซึ่งจะมีขนาดของตัวอักษรต่อกรอบในทางตั้งเป็น 3 อัตราส่วนดังนี้

ก.	1:1	ขนาดของกรอบสูงเท่ากับความสูงของตัวอักษร
ข.	1:1.4	ที่ว่างล่างและบนตัวอักษรเป็น $\frac{1}{5}$ ของตัวอักษร
ค.	1:5.5	ที่ว่างล่างและบนตัวอักษรเป็น 2.25 ของตัวอักษร

กรอบนี้จะถูกฉายไปพร้อมกับตัวอักษรด้วยอัตราขยายเท่ากัน ดังนั้น อัตราส่วนนี้จะคงที่อยู่ตลอดเวลา ทั้งระยะฉายและภาพจะห่างเท่ากันคือ 20 ฟุต โดยภาพขยายจะเป็น 5 เท่าของขนาดตัวอักษร

ในการทดสอบได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน แต่ละกลุ่มจะทดสอบกับระดับความเข้มของแสง 2 ระดับ (8.45 และ 0.084 mL.) และบริเวณที่ว่างบนและล่างของแถวอักษรอีก 3 สภาพดังกล่าว การให้บริเวณนี้เท่ากับความหนาของเส้นอักษรจะให้ค่าเฉลี่ยความชัดมากเกือบ 11% ของบริเวณที่ตัวอักษรติดกับกรอบ และถ้าให้บริเวณกว้างกว่านี้จะมากกว่าถึง 18-20% สัดส่วนนี้เพิ่มเกือบเท่า ๆ กันในทั้ง 2 ระดับความเข้มของแสง

อย่างไรก็ตาม จากการวิจัยนี้พบว่า การลดขนาดของตัวอักษรไม่สามารถที่จะทดแทนโดยการเพิ่มที่ว่างข้าง ๆ ได้ เมื่อที่ว่างจำกัดตัวอักษรก็ควรที่จะใหญ่ที่สุดจนถึงขนาดหนึ่งที่จะบรรจุลงไปในช่องว่างนั้นได้พอดี โดยเว้นขอบข้าง ๆ น้อยกว่าความหนาของเส้นอักษร เพื่อที่

จะสามารถอ่านออกได้ในระยะไกลสุด

อย่างไรก็ตาม การวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังได้กล่าวมาแล้วนั้นเป็นการวิจัยที่ได้กระทำในต่างประเทศ และยังไม่มีการวิจัยในเรื่องนี้โดยตรงที่เดียวนัก แต่ก็สามารถที่จะยึดเป็นแนวทางและแนวความคิดในการทำการวิจัยโดยอาศัยหลักพื้นฐานทางทฤษฎีต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วในการที่จะทำการศึกษาถึงขนาดตัวอักษรไทยที่ใช้เป็นอุปกรณ์การสอนในระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งยังไม่มีผู้กระทำมาก่อนได้บ้างพอสมควร.