



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
ทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุน (ว.1)
ประจำปีงบประมาณ 2558

แบบทดสอบสำหรับวัดสายตาโดยใช้ภาพไฮบริด
Visual acuity test using hybrid image

คณะผู้วิจัย

นางสาว พิรยา ศรีเพียร (หัวหน้าโครงการ)

นาย ชีระพงษ์ บุญหล้า

นาย ทวีศักดิ์ ยิ่งถาวรสุข

สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตร ฯ (มีเดีย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

เดือน กันยายน พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุนที่ได้รับการจัดสรรจากภาครัฐ และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย โครงการร่วมบริหารหลักสูตร ฯ (มีเดีย) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ และเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

พริยา ศรีเพียร

ธีระพงษ์ บุญหล้า

ทวีศักดิ์ ยิ่งถาวรสุข

คณะผู้วิจัย

26 กันยายน 2559

บทคัดย่อ

การตรวจวัดระดับสายตา เป็นกิจวัตรประจำสำหรับจักษุแพทย์ที่ใช้ในการตรวจสายตาทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็น การวัดสายตาในคนปกติทั่วไป โดยเฉพาะในประเทศไทยนั้นจะใช้แผ่นตัวอักษรหรือตัวเลข เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สเนลเลนชาร์ต (Snellen's chart) ที่เขียนเรียงกันลงมาเป็นแถว จากตัวบนสุดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เรียงลงมาแถวล่างสุด โดยขนาดของตัวอักษร หรือตัวเลขนั้นจะค่อย ๆ เล็กลงจนแถวสุดท้ายจะมีตัวเล็กที่สุด ในแต่ละแถวจะมีตัวเลขกำกับอยู่ มักจะเขียนไว้ด้านข้าง ตัวเลขนั้นบอกค่าสายตา ระยะห่างที่กำหนดเป็นมาตรฐานคือ 20 ฟุต ค่าสายตาของคนไข้นั้นจะสามารถคำนวณได้จากระดับของตัวอักษรที่เล็กที่สุดในแผนภูมิ Snellen ที่คนไข้สามารถตอบได้อย่างถูกต้อง ทว่า วิธีการทดสอบโดยใช้แผนภูมิ Snellen นี้จำเป็นจะต้องมีสถานที่ ที่มีระยะห่างมากพอระหว่างแผนภูมิและตัวคนไข้

การพัฒนาของเทคโนโลยีทำให้มีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือที่ทันสมัยในการทดสอบสายตา มากขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการสร้างสื่อนวัตกรรมใหม่ในการวัดสายตา โดยใช้ภาพโฮบริด ซึ่งเป็นภาพลงตาแบบคำนวณได้ชนิดหนึ่ง ภาพโฮบริดคือภาพที่สามารถมองเห็นได้เป็นภาพหนึ่งในระยะใกล้ และเห็นเป็นอีกภาพหนึ่งในระยะไกล ภาพโฮบริดเกิดจากการประกอบของภาพความถี่ต่ำ และภาพความถี่สูง ตามหลักการของ Contrast Sensitivity Function จากการทดสอบพบว่า ภาพโฮบริดสามารถแยกแยะผู้ป่วยที่มีปัญหาการมองเห็น และบุคคลที่มีสายตาปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Abstract

The visual acuity test is a routine part of an eye examination or general physical examination, particularly if there is a change in vision or a problem with vision. In most places, Snellen chart is used to test visual acuity in human. Snellen chart relies on viewing the letters or symbols from a certain distance, usually 20 feet away. Human visual acuity is then determined by the smallest letter on the chart he/she is able to identify from that viewing distance. This testing method requires a room with enough viewing distance. As the advent of new technology, computerized visual acuity test has been proposed and used in some clinical places. We propose an innovative media to measure visual acuity in human. A hybrid image is an image that changes its meaning according to the viewing distance. It is an image composed of two different spatial frequencies; high and low spatial frequency. Based on the contrast sensitivity function, the best viewing spatial frequency is changed by the viewing distance. With this assumption, we propose the use of hybrid image as a tool to test human visual acuity. From the experiment, it was found that the hybrid images can discriminate between patient with problem in vision and patient with normal vision with significant difference.

สารบัญ (Table of Contents)

หัวข้อ	หน้า
บทนำ Introduction	
1 ที่มาและความสำคัญ	1
2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
4 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยสรุป	3
5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
6 นิยามศัพท์	4
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Literature review	
1 ภาพไฮบริด	6
2 การวัดสายตา	17
3 โครงงาน หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
วิธีดำเนินการวิจัย	
1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน	24
2 ผลการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการคำนวณภาพไฮบริดแบบไม่ขึ้นกับรูปร่างของภาพต้นแบบ	25
3 ผลการคำนวณค่าสายตา และระยะทางที่เหมาะสมในการคำนวณภาพไฮบริด	27
4 ผลการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ทดสอบสายตา หรือโปรแกรมเพื่อทำการทดลอง	27
5 การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง	30
6 ผลการทดลอง	32
สรุป	
1 สรุปผล	34
2 ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

รูป	หน้า
รูปที่ 1 อัลกอริทึมสำหรับคำนวณภาพไฮบริด แสดงการซ้อนของภาพข้างและภาพเสือดาว โดยกรองเฉพาะความถี่ต่ำ (Low spatial frequency) จากภาพข้าง และความถี่สูง (High spatial frequency) จากภาพเสือดาว จากผลการซ้อนภาพ เมื่อมองจากระยะไกลจะเห็นข้าง เมื่อมองจากระยะใกล้จะเห็นเสือดาว ภาพประกอบจาก [8]	6
รูปที่ 2 Hybrid Stimuli, Dr.Angry and Mr.Smile ที่เกิดจากการใช้ภาพความถี่ต่ำ และภาพความถี่สูง จากคนละภาพต้นฉบับมาซ้อนกัน เพื่อนำมาหาปัจจัยในการมองเห็นความถี่ของภาพ ในการทดลอง [9]	7
รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำภาพ Hybrid แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ	8
รูปที่ 4: ตัวอย่างของภาพ Hybrid แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบแบบขาวดำ [7]	10
รูปที่ 5 กราฟแสดงสมการ $y=\sin(x)$	11
รูปที่ 6 Grating ที่มีค่า Contrast แตกต่างกัน [12]	12
รูปที่ 7 Contrast Sensitivity Functions สำหรับคน 7 กลุ่มจำแนกตามช่วงอายุ [14]	13
รูปที่ 8 ภาพจำลอง Contrast Sensitivity Test [15] โดยเป็นการจำลองภาพความถี่ต่ำไปยังความถี่สูง ให้มี Contrast ต่างกันตามลำดับ อ้างอิงจาก Campbell-Robson CSF Chart [13]	13
รูปที่ 9 ภาพแสดงตัวกรองเกาส์เซียน	15
รูปที่ 10 ภาพแสดงตัวกรอง Ideal high pass	15
รูปที่ 11 ซ้ายบน Low contrast image หรือภาพที่มีความชัดน้อย เป็นภาพที่มีระดับความสว่างใกล้เคียงกันทั้งภาพ ขวาบน ฮิสโทแกรมแสดงความถี่ของค่าสีของแต่ละ pixel ในภาพทางซ้าย (สีแดง) และเส้นแสดงการแจกแจงสะสมแสดงความถี่สะสมของค่าสี (สีดำ) ซ้ายล่าง รูปที่ผ่านการ Histogram equalization แล้ว ภาพที่ได้มีความชัดมากขึ้น ขวาล่าง กราฟแสดงฮิสโทแกรม และเส้นแสดงการแจกแจงสะสมของภาพทางซ้าย ขอบคุณภาพประกอบจาก Wikipedia	16
รูปที่ 12 Snellen's chart โดยมีค่าสายตาเป็นหน่วยฟุต	17
รูปที่ 13 Concept design ของ NETRA	21
รูปที่ 14 Prototype ของ NETRA และกราฟแสดงผลการทดสอบ	21
รูปที่ 15 แสดงการทำงานและหน้าต่างของแอปพลิเคชัน Eyesight Test and Care	22
รูปที่ 16 แสดงขั้นตอนในการดำเนินโครงการ	23
รูปที่ 17 แสดงภาพไฮบริด ซึ่งภาพนี้ถูกคำนวณให้มองเห็นเลข 5 ที่ระยะ 70 ซม. และมองเห็นเลข 0 ที่ระยะ 245 ซม. (ภาพถูกหมุน 90 องศาเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสม)	25
รูปที่ 18 แสดงภาพไฮบริด ซึ่งภาพนี้ถูกคำนวณให้มองเห็นเลข 8 ที่ระยะ 70 ซม. และมองเห็นเลข 2 ที่ระยะ 350 ซม. (ภาพถูกหมุน 90 องศาเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสม)	26
รูปที่ 19 ขั้นตอนการทดสอบสายตาด้วยภาพไฮบริด	32

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสายตาระหว่างระบบฟุต และระบบเมตร	18
ตารางที่ 2 แสดงการแปลงค่าความถี่ต่อองศา Cycles per degree of visual angle สำหรับคำนวณภาพไฮบริดเพื่อให้ได้ภาพความถี่ที่เหมาะสมสำหรับระยะการมองที่ต่างกัน	27
ตารางที่ 3 แสดงคะแนนความถูกต้องโดยเฉลี่ย สำหรับภาพความถี่ต่ำ แยกตามกลุ่มอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น และสายตาสั้น	32
ตารางที่ 4 แสดงคะแนนความถูกต้องโดยเฉลี่ย สำหรับภาพความถี่สูง แยกตามกลุ่มอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น และสายตาสั้น	32

บทนำ

Introduction

1 ที่มาและความสำคัญ

สายตาสั้น (Myopia) หรือภาวะที่ดวงตาสามารถมองเห็นวัตถุ หรือสิ่งของที่อยู่ใกล้ ได้ชัดเจนกว่าสิ่งของที่อยู่ไกล หรือในระยะที่คนสายตาปกติสามารถมองเห็นได้ชัด คนที่มีภาวะสายตาสั้นจะไม่สามารถมองเห็นภาพในระยะนั้นได้ชัด ต้องนำสิ่งของเข้ามาใกล้ในระยะโฟกัสที่เหมาะสมเท่านั้น ภาวะดังกล่าว เกิดจากกำลังการรวมแสงของดวงตามีมากเกินไป เมื่อเทียบกับความยาวของลูกตา อาจเกิดจากการที่กระจกตาที่มีความโค้งมากเกินไป หรือขนาดของลูกตายาวเกินไป เมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลจากแสงรวม ก่อนถึงจอประสาทตา จึงทำให้มองเห็นวัตถุที่อยู่ไกลไม่ชัดเจน ในทางตรงกันข้าม แสงจากวัตถุที่อยู่ใกล้ เกิดการรวมแสงใกล้กับจอประสาทตา จึงทำให้มองเห็นวัตถุที่อยู่ใกล้ได้ชัดเจนกว่า

สาเหตุของสายตาสั้นนั้น แม้ว่าจะมีการศึกษากันมากแต่ก็ยังไม่อาจสรุปได้แน่ชัด ทว่านักวิจัยสามารถชี้ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดสายตาสั้น เช่น เชื้อชาติ ปัจจัยทางกรรมพันธุ์ ภาวะสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตลอดจนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้สายตา มองวัตถุที่อยู่ใกล้เป็นเวลานาน เป็นต้น

สายตาสั้นเป็นปัญหาสาธารณสุขที่มีความสำคัญระดับโลก โดยมีการพบว่าประชากรทั่วโลกที่มีภาวะสายตาสั้นนั้น มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในทศวรรษที่ผ่านมา [1-4] เป็นที่คาดการณ์ว่าประชากรที่มีอายุมากกว่า 5 ปี จำนวนประมาณ 153 ล้านคนทั่วโลก กำลังประสบกับภาวะสายตาสั้น หรือภาวะสายตาผิดปกติ และในจำนวนนี้พบว่ามีคนจำนวนประมาณ 8 ล้านคนที่สายตาผิดปกติจนไม่สามารถมองเห็นได้อีก หรือภาวะตาบอด [5] ปัญหาภาวะสายตาสั้น ได้ทำให้นานาประเทศตื่นตัวศึกษาเพิ่มขึ้นถึงสาเหตุต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อภาวะดังกล่าวนี้ มีความเกี่ยวข้องโดยตรงทางสังคมและเศรษฐกิจของประเทศ ผลการวิจัยใน [6] ระบุว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาเพียงประเทศเดียว ประชากรและภาครัฐมีภาระค่าใช้จ่ายทางเศรษฐกิจสูงถึง 250 ล้าน USD ต่อปี แม้ว่าภาวะการมองเห็นผิดปกตินั้นจะสามารถแก้ไขได้โดยการใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือนต่าง ๆ โดยที่รู้จักกันดีคือ แว่นตา คอนแทคเลนส์ หรือแม้กระทั่งการผ่าตัดเลนส์ตาเพื่อแก้ไขช่วงการหักเหของแสง (Lasik) ภาวะการมองเห็นผิดปกติ ก็ยังถือเป็นสาเหตุของความพิการทางสายตาสูงมากถึง 33% ของสาเหตุหลัก ๆ ในโลก สายตาสั้นถือเป็นโรคทางสายตาที่พบเห็นได้บ่อยที่สุด เมื่อเทียบกับโรคทางตาอื่น ๆ เช่น โรคต้อหิน ต้อกระจก หรือ Retinopathy จากอาการเบาหวานในประชากรเอเชียตะวันออก ผู้ป่วยที่มีภาวะสายตาสั้นสูงมากมีความเสี่ยงจะเกิดภาวะแทรกซ้อนที่จอประสาทตาได้

จากงานวิจัยล่าสุด [1] ซึ่งตีพิมพ์ผ่านวารสาร American Academy of Ophthalmology รายงานว่า จากการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลการศึกษารวบรวม 145 ชิ้นจากหลายประเทศ โดยมีการครอบคลุมกลุ่มตัวอย่างมากถึง 2.1 ล้านคนนั้น พบว่า ในปี 2000 มีประชากรบนโลกถึง 1406 ล้านคนมีภาวะสายตาสั้น ซึ่งคิด

เป็น 22.9% ของประชากรโลก โดยพบว่า ในจำนวนนั้นมีประชากรที่มีภาวะสายตาสั้นรุนแรง หรือ High myopia มากถึง 163 ล้านคน ซึ่งอาการนี้ สามารถนำไปสู่ความเสี่ยงที่จะเป็นต้อ หรืออาการตาบอดได้ในที่สุด

จากข้อมูลสถิติดังกล่าว นักวิจัยได้คำนวณและคาดการณ์ทางสถิติว่า ในปี 2050 จะมีประชากรถึง 4758 ล้านคนที่ประสบกับภาวะสายตาสั้น ซึ่งคิดเป็น 49.8% ของประชากรโลกทั้งหมด และประชากรที่มีภาวะ High Myopia จะมีมากถึง 938 ล้านคน ซึ่งคิดเป็น 9.8% ของประชากรโลก

ทีมนักวิจัยได้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่า ปัญหาภาวะสายตาสั้นนั้นเพิ่งเป็นปัญหาใหญ่เมื่อเร็ว ๆ นี้ จึงน่าจะมีการเชื่อมโยงกับรูปแบบการใช้ชีวิต และพฤติกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงสองทศวรรษหลัง โดยในรายงานได้สันนิษฐานว่า เหตุผลที่ทำให้ภาวะสายตาสั้นเกิดการระบาดไปในทั่วโลก น่าจะมาจากปัจจัยแวดล้อม เช่น ภาวะการเลี้ยงดู และที่สำคัญ คือการเปลี่ยนแปลงหลักในรูปแบบการใช้ชีวิต โดยส่งผลให้มนุษย์มีกิจกรรมกลางแจ้งน้อยลง โดยใช้ชีวิตอยู่ในอาคารมากขึ้น และได้ระบุไว้ว่า ภาวะสายตาสั้นที่เพิ่มขึ้นมากนี้ มีการเพิ่มขึ้นก่อนที่จะมีสมาร์ตโฟนเกิดขึ้น จึงคาดการณ์ว่า สาเหตุหลัก ๆ คือการที่มนุษย์อยู่กลางแจ้งน้อยลง โดยข้อสังเกตนี้ได้หักล้างกับสาเหตุที่คาดการณ์อื่น ๆ มาตลอด เช่น การพัฒนาของสมาร์ตโฟน หรือการจ้องมองจอคอมพิวเตอร์นาน ๆ

ในการประเมินผู้ป่วยที่มีปัญหาเรื่องการมองเห็นนั้น นอกจากจักษุแพทย์จะตรวจลักษณะทางกายภาพของลูกตา ว่ามีสิ่งผิดปกติใดหรือไม่ ยังต้องมีการตรวจ หรือทดสอบการมองเห็น (Visual function) โดยการทดสอบที่สำคัญได้แก่ การวัดระดับสายตา (Visual acuity test) การตรวจตาบอดสี การตรวจลานสายตา เป็นต้น

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจักษุวิทยาในปัจจุบัน ได้ให้ความสำคัญกับนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดระดับสายตา ทั้งในเชิงเพื่อการนำไปใช้ทางการแพทย์ ในทางอุตสาหกรรม ในทางทหาร และอื่น ๆ ซึ่งศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความคมชัดของสายตานั้น สามารถแบ่งออกเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ 4 ศาสตร์ดังนี้

- Contrast sensitivity function
- Dark-focus of accommodation
- Dynamic visual acuity and dynamic depth tracking
- Ambient and focal vision

ในรายงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับศาสตร์แรก คือ Contrast sensitivity function และผู้จัดทำได้ค้นคว้าถึงการประยุกต์ใช้ศาสตร์นี้ กับงานวิจัยเดิมที่เคยทำมาคือ Hybrid Image (ในรายงานนี้จะเรียกว่า ภาพไฮบริด) พบว่ามีความเกี่ยวข้องกัน และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน สร้างเป็นเครื่องมือในการทดสอบที่น่าสนใจ และแปลกใหม่แก่ผู้พบเห็น โดยได้ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีภาวะสายตาสั้น และสายตาปกติ เพื่อ

นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ ทดลองริเริ่ม เพื่อนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ที่สามารถใช้ในการตรวจวัดสายตาได้

2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 2.1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณภาพไฮบริด สำหรับใช้แทนแบบทดสอบทางสายตา
- 2.2. เพื่อวิเคราะห์ว่าภาพไฮบริดสามารถใช้ในการจำแนกบุคคลที่มีภาวะสายตาสั้น กับบุคคลที่มีภาวะสายตาปกติออกจากกันได้หรือไม่

3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณภาพไฮบริด และเพื่อทำการทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้งานวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตของโครงการไว้ดังนี้

- 3.1. โปรแกรมที่พัฒนาสามารถคัดแยกความถี่ของภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลความถี่สูง หรือความถี่ต่ำ และสามารถซ้อนภาพเพื่อสร้างภาพไฮบริด ตามหลักการในรายงานวิจัย [7] เพื่อสร้างภาพไฮบริด แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ
- 3.2. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการตรวจวัดสายตาโดยใช้ ภาพไฮบริด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และทำการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือ
 - 3.2.1. ประชากร คือ บุคคลทั่วไปที่มีภาวะสายตาสั้น และ ภาวะสายตาปกติ
 - 3.2.2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 – 4 และอาจารย์ เจ้าหน้าที่จากสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดียที่มีภาวะสายตาสั้น (มากกว่า 100) และ ภาวะสายตาปกติ

4 วิธีการดำเนินการวิจัยโดยสรุป

- 4.1. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา รวบรวมและสำรวจปัญหาจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ และจากบทความวิชาการทั้งในและต่างประเทศ
- 4.2. วิเคราะห์ข้อมูลของปัญหา เพื่อนำไปประยุกต์และเลือกใช้เครื่องมือสำหรับการออกแบบโปรแกรม
- 4.3. วิเคราะห์และออกแบบเครื่องมือ
 - 4.3.1. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคัดแยกความถี่ของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีแต่ความถี่สูงหรือต่ำ
 - 4.3.2. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมเพื่อสร้าง ภาพไฮบริด แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ มีวิธีการดำเนินการวิจัยโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบต่าง ๆ
 - 4.3.3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการตรวจวัดสายตาโดยใช้ ภาพไฮบริด และทำการทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

- 4.4. ทดสอบเครื่องมือ
- 4.5. ปรับปรุงแก้ไข
- 4.6. นำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปใช้งานจริง เช่น ทดลองกับกลุ่มเป้าหมาย
- 4.7. ประเมินผลและสรุปโครงการ
- 4.8. เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ โดยการเสนอผลงาน ณ ที่ประชุมวิชาการ และติดต่อฝ่ายประชาสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่สาธารณชนต่อไป

5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

- 5.1. สามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎี Contrast sensitivity function สามารถนำมาพัฒนาเป็น ภาพไฮบริด และนำมาใช้จำแนกผู้ที่มีภาวะสายตาสั้น กับผู้ที่มีภาวะสายตาสายตาปกติได้
- 5.2. นักวิจัยสามารถนำองค์ความรู้นี้ไปพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างเป็นนวัตกรรมใหม่ในการใช้ตรวจวัดสายตาได้ในภาคหน้า

6 นิยามศัพท์

- 6.1. **การประมวลผลภาพ (Image Processing)** คือการนำภาพที่รับเข้ามาในรูปแบบดิจิทัล มาประมวลผล หรือคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการ ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยในงานวิจัยนี้ เน้นใช้การประมวลผลภาพเพื่อคัดกรองข้อมูลความถี่ออกจากภาพ และใช้เทคนิคเพื่อเพิ่ม หรือกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพ เป็นต้น
- 6.2. **ภาพลวงตาแบบคำนวณได้ (Computational Visual Illusion)** คือการสร้างภาพลวงตาโดยคำนึงถึงพฤติกรรมรับรู้ของมนุษย์ จึงสามารถคำนวณผลลัพธ์ของภาพลวงตาที่ผู้ชมจะมองเห็นไว้ก่อนได้
- 6.3. **ภาพไฮบริด (Hybrid Image)** คือ ภาพลวงตาที่สร้างขึ้นจากการคำนวณ โดยเป็นภาพที่เมื่อมองจากระยะใกล้ และ ไกล สิ่งที่จะเห็นจะแตกต่างกัน
- 6.4. **ระดับของการมองเห็น (Visual Acuity)** คือ ความสามารถในการแยกความแตกต่างที่น้อยที่สุดระหว่างวัตถุสองชิ้น หรือเรียกอีกอย่างว่า ความคมชัดของสายตา
- 6.5. **มุมมองของการมองเห็น (Visual Angle)** คือ มุมที่เกิดจากเส้นสมมติขึ้นสองเส้นตัดกันที่จุด Nodal ซึ่งอยู่หลังกระจกตา 7 มม. และอยู่หน้าจอรับภาพ 15 มม.
- 6.6. **Contrast sensitivity** คือ ความไวต่อความแตกต่างระหว่างความสว่างและความมืด

6.7. **แผ่นป้ายสเนลเลน (Snellen Chart)** คือ แบบวัดสายตาโดยอาศัยหลักการคือ ขนาดของภาพที่ปรากฏที่จอตา ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ และระยะห่างจากลูกตา เพื่อการวัดความสามารถในการมองเห็น ประกอบไปด้วยตัวเลขขนาดต่าง ๆ หรือตัวอักษร หรืออักขระพิเศษ โดยจะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศที่ใช้ทดสอบ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Literature review

1 ภาพไฮบริด

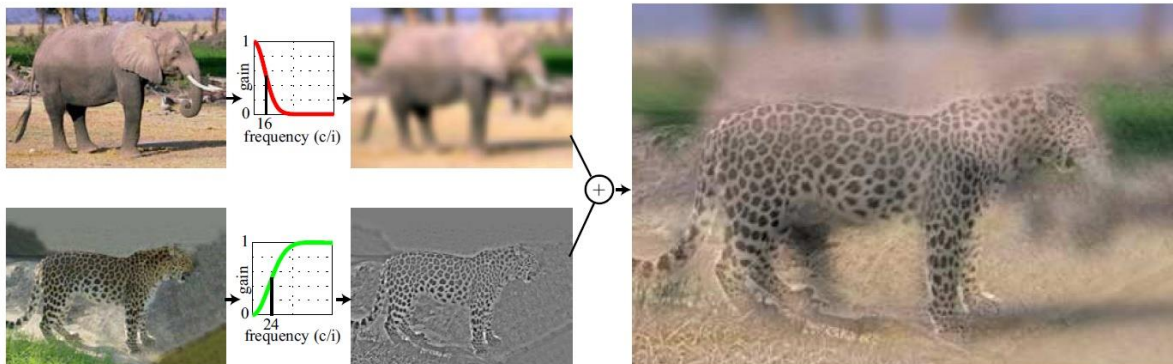
ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงหลักการในการพัฒนา ภาพไฮบริด และทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ภาพไฮบริด ในรายละเอียดเชิงลึก โดยจะเริ่มจากที่มาของภาพไฮบริด ตลอดจนถึงการพัฒนา ภาพไฮบริด แบบ เป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ

1.1. ภาพไฮบริด คืออะไร

ภาพไฮบริด เป็นภาพที่มีสองความหมายในภาพเดียว โดยผู้ชมจะมองเห็นภาพ Low spatial frequency image จากระยะไกล และมองเห็นเพียง High spatial frequency image จากระยะใกล้ ถ้าให้ I_1 เป็น input ของภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะไกลและ I_2 เป็นภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะใกล้ ภาพไฮบริด (I_H) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I_H = L_p(I_1) + H_p(I_2)$$

เมื่อ L_p เป็น Low pass filter เพื่อคัดกรองภาพความถี่ต่ำ และ H_p เป็น High pass filter เพื่อคัดกรองภาพความถี่สูง ภาพที่คำนวณได้เป็นภาพไฮบริด (Hybrid Image) ที่มองจากระยะใกล้จะเห็นภาพความถี่สูง และจากระยะไกลจะเห็นภาพความถี่ต่ำ ดังที่แสดงในรูป 1



รูปที่ 1 อัลกอริทึมสำหรับคำนวณภาพไฮบริด แสดงการซ้อนของภาพช้างและภาพเสือดาว โดยกรองเฉพาะความถี่ต่ำ (Low spatial frequency) จากภาพช้าง และความถี่สูง (High spatial frequency) จากภาพเสือดาว จากผลการซ้อนภาพ เมื่อมองจากระยะไกลจะเห็นช้าง เมื่อมองจากระยะใกล้จะเห็นเสือดาว ภาพประกอบจาก [8]

1.2. ที่มาของภาพไฮบริด

ในการศึกษาด้าน Human visual perception นักวิจัยได้ให้ความสนใจกับการทดลองด้านพฤติกรรมรับรู้ภาพ (Visual experiment) กับ Spatial frequency ต่าง ๆ โดยใช้ภาพที่มีแต่ความถี่ต่ำ (Low spatial frequency image) หรือภาพที่มีแต่ความถี่สูง (High spatial frequency image) เท่านั้น และทำการทดลองกับปัจจัยที่แตกต่างกันออกไป เช่น ระยะเวลาฉายภาพ ระยะห่างของการมองภาพ เป็นต้น โดยความถี่ของภาพที่มองเห็นจะชดเชยกันน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ Visual angle



รูปที่ 2 Hybrid Stimuli, Dr.Angry and Mr.Smile ที่เกิดจากการใช้ภาพความถี่ต่ำ และภาพความถี่สูง จากคนละภาพต้นฉบับมาซ้อนกัน เพื่อนำมาหาปัจจัยในการมองเห็นความถี่ของภาพ ในการทดลอง [9]

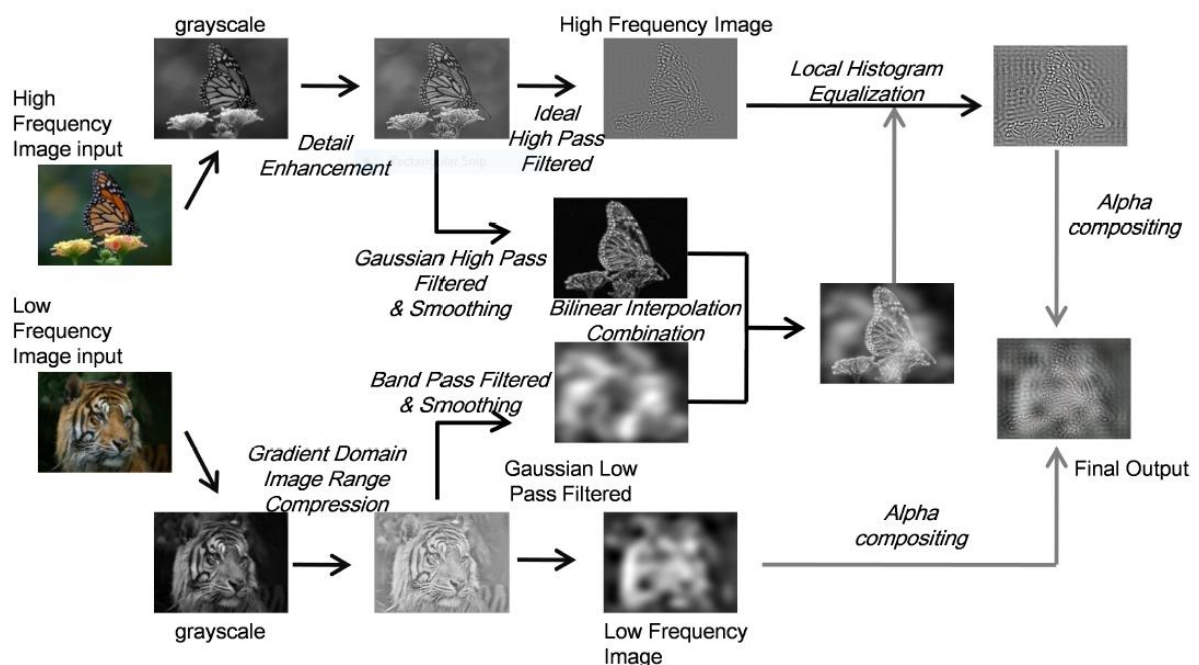
Oliva et al. ได้คิดค้นวิธีการทดลองแบบใหม่ [10] โดยใช้ Hybrid stimuli ที่เกิดจากการรวมภาพความถี่ต่ำ และความถี่สูงเข้าด้วยกันในภาพเดียว (รูปที่ 2) โดยจากการทดลองคณะผู้วิจัยพบว่า ในขณะที่ผู้ชมเลือกมองภาพความถี่หนึ่ง พวกเขาจะไม่เห็นอีกภาพหนึ่งที่ซ้อนอยู่ จากการค้นพบนี้เอง พวกเขาได้เสนอการสร้าง Hybrid image (ภาพไฮบริด) ขึ้นในรายงานวิจัยที่นำเสนอที่งานประชุมวิชาการด้าน Computer graphic ระดับนานาชาติ [8] โดยเสนอว่า ภาพลวงตาชนิดใหม่นี้เป็นภาพลวงตาที่สามารถคำนวณผลลัพธ์ได้ สามารถสร้างขึ้นได้โดยการซ้อนภาพที่มีแต่ความถี่ต่ำ และภาพที่มีแต่ความถี่สูง โดยภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะไกล ต้องใช้ภาพความถี่ต่ำ ส่วนภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะใกล้ ต้องใช้ภาพความถี่สูง ซึ่งในการสร้างภาพ Hybrid โดยวิธีดั้งเดิมนั้น มีเงื่อนไขว่าภาพที่นำมาซ้อนกันต้องมีลักษณะและรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน เช่น ภาพใบหน้าของคน ภาพรถกับปลาโลมาที่หันหน้าไปในทิศทางเดียวกัน ภาพบ้านที่สร้างเสร็จแล้ว กับ ภาพบ้านเดิมที่กำลังก่อสร้าง เป็นต้น เพราะถ้าใช้ภาพที่มีความแตกต่างกันมาก เวลาซ้อนภาพผู้ชมจะมองเห็นสองภาพในระยะการมองเห็นเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อมองภาพจากระยะใกล้ ภาพไฮบริดนั้นถูกจัดอยู่ในหมวดหนึ่งของภาพลวงตาแบบคำนวณได้ (Computational visual illusion)

1.3. การพัฒนาภาพไฮบริด แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ

ในปี 2012 Sripian and Yamaguchi เสนอการคำนวณภาพไฮบริด แบบที่เป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ (Shape-free hybrid image) โดยคำนึงถึงข้อจำกัดของการสร้างภาพไฮบริดแบบเดิม ที่ไม่สามารถใช้ภาพที่มีลักษณะต่างกันมาซ้อนกัน เพราะความถี่สูงกับความถี่ต่ำไม่ซ้อนกันพอดี ทำให้เมื่อมองภาพไฮบริดจากระยะใกล้ ผู้ชมจะเห็นว่ามีความถี่ต่ำแบบใดซ้อนอยู่ด้านหลัง ทำให้เสียจุดประสงค์และคุณสมบัติของภาพไฮบริดไป แต่ปัญหานี้จะไม่เกิดขึ้น เมื่อมองภาพไฮบริดในระยะไกล เนื่องจากหลักการของการรับรู้ภาพด้วยสายตา กล่าวไว้ว่า ดวงตาของมนุษย์มีความสามารถในการมองเห็นความถี่สูงเฉพาะในระยะไกลเท่านั้น จึงไม่สามารถมองเห็นภาพความถี่สูงจากระยะใกล้ได้ แม้ภาพความถี่สูงจะเหลื่อมออกมาไม่พอดีกับภาพความถี่ต่ำก็ตาม

เพื่อสร้างภาพไฮบริดแบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ ที่สามารถซ้อนภาพความถี่ต่ำ จากการมองในระยะไกล นักวิจัยจึงเน้นการจะใช้วิธีการจงใจเพิ่มสัญญาณรบกวนด้วยความถี่สูง และเพิ่ม Complementary color sinusoidal gratings ความถี่สูงในภาพเพื่อปิดปิดและดึงดูดสายตาให้มองเห็นผู้ชมมองเห็นเฉพาะภาพความถี่สูง ในระยะไกล และมองเห็นเฉพาะภาพความถี่ต่ำ ในระยะใกล้ ตามคุณสมบัติของภาพ Hybrid อย่างแท้จริง [7]

โดยขั้นตอนการพัฒนา ภาพไฮบริด แบบที่เป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ สามารถอธิบายโดยแผนภาพได้ดังต่อไปนี้ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทำภาพ Hybrid แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบ

เริ่มจากภาพต้นฉบับ 2 ภาพที่มีรูปร่างที่แตกต่างกัน (เช่น ภาพผีเสื้อ และ ภาพเสือ) สำหรับภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะไกล (ในกรณีนี้คือภาพผีเสื้อ) หลังจากผ่านกระบวนการเตรียมภาพ โดยการปรับภาพให้เป็นภาพขาวดำ และเพิ่มรายละเอียดลงในภาพแล้วนั้น จะทำการคัดกรองความถี่สูงออกจากภาพ (Ideal High Pass Filtered) โดยใช้ตัวกรองความถี่แบบ Two level / Ideal เพื่อให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้เกิด Ringing ที่ขอบภาพ โดยในงานวิจัย [7] นั้นได้กล่าวไว้ว่า การจงใจทำให้เกิด Ringing ที่ขอบภาพนั้น จะสามารถปกปิดร่องรอยของภาพความถี่ต่ำ ที่ต้องการให้เห็นจากเพียงระยะไกลเท่านั้น เนื่องจากภาพต้นฉบับมีรูปร่างที่แตกต่างกัน จึงไม่อาจซ้อนกันได้พอดี โดยขนาดของตัวกรองความถี่นั้น จะเกิดจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวเลขที่เหมาะสมจากทฤษฎี Contrast Sensitivity Function โดยมีความสัมพันธ์กับองศาการมองเห็นภาพ (Visual Angle) ที่สามารถคำนวณได้จากขนาดของภาพ และระยะที่ต้องการให้มองเห็นภาพ (ความถี่สูง) ใช้สูตรการคำนวณ Visual Angle ดังต่อไปนี้

$$\theta = \frac{180}{\pi} 2 \tan^{-1} \left(\frac{h}{2d} \right)$$

สำหรับภาพที่ต้องการให้มองเห็นจากระยะไกล (ในกรณีนี้คือภาพเสือ) หลังจากผ่านกระบวนการเตรียมภาพ โดยการบีบอัดความแตกต่างของค่าความสว่างและความมืดภายในภาพด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพที่เรียกว่า Gradient Domain Image Range Compression [11] จะทำการคัดกรองเฉพาะความถี่ต่ำออกจากภาพ โดยใช้ตัวกรองความถี่ต่ำแบบเกาส์เซียน (Gaussian Low Pass Filter) โดยภาพผลลัพธ์ที่ได้ จะมีลักษณะเบลอ เช่นเดียวกัน ขนาดของตัวกรองความถี่ต่ำจะถูกคำนวณจาก Contrast Sensitivity Function โดยมีความสัมพันธ์กับ Visual Angle

จากนั้นจึงนำภาพความถี่ต่ำและภาพความถี่สูงมาซ้อนกันด้วยเทคนิค Alpha composite เพื่อประกอบเป็นภาพไฮบริด รูปที่ 4 แสดงภาพไฮบริดที่ภาพต้นแบบเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 4: ตัวอย่างของภาพ Hybrid แบบเป็นอิสระต่อรูปร่างของภาพต้นแบบแบบขาวดำ [7]

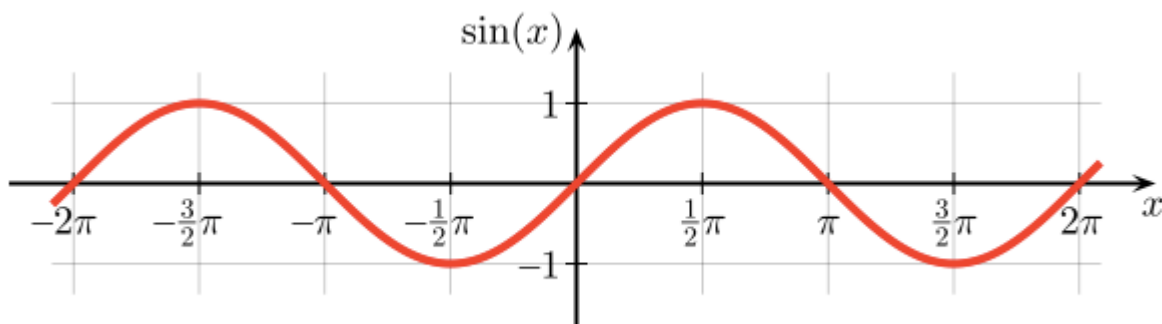
1.4. ทฤษฎี Contrast Sensitivity Function

Contrast Sensitivity คือความสามารถของมนุษย์ในการใช้สายตาเปล่า จำแนกความแตกต่างของความมืด – สว่าง ซึ่งนักวิจัยจำนวนมากได้ให้ความสำคัญกับการทดสอบ Contrast Sensitivity ในมนุษย์ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Contrast Sensitivity Testing ในงานวิจัยด้านการมองเห็น พบว่า ดวงตาของมนุษย์สามารถแยกแยะ หรือค้นพบลักษณะทางกายภาพโดยละเอียดของภาพที่รับเข้ามาในดวงตาในรูปแบบต่าง ๆ มากมาย เช่น ขนาด ความแตกต่างของความเข้มแสง (Contrast), Spatial Orientation, Spatial Resolution โดยความไวต่อการจำแนกนั้นขึ้นอยู่กับบุคคล

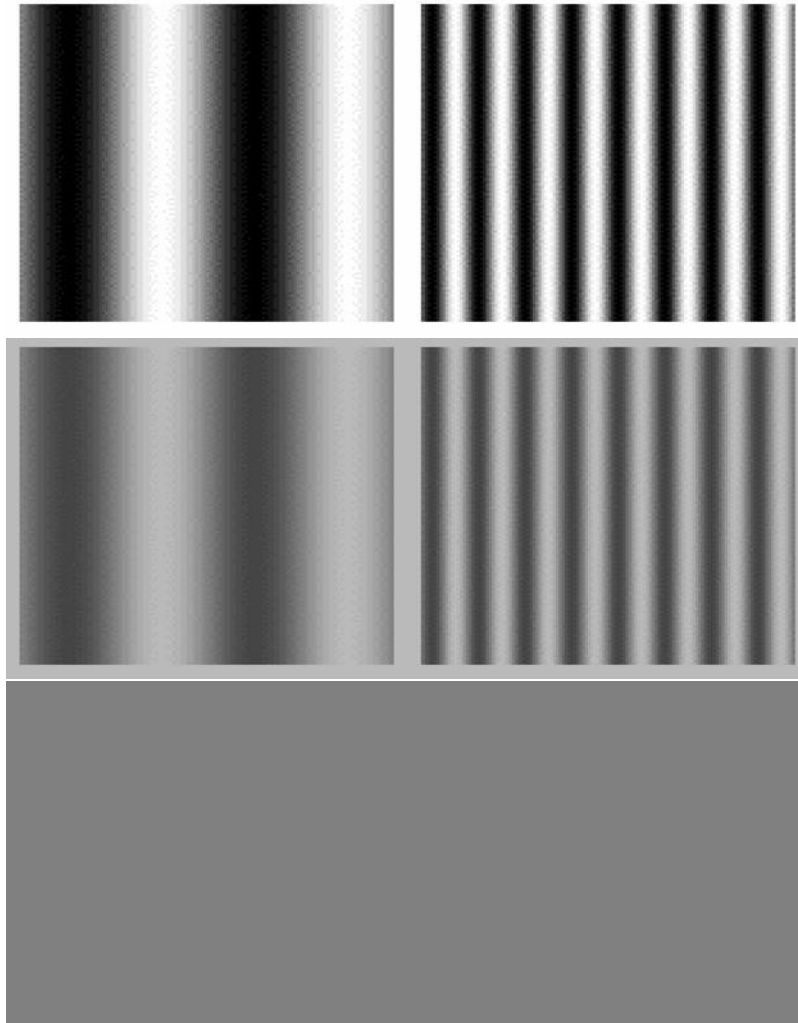
การทดสอบประสิทธิภาพของดวงตามนุษย์ในการจำแนกความแตกต่างของความมืด – สว่างของวัตถุ เรียกว่า Contrast Sensitivity Test โดยในการทดลองทางสายตา จะใช้สิ่งเร้าเป็นภาพของคลื่นไซน์ ที่แสดงการไล่ระดับของสีขาว – ดำ เพื่อแทนความมืด – สว่าง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Sine-Wave Gratings (รูปที่ 5 แสดงสมการ $y = \sin(x)$ เพื่อนำไปคำนวณ Sine-Wave Gratings โดยให้ค่า y เป็น luminance และ x คือพื้นที่

เนื่องจาก Sine-Wave Gratings นั้นมีคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่พิสูจน์แล้วว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับ การปรับความคมชัดของสายตา (Visual Tuning) ในขั้นตอนแรกของการมองเห็น ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยมักจะ

ใช้จอมอนิเตอร์ที่แสดงภาพ Sine-Wave Gratings โดยที่ภาพนั้นจะมีการเพิ่ม หรือลดความถี่ของคลื่นไซน์ต่อ Visual Angle หนึ่งองศาเรื่อย ๆ โดยที่ความคมชัด (Contrast) ของภาพคลื่นไซน์จะถูกเปลี่ยนให้มีความคมชัด สูง – ต่ำ ไปในระหว่างที่ทดสอบ ความคมชัดของคลื่นไซน์ ถูกกำหนดด้วยความห่างระหว่างค่า Luminance ที่น้อยที่สุด ไปยังมากที่สุด ในหนึ่งรอบของคลื่น ดังรูปที่ 6 การทดลองดังกล่าวจะมีวัตถุประสงค์เพื่อหา Detection Threshold สำหรับค่า Contrast ของ Sine-Wave Gratings หรือเรียกอีกอย่างคือ ความห่างระหว่างค่า Luminance ที่น้อยที่สุด ที่ผู้ทดสอบยังสามารถจำแนก Sine-Wave Gratings ออกจากกันได้ด้วยตาเปล่า



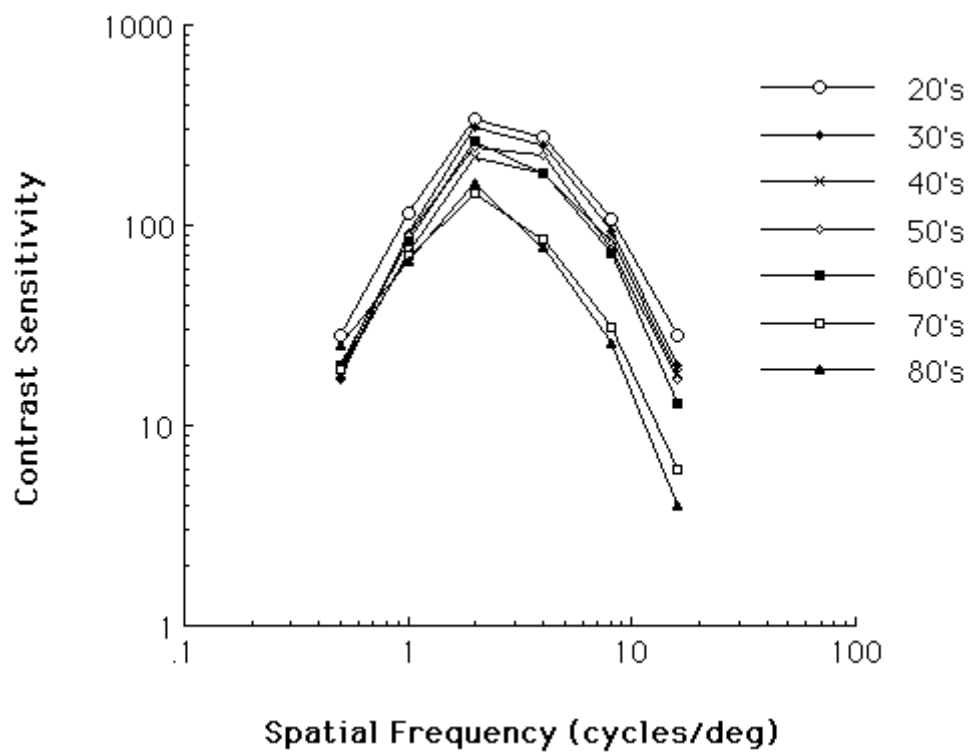
รูปที่ 5 กราฟแสดงสมการ $y=\sin(x)$



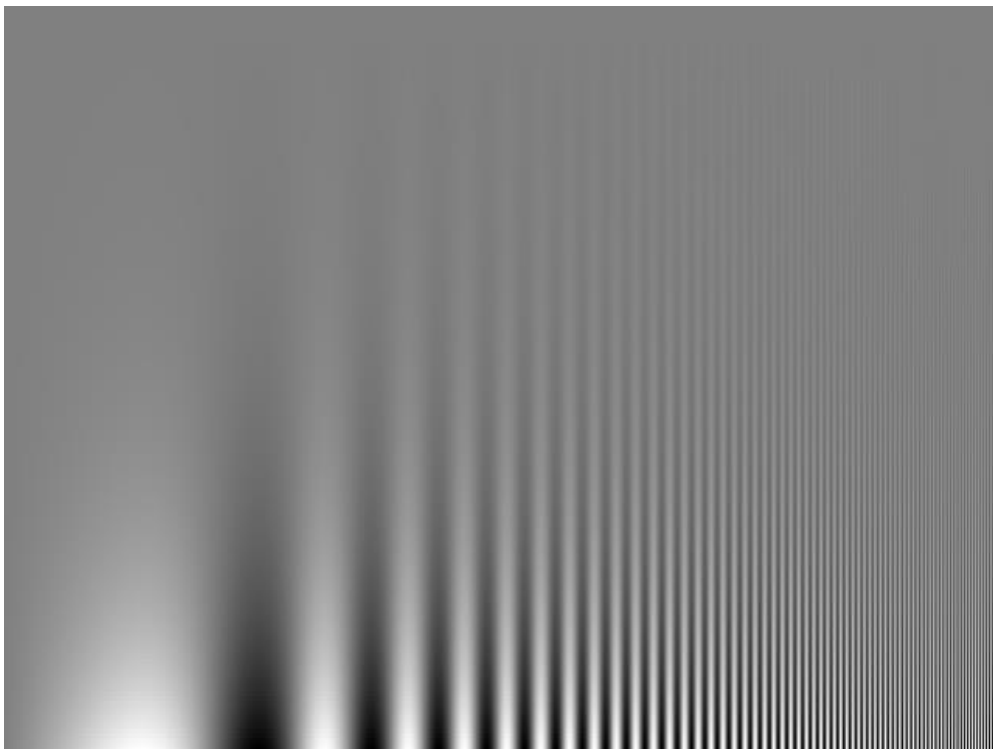
รูปที่ 6 Grating ที่มีค่า Contrast แตกต่างกัน (รูปบน Contrast = 1, รูปกลาง Contrast = 0.5, รูปล่างสุด Contrast = 0) [12]

ทั้งนี้ หลักการคำนวณค่าความถี่ตัดออฟของภาพไฮบริด (cut-off frequency วัดเป็นหน่วย cycles) จะขึ้นอยู่กับทฤษฎีในรายงานวิจัยเรื่อง Applications of Fourier Analysis to the Visibility of Grating [13] โดยทฤษฎีนี้ระบุไว้ว่า ดวงตาของมนุษย์จะสามารถจำแนก Sine Waves ที่มี Luminance ที่น้อยที่สุดออกจากกันได้ที่ขนาดความถี่ 4 - 6 cycles / องศาของ Visual Angle หรือที่พิสูจน์ออกมาเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์เรียกว่า Human Contrast Sensitivity Function รูปที่ 7 และ 8 แสดงผลการทดสอบ Human Visual Contrast Sensitivity จากงานวิจัยต่าง ๆ

จากหลักการต่าง ๆ นี้เอง เราสามารถคำนวณความถี่เพื่อให้ภาพที่ซ่อนอยู่ใน ภาพไฮบริด มองเห็นจากระยะต่าง ๆ ได้ โดยใช้หลักการสัมพันธ์ของ Visual angle และ cycles และสามารถนำ ภาพไฮบริด มาสร้างแบบทดสอบการวัดสายตาได้



รูปที่ 7 Contrast Sensitivity Functions สำหรับคน 7 กลุ่มจำแนกตามช่วงอายุ [14]



รูปที่ 8 ภาพจำลอง Contrast Sensitivity Test [15] โดยเป็นการจำลองภาพความถี่ต่ำไปยังความถี่สูง ให้มี Contrast ต่างกันตามลำดับ อ้างอิงจาก Campbell-Robson CSF Chart [13]

1.5. การกรองความถี่ (Frequency filtering)

การกรองความถี่ (Frequency Filtering) เป็นการกรองสัญญาณในช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการออก โดยอาศัยตัวกรองแบบดิจิทัล การกรองความถี่ออกจากภาพ (Frequency filtering) ทำได้สองวิธีคือการกรองความถี่บนขอบเขตเชิงพื้นที่ (Spatial domain) หรือการกรองความถี่บนขอบเขตเชิงความถี่ (Frequency domain) งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการกรองความถี่บน Frequency domain โดยนำภาพสองมิติที่อยู่บน Spatial domain ไปคำนวณเป็นภาพความถี่ด้วย 2D DFT (Discrete Fourier Transform) โดยมีสูตรการคำนวณเพื่อแปลงสัญญาณเชิงพื้นที่ เป็นสัญญาณเชิงความถี่ดังนี้ (สำหรับภาพที่มีความกว้างยาวเท่ากัน)

$$F(k, l) = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) e^{-i2\pi(\frac{ki}{N} + \frac{lj}{N})}$$

$$e^{ix} = \cos(x) + i \sin(x)$$

f เป็นภาพบน Spatial domain และ F เป็นภาพที่อยู่บน Frequency domain

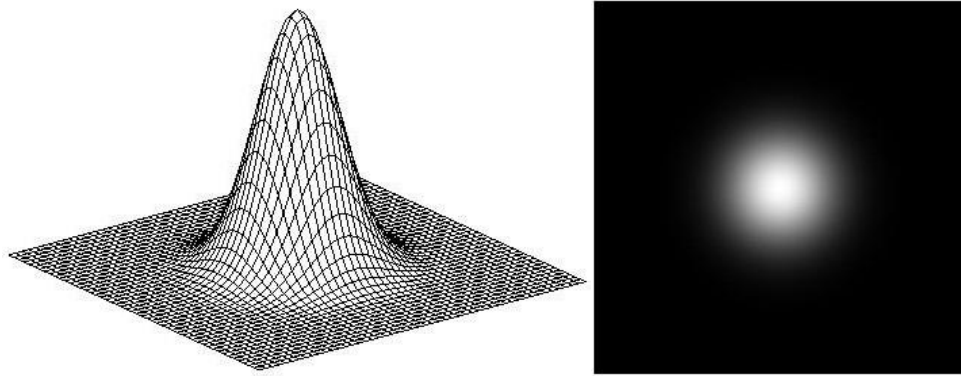
เมื่อได้ภาพที่อยู่บน Frequency domain เราสามารถนำภาพความถี่มาผ่านตัวกรองความถี่ (Filter) เพื่อคัดเฉพาะความถี่ที่ต้องการ แล้วนำภาพไปคำนวณกลับเพื่อแสดงผลบน Spatial domain ด้วย Inverse Fourier Transform

ตัวกรองความถี่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ

Gaussian Low-pass filter หรือตัวกรองความถี่ต่ำผ่านเกาส์เซียน โดยการใช้การกระจายแบบเกาส์เซียน หรือตัวกรองที่มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ ดังรูป ใช้สำหรับลดสัญญาณรบกวน และเบลลอภาพ ในงานวิจัยนี้ ใช้เพื่อกรองเอาเฉพาะข้อมูลที่มีความถี่ต่ำจากภาพ ตัวกรองเกาส์เซียนสามารถสร้างได้จากสมการต่อไปนี้

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

เมื่อ σ คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสมการดังกล่าว เราสามารถคำนวณตัวกรองเกาส์เซียนสำหรับสองมิติได้ผลตามรูปที่ 9

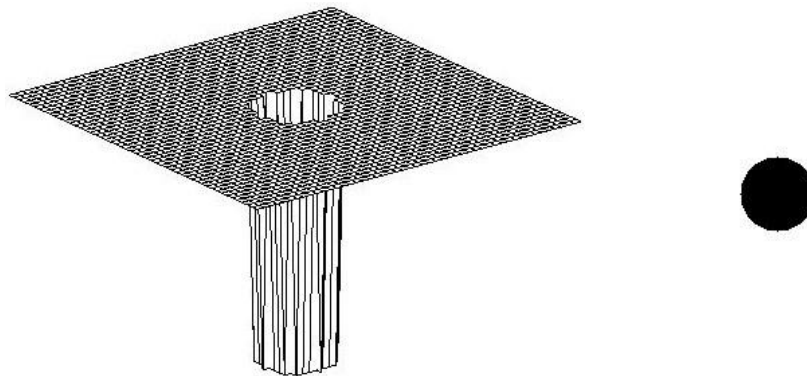


รูปที่ 9 ภาพแสดงตัวกรองเกาส์เซียน

Ideal High-pass filter หรือตัวกรองความถี่สูงผ่านในอุดมคติ ใช้เพื่อกรองเอาเฉพาะข้อมูลความถี่สูงจากภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรองนี้ จะให้ผลกระทบคือ Ringing Effect ที่บริเวณขอบของวัตถุ Ideal High-pass filter สามารถสร้างได้จากสมการต่อไปนี้

$$H(u, v) = \begin{cases} 0 & \text{if } R(u, v) \leq R_0 \\ 1 & \text{if } R(u, v) > R_0 \end{cases}$$

จากสมการดังกล่าว เราสามารถคำนวณตัวกรองตัวกรองความถี่สูงผ่านในอุดมคติสำหรับสองมิติได้ผลตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 ภาพแสดงตัวกรอง Ideal high pass

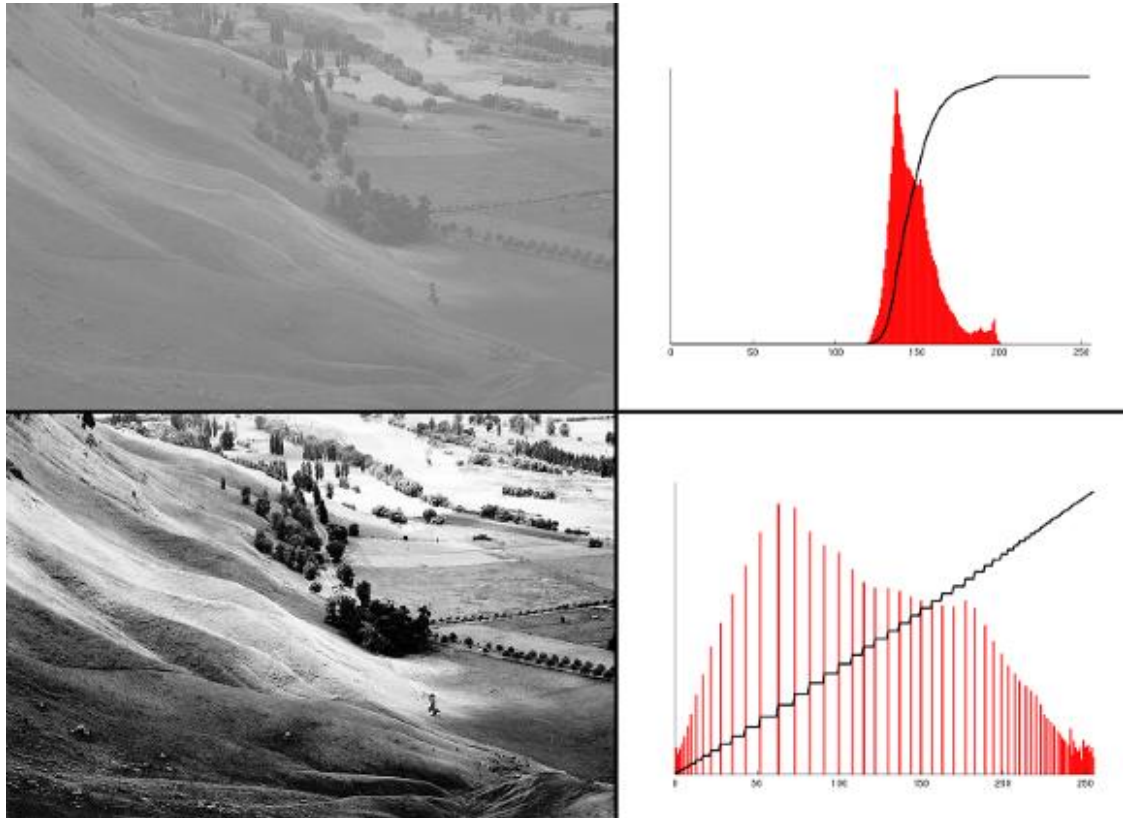
1.6.Histogram equalization

การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้นด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยวิเคราะห์จาก Histogram หรือฟังก์ชันที่แสดงจำนวนพิกเซลของแต่ละค่าระดับสีเทา ในรูปสีเทา (Gray level image) เรียกอีกอย่างว่า ความถี่ของความเข้มของจุดสีในภาพ (Pixel) จะสังเกตได้ว่า ภาพที่มีความชัดน้อย หรือภาพแบบ Low contrast เป็นภาพที่มีความสว่างของทั้งภาพอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 11 บน) เมื่อนำภาพที่มีความชัด

น้อยมาผ่านกระบวนการ Histogram equalization [16] ภาพที่ได้จะมีการกระจายของความเข้มของ Pixel อย่างสม่ำเสมอดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 11 (ล่าง) กระบวนการนี้สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\phi(v) = \int_0^v \varphi(u) du, \quad 0 \leq v \leq 1, \quad 0 \leq \phi(v) \leq 1,$$

โดย $\varphi(u)$ เป็น Probability Density ของค่าความเข้มแสงที่ u หรือเรียกอีกอย่างว่า ค่าความถี่ของความเข้มใด ๆ ปรากฏในภาพนั้น ๆ สมการดังกล่าวแสดงการแจกแจงความถี่สะสมของ v ดังนั้น ค่าความเข้มแสงใหม่ของภาพที่ทำ Histogram equalization แล้วจะคำนวณได้จากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมนี้เอง



รูปที่ 11 **ซ้ายบน** Low contrast image หรือภาพที่มีความชัดน้อย เป็นภาพที่มีระดับความสว่างใกล้เคียงกันทั้งภาพ **ขวาบน** ฮิสโทแกรมแสดงความถี่ของค่าสีของแต่ละ pixel ในภาพทางซ้าย (สีแดง) และเส้นแสดงการแจกแจงสะสมแสดงความถี่สะสมของค่าสี (สีดำ) **ซ้ายล่าง** รูปที่ผ่านการ Histogram equalization แล้ว ภาพที่ได้มีความชัดมากขึ้น **ขวาล่าง** กราฟแสดงฮิสโทแกรม และเส้นแสดงการแจกแจงสะสมของภาพทางซ้าย ขอบคุณภาพประกอบจาก Wikipedia

การเพิ่มความเด่นของภาพเฉพาะจุด เป็นการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ แล้วทำการเพิ่มความคมชัดของภาพในแต่ละส่วนด้วย Histogram equalization เพื่อสร้างความคมชัดให้กับภาพเฉพาะส่วนที่ต้องการ เช่น เพิ่มความคมชัดเฉพาะส่วนของภาพ High spatial frequency ที่ซ้อนทับกับภาพ Low spatial frequency

2 การวัดสายตา (Visual Acuity Assessment)

การมองเห็นของคนเรา อาศัยปัจจัยหลายอย่างได้แก่ โครงสร้างของดวงตาในการหักเหแสงจากวัตถุ ให้ไปตกที่จอรับภาพ รวมไปถึงการทำงานของประสาทตา และสมองที่ทำหน้าที่ในการแปลผลของสัญญาณภาพ ตลอดจนถึงความสว่าง (Luminance) ความคมชัดของแสง (Contrast)

ระดับสายตา (Visual acuity, VA) หมายถึงความสามารถในการแยกความแตกต่าง ที่น้อยที่สุด ระหว่างวัตถุ สองชิ้น หรือโดยทั่วไปหมายถึงความคมชัดของสายตา การตรวจวัดระดับสายตามีความสำคัญอย่างมาก ในการประเมินผู้ป่วยทางสายตา โดยจะเป็นสิ่งแรกที่ต้องตรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีผู้ป่วยจากอุบัติเหตุ และผู้ที่มีอาชีพที่ต้องใช้สายตาเป็นพิเศษ

การวัดสายตาในคนปกติทั่วไป โดยเฉพาะในประเทศไทยนั้นจะใช้แผ่นตัวอักษรหรือตัวเลข เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สเนลเลนชาร์ต (Snellen's chart) ที่เขียนเรียงกันลงมาเป็นแถว จากตัวบนสุดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เรียงลงมาแถวล่างสุด โดยขนาดของตัวอักษร หรือตัวเลขนั้นจะค่อย ๆ เล็กลง จนแถวสุดท้ายจะมีตัวเล็กที่สุดในแต่ละแถวจะมีตัวเลขกำกับอยู่ มักจะเขียนไว้ด้านข้าง ตัวเลขนั้นบอกค่าสายตา ดังรูปที่ 12 ในงานวิจัยนี้จะอ้างถึงค่าสายตาด้วยระบบฟุต โดยสามารถเทียบเป็นระบบเมตรได้ตามตาราง 1

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
P E Z O L C F T D	11	

รูปที่ 12 Snellen's chart โดยมีค่าสายตาเป็นหน่วยฟุต

ระบบฟุต	ระบบเมตร
20/200	6/60
20/100	6/30
20/70	6/24
20/50	6/18
20/40	6/12
20/30	6/9
6/6	

ตาราง 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสายตาระหว่างระบบฟุต และระบบเมตร

2.1 หลักในการวัดสายตา

1. ตรวจทีละตา
2. ให้ผู้ป่วยอยู่ที่ระยะ 20 ฟุต หรือ 6 เมตรห่างจากแผ่นทดสอบ จากนั้นเริ่มอ่านตัวทดสอบจากบนสุด (ตัวโตสุด) ลงมาเรื่อยๆทีละแถวจนถึงตัวเล็กที่สุดเท่าที่อ่านได้ บันทึกค่าไว้ เช่น หากอ่านได้ถูกต้องสองแถว เท่ากับ VA 20/100 หมายความว่า ผู้ป่วยมองเห็นที่ระยะ 20 ฟุต ในขณะที่คนปกติเห็นที่ระยะ 100 ฟุต หรือหากอ่านได้จนถึงแถว 20/20 หมายความว่า ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 20 ฟุต และคนปกติเห็นที่ 20 ฟุตเช่นกัน
 - หากผู้ป่วยอ่านไม่ได้ถึงแถว 20/20 ให้สวมแว่นสายตาอ่านหากมีแว่นสายตาอยู่ หรืออ่านผ่าน พินโฮล (pinhole) เช่น หากตาเปล่าอ่านได้แถวเดียว เมื่อสวมแว่นอ่านได้สองแถว และเมื่อมองผ่าน pinhole แล้วอ่านได้ปกติ จักษุแพทย์จะบันทึกว่า VA 20/200 อ่านรอบที่ 1 ถ้าอ่านไม่ได้ในแถว 20/20 ทุกกรณีต้องอ่านผ่านพินโฮลทุกราย หรือ VA c PH 20/20 (c PH = with pinhole) อ่านรอบที่ 2 อ่านผ่านพินโฮล ผลการอ่านจะต้องดีกว่าอ่านด้วยตาเปล่าเสมอ
3. หากที่ระยะ 20 ฟุต ไม่สามารถอ่านแถวที่อยู่บนสุดได้ ให้ค่อย ๆ ขยับเข้าไปใกล้ทีละ 3 ฟุต หรือ 1 เมตร หากอ่านได้ที่ระยะ 16 ฟุต หรือ 5 เมตร จะบันทึกว่า VA 16/20 หรือหากอ่านได้ที่ระยะ 1 เมตร เท่ากับ VA 3/20 เป็นต้น
4. ถ้าอยู่ห่าง chart ที่ 3 ฟุตแล้วยังอ่านไม่ได้ให้ผู้ตรวจ ชูนิ้วมือไว้หน้าตาผู้ป่วยแล้วถามว่าเห็นกี่นิ้ว เช่นหากนับนิ้วได้ถูกต้องที่ระยะ 2 ฟุต จะบันทึกว่า FC 2 ft. (FC = counting finger), หรือ หากนับได้ที่ระยะ 1 ฟุตให้บันทึกว่า FC 1 ft.

5. หากนับนิ้วไม่ได้แสดงว่าสายตามัวมาก ให้แกว่งมือหน้าตาผู้ป่วย แล้วถามว่าเห็นอะไร เคลื่อนไหวหรือไม่ ถ้าเห็น ให้บันทึกเป็น HM (hand movement คือการเคลื่อนไหวของมือ) ควรระวังไม่แกว่งมือไปโดนคิ้ว หรือขนตาผู้ป่วย
6. หากมองไม่เห็นวัตถุเคลื่อนไหว ให้ใช้ไฟฉายส่องหน้าตาผู้ป่วย แล้วถามว่าเห็นไฟ หรือไม่ ถ้าเห็นแสงจากไฟที่ส่อง แต่ไม่สามารถบอกทิศทางของแสงไฟ จะบันทึกว่า PL (perception of light) หากสามารถบอกทิศทางของแสงที่ส่องมาจากทิศต่างๆ ได้ถูกต้อง จะบันทึกว่า PJ (projection of light)
7. แต่ถ้ามองไม่เห็นแสงไฟที่ส่องเลย ให้บันทึกว่า No PL (no light perception) บ่งว่าบอดสนิท อย่างไรก็ตามการทดสอบควรใช้ไฟที่มีความสว่างที่สุด ก่อนที่จะระบุว่า No PL

การบันทึกผลการวัดระดับสายตา

1. สามารถบันทึกได้หลายแบบ โดยทั่วไปมักบันทึกเป็นสัดส่วน เช่น 6/6 (ระบบเมตริก) หรือ 20/20 (ระบบฟุต) โดยสรุป ลำดับสายตาจากปกติไปจนมองไม่เห็น (ระบบเมตริก)

6/6	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 6 เมตรเช่นกัน
6/9	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 9 เมตร
6/12	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 12 เมตร
6/18	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 18 เมตร
6/24	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 24 เมตร
6/36	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 36 เมตร
6/60	ความหมาย	ผู้ป่วยเห็นที่ระยะ 6 เมตร และคนปกติเห็นที่ 60 เมตร
2. หากอ่านไม่ได้ในระยะ 6 เมตร ให้ขยับเข้ามาครึ่งละ 1 เมตร เช่น

อ่านได้ที่ระยะ 5 เมตร	บันทึก VA 5/60
อ่านได้ที่ระยะ 4 เมตร	บันทึก VA 4/60
อ่านได้ที่ระยะ 3 เมตร	บันทึก VA 3/60
อ่านได้ที่ระยะ 2 เมตร	บันทึก VA 2/60
อ่านได้ที่ระยะ 1 เมตร	บันทึก VA 1/60
3. ถ้าในระยะที่ 1 เมตรแล้วยังอ่านไม่ได้ ให้นับจำนวนนิ้ว

FC (counting finger) ความหมาย ทดสอบจำนวนนิ้วมือที่ผู้ป่วยมองเห็น การบันทึก หากนับนิ้วได้ถูกต้องที่ระยะ 2 ฟุต ให้บันทึกว่า FC 2 ft หากนับนิ้วได้ถูกต้องที่ระยะ 1 ฟุต ให้บันทึกว่า FC 1 ft
4. หากนับนิ้วไม่ได้ให้แกว่งมือหน้าตาผู้ป่วยแล้วถามว่าเห็นอะไรเคลื่อนไหวหรือไม่ การบันทึก ถ้าเห็น ให้บันทึกเป็น HM (Hand movement)

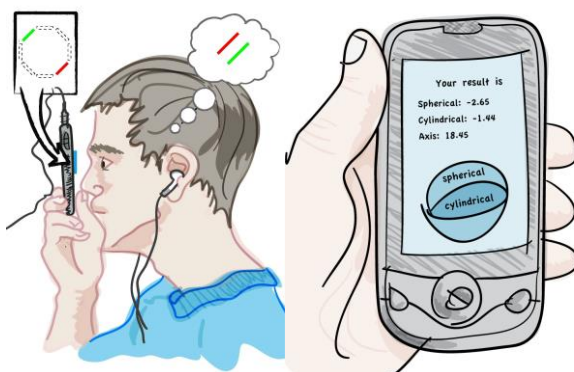
5. ถ้ายังไม่เห็นให้ใช้ไฟฉายส่องหน้าตาผู้ป่วย

การบันทึก ถ้าผู้ป่วยสามารถบอกทิศทางของแสงที่ส่องมาจากทิศต่างๆได้ให้บันทึก PJ (projection of light) แต่ถ้ามองเห็นแต่ไม่สามารถบอกทิศทางได้ บันทึก PL (Perception of light) แต่ถ้ามองไม่เห็นเลยให้บันทึก No PL (no light perception หรือ total blindness) แสดงว่าตาบอดสนิท

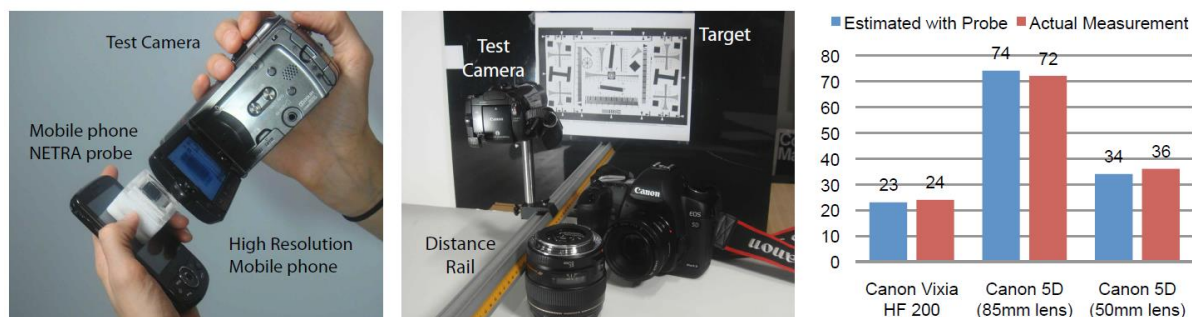
3 โครงการ หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

NETRA: Interactive Display for Estimating Refractive Errors and Focal Range

นักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซตส์ หรือ MIT ได้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบสายตา ที่เรียกว่า NETRA หรือ Near Eye Tool for Refractive Assessment [17] โดยหลักการใช้งานของ Netra เหมือนกับ แอปพลิเคชันมือถือทั่วไปที่ต้องดาวน์โหลดลงในสมาร์ทโฟน แต่ต้องติดตั้งเครื่องมือเพิ่มเติม คือช่องมองพลาสติก ที่ประกอบด้วยเลนส์ต่าง ๆ ที่ถูกคำนวณมาแล้ว ไปที่หน้าจอมือถือก่อน โดยขั้นตอนการทำงานนั้นจะแตกต่าง จากแบบทดสอบสายตาทั่วไป แทนที่ผู้ใช้จะต้องเพ่งหาตัวอักษรหรือตัวเลขที่ชัดเจน ผู้ใช้สามารถทดสอบ สายตาโดยการเพ่งสายตามองลงไปบนสิ่งเร้า แล้วคลิกปุ่มบนโทรศัพท์เพื่อเลื่อนเส้นตรงสองเส้นที่มองเห็น ให้ กลายเป็นเส้นเดียว โดยผู้ใช้สามารถทราบได้ว่าสายตาของเขา มีความผิดปกติแค่ไหน จากจำนวนการคลิก เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจน และที่สำคัญผลของการวัด ก็ไม่แตกต่างจากการตรวจวัดสายตาทั่วไป และสามารถ ส่งผลให้กับจักษุแพทย์สั่งตัดแว่นตาที่เหมาะสมกับผู้ใช้ได้ทันที การพัฒนานี้เป็นนวัตกรรมใหม่ที่ใช้ต้นทุนไม่ แพง และอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ไม่ต้องเดินทางไปคลินิกเพื่อตรวจสายตาด้วยตนเอง อุปกรณ์นี้จะเข้ามา เป็นเครื่องมือตรวจสอบสายตาเบื้องต้นที่ทำได้เป็นกิจวัตรสำหรับประชากรในโลกกำลังพัฒนา



รูปที่ 13 Concept design ของ NETRA



รูปที่ 14 Prototype ของ NETRA และกราฟแสดงผลการทดสอบ

Eyesight Test and Care Application

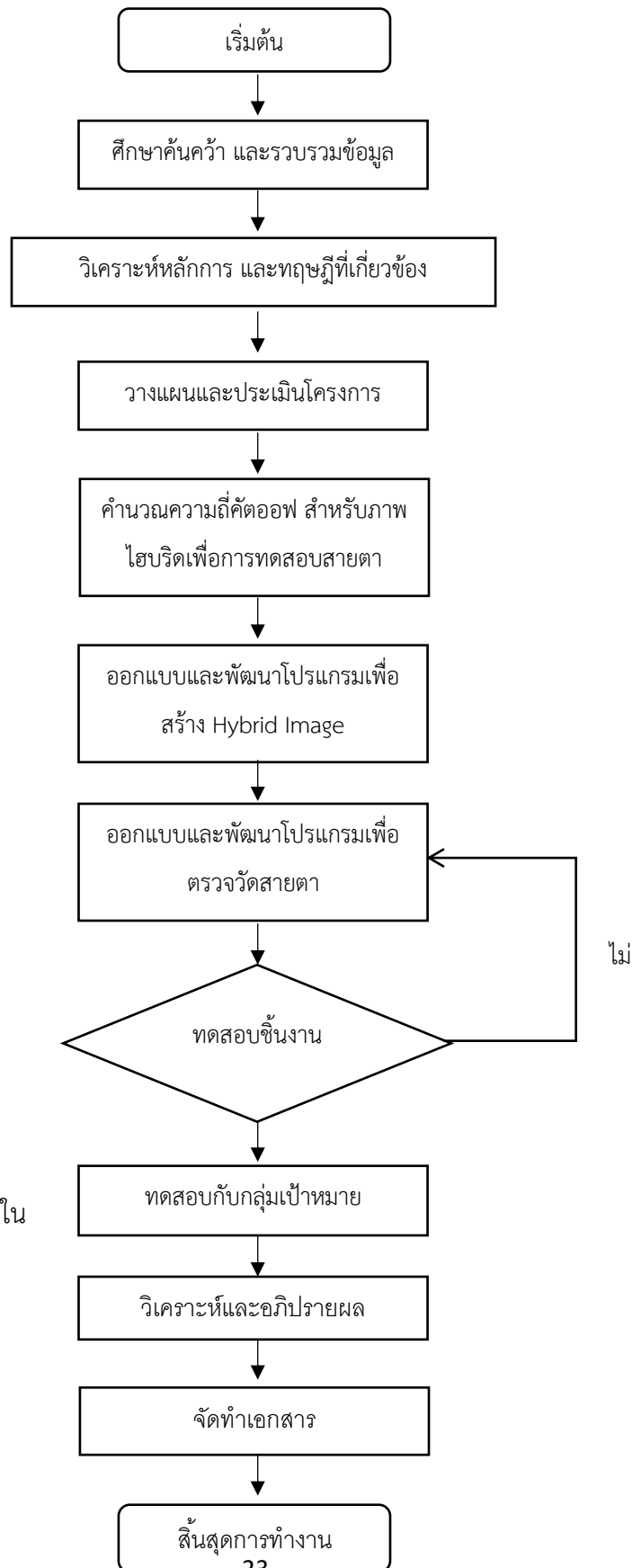
แอปพลิเคชันสำหรับตรวจวัดสายตา วัดสายตาด้วยมือถือ ชาวจีนได้พัฒนาแอปพลิเคชันนี้ โดยแอปพลิเคชันนี้มาพร้อมกับกราฟทดสอบระดับสายตามากมาย ซึ่งรองรับปัญหาสายตาทั้งหลาย ผู้ใช้งานสามารถวัดสายตาแบบเบื้องต้นเพื่อทำการประเมินค่าของปัญหาสายตาก่อนการไปพบกับจักษุแพทย์ได้ ผู้ผลิตได้จัดทำแอปพลิเคชันนี้และแจกจ่ายแบบไม่คิดเงิน ผ่านทาง App Store [18]



รูปที่ 15 แสดงการทำงานและหน้าต่างของแอปพลิเคชัน Eyesight Test and Care

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินโครงการ สามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 16 แสดงขั้นตอนในการดำเนินโครงการ

1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงงาน

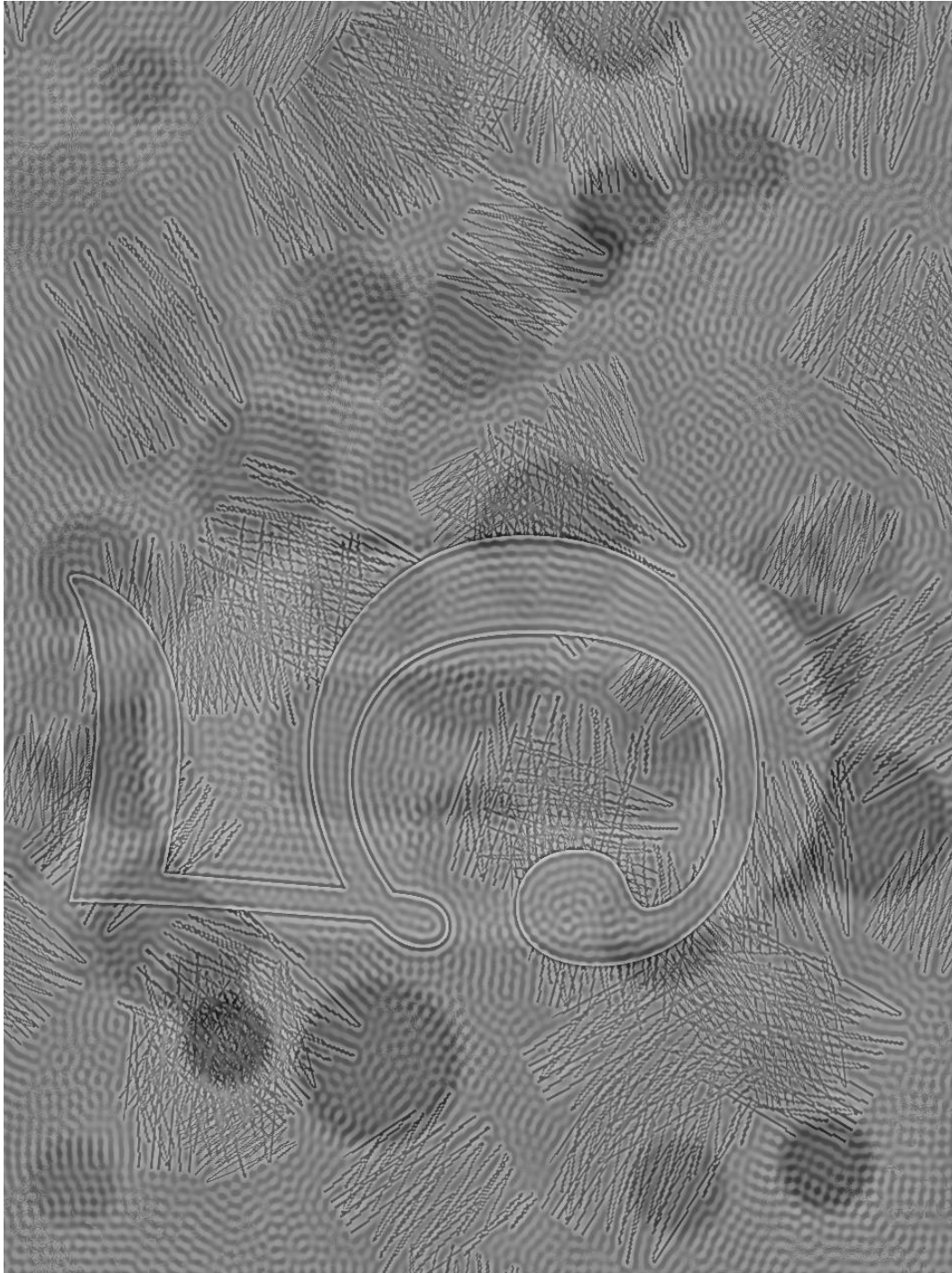
ขั้นตอนการพัฒนาโครงงานนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ ต่อไปนี้

1. การพัฒนาโปรแกรมเพื่อการคำนวณภาพไฮบริดแบบไม่ขึ้นกับรูปร่างของภาพต้นแบบ อ้างอิงขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมจากงานวิจัย [7] โดยในขั้นตอนนี้ ผู้พัฒนาใช้ภาษา C++ และเครื่องมือดังต่อไปนี้
 - โปรแกรม Visual Studio 2010
 - ภาษา C++
 - Opensource Computer Vision Library [19]
2. การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ทดสอบสายตา หรือโปรแกรมเพื่อการทดลอง โดยในขั้นตอนนี้ ผู้พัฒนาจะใช้อาฟไฮบริดที่สร้างจากโปรแกรมในข้อ 1 นำมาทำเป็นคลังภาพ แล้วแสดงภาพให้กับผู้ทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการทดลองในขั้นตอนนี้คือ
 - โปรแกรม MATLAB

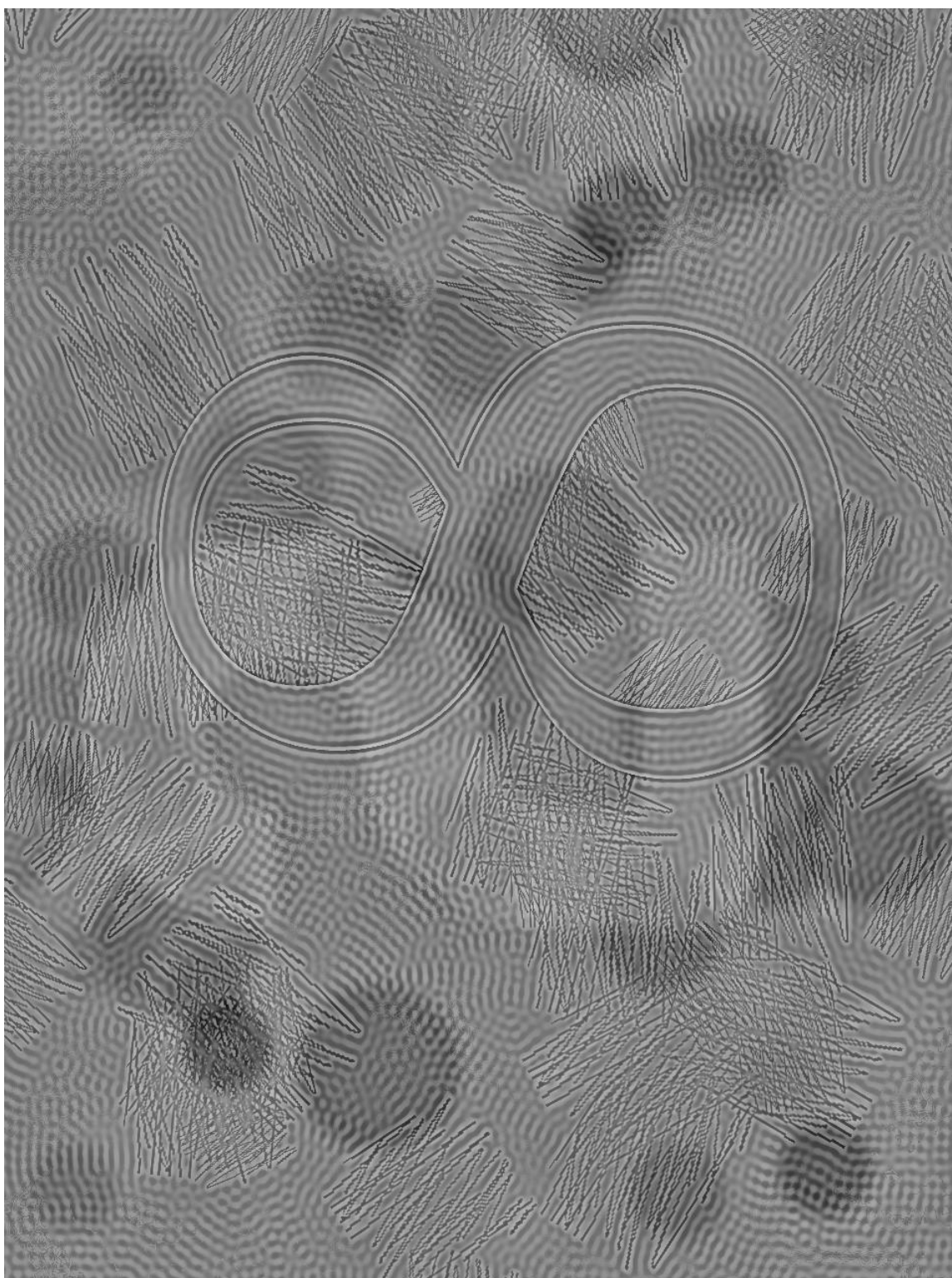
2 ผลการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการคำนวณภาพไฮบริดแบบไม่ขึ้นกับรูปร่างของภาพต้นแบบ

โปรแกรมถูกพัฒนาในรูปแบบ Command Line Interface จึงไม่มีภาพกราฟฟิกการใช้โปรแกรม

ผลการทำภาพไฮบริด (บางส่วน)



รูปที่ 17 แสดงภาพไฮบริด ซึ่งภาพนี้ถูกคำนวณให้มองเห็นเลข 5 ที่ระยะ 70 ซม. และมองเห็นเลข 0 ที่ระยะ 245 ซม. (ภาพถูกหมุน 90 องศาเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสม)



รูปที่ 18 แสดงภาพไฮบริด ซึ่งภาพนี้ถูกคำนวณให้มองเห็นเลข 8 ที่ระยะ 70 ซม. และมองเห็นเลข 2 ที่ระยะ 350 ซม. (ภาพถูกหมุน 90 องศาเพื่อให้มีขนาดที่เหมาะสม)

3 ผลการคำนวณค่าสายตาและระยะทางที่เหมาะสมในการคำนวณภาพไฮบริด

ผลการคำนวณค่าสายตา กับค่าระยะทางในการคำนวณภาพไฮบริด เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความถี่คัตออฟ โดยค่าความถี่คัตออฟที่คำนวณได้ถูกแสดงในสคริปต์สุดท้าย Convert CPD และค่าที่นำมาใช้คือ Convert CPD 60 และ 30 ซึ่งค่าอื่น ๆ ที่คำนวณได้ สามารถนำไปอ้างอิงในการพัฒนางานวิจัยต่อไปได้

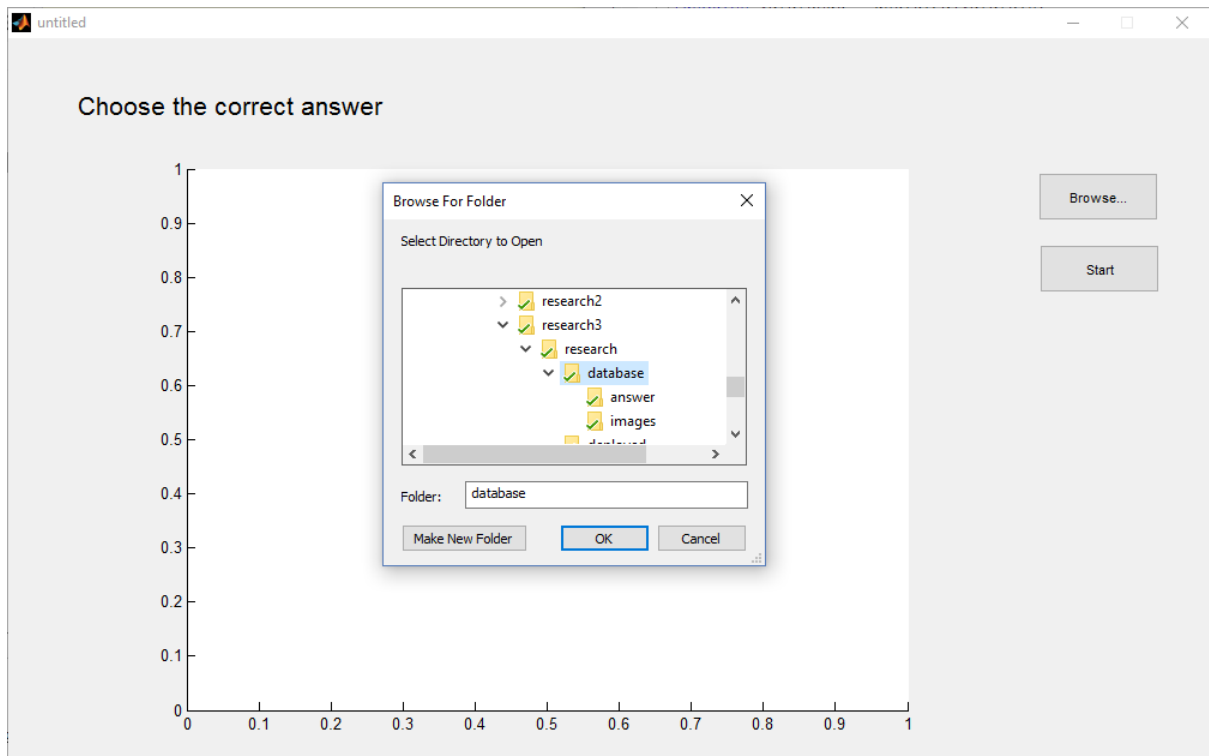
Patient (m)/	Normal (m)	Feet	MAR	logMAR	arc	Normal CPD	Convert CPD
6	60	20/200	10	1	50	300	60
6	30	20/100	5	0.7	25	150	30
6	21	20/70	3.5	0.5	17.5	105	21
6	15	20/50	2.5	0.4	12.5	75	15
6	12	20/40	2	0.3	10	60	12
6	9	20/30	1.6	0.2	7.5	45	9
6	7.5	20/25	1.25	0.1	6.25	37.5	7.5
6	6	20/20	1	0	5	30	6
6	4.8	20/16	0.8	-0.1	4	24	4.8
6	3.8	20/12.5	0.63	-0.2	3.17	19	3.8
6	3	20/10	0.5	-0.3	2.5	15	3

ตาราง 2 ตารางแสดงการแปลงค่าความถี่คัตออฟ Cycles per degree of visual angle สำหรับคำนวณภาพไฮบริดเพื่อให้ได้ภาพความถี่ที่เหมาะสมสำหรับระยะการมองที่ต่างกัน

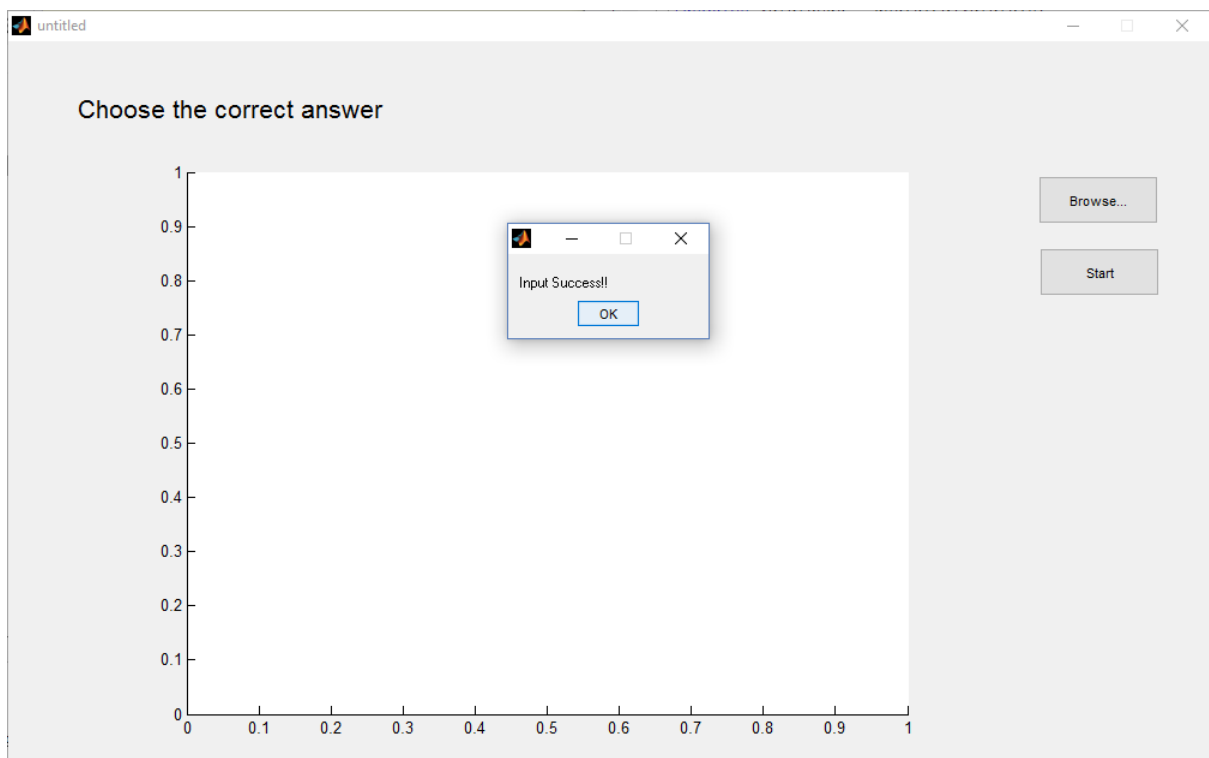
4 ผลการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ทดสอบสายตา หรือโปรแกรมเพื่อทำการทดลอง

โปรแกรมเพื่อการทดลองถูกพัฒนามบน Matlab โดยสามารถกดเริ่มต้นโปรแกรมได้โดย Run จาก file .m บน MATLAB โดยผลที่ได้จากการรันโปรแกรมมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

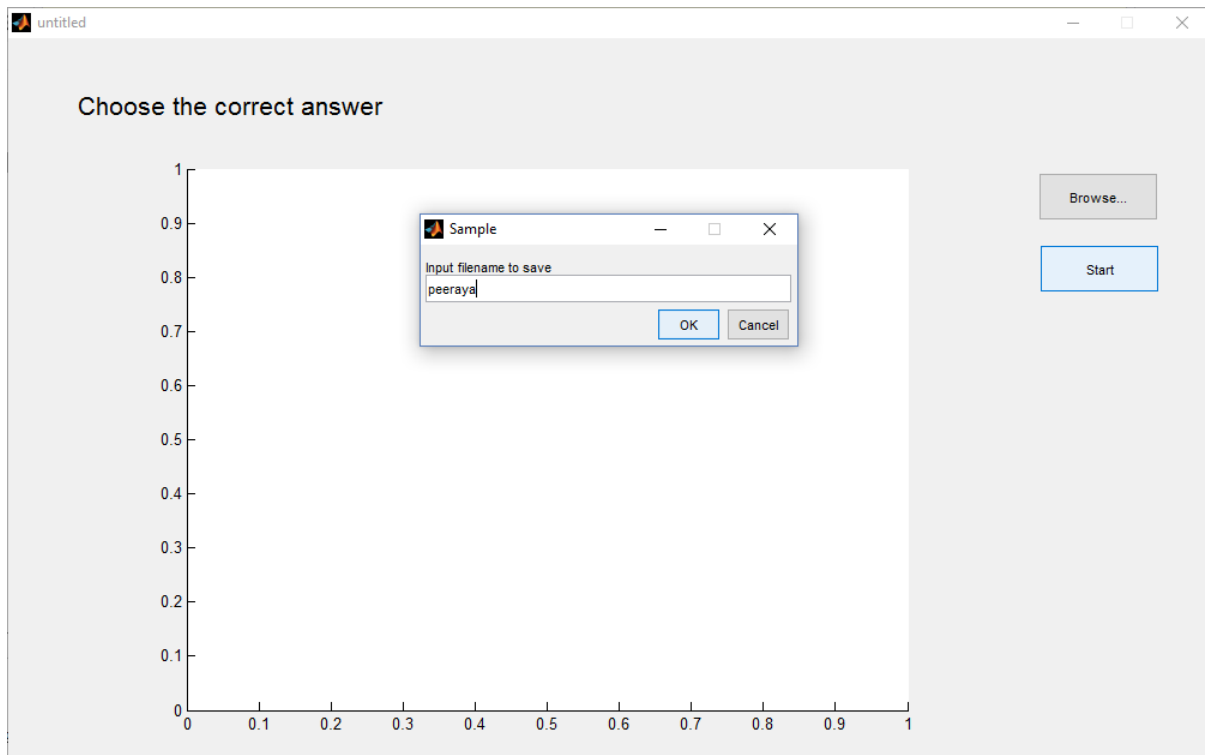
1. เริ่มต้นโปรแกรม โดยผู้ใช้กดปุ่ม Browse เพื่อชี้ไปยังแฟ้มรูปภาพที่มีภาพไฮบริดเพื่อใช้ในการทำการทดลองอยู่



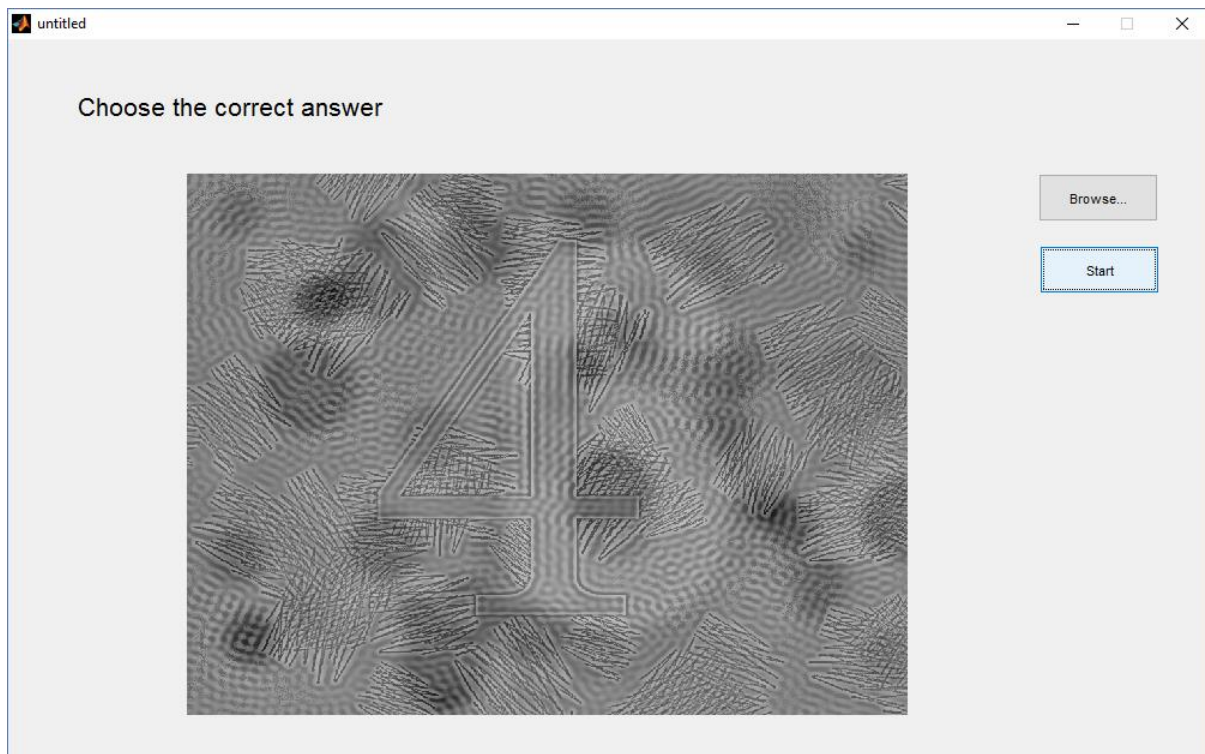
2. เมื่ออ่านไฟล์ภาพจากแฟ้มรูปภาพได้สำเร็จ จะขึ้น Dialog Box ว่า Input Success เพื่อเป็นสัญญาณในการเริ่มทำการทดลองได้



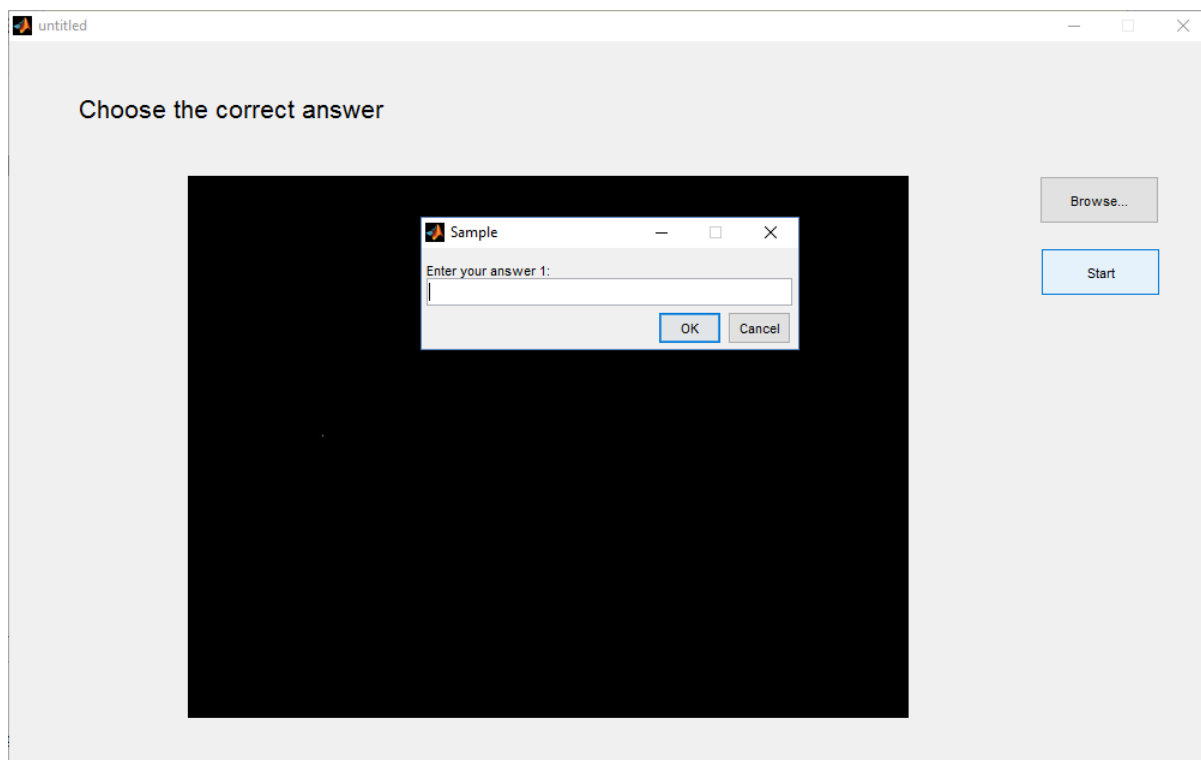
3. เมื่อกดปุ่ม Start ด้านข้าง ผู้ใช้ต้องระบุชื่อไฟล์ (ชื่อผู้ทำการทดลอง) เพื่อทำการเก็บผลการทดลองลงใน Input box



4. เริ่มทำการทดลอง โดยใน 1 set จะประกอบไปด้วยภาพไฮบริด (เรียงลำดับการแสดงผลแบบสุ่ม) แสดงเป็นเวลา 300 Milliseconds



5. ครบระยะเวลาที่แสดงภาพแล้ว โปรแกรมจะขึ้น Dialog box ให้ใส่ตัวเลขที่เห็น 2 ครั้ง โดยในขั้นตอนนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกไม่ใส่คำตอบแล้วกด OK ทั้ง 2 ครั้งได้ หลังจากกด OK ครบ 2 ครั้งแล้ว โปรแกรมทำการบันทึกคำตอบ และแสดง Inter stimulus interval (ISI) เป็นภาพ Noise เพื่อป้องกันภาพติดตาจากคำถามก่อนหน้านี้ ISI มีความยาวในการแสดง 500 Milliseconds



5 การทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบว่าภาพไฮบริดที่ถูกคำนวณด้วยความถี่คัตออฟแบบต่าง ๆ สามารถใช้ในการจำแนกบุคคลที่มีสายตาสั้น กับบุคคลที่มีปัญหาทางสายตาได้หรือไม่ โดยอ้างอิงจาก Contrast Sensitivity Function เพื่อคำนวณระยะการมองเห็นภาพความถี่ต่ำ โดยให้มีระยะแตกต่างกันตามค่าการเปรียบเทียบที่ได้คำนวณไว้แล้วในตาราง 2 ค่าที่นำมาใช้ในงานนี้คือ Ft. 20/100 และ Ft. 20/200 คือ ภาพไฮบริดจะคำนวณค่าคัตออฟสำหรับภาพความถี่ต่ำ เพื่อให้มองเห็นชัดในระยะ 100Ft. และระยะ 200 Ft. ตามลำดับ ดังนั้น คนที่มีสายตาสั้นจะมองไม่เห็นภาพความถี่ต่ำ เมื่อมองจากระยะการมองเห็น จอคอมพิวเตอร์ที่กำหนดไว้

5.1. สมมติฐานของการทดลอง

- คนที่มีสายตาสั้นจะสามารถตอบตัวเลขจากภาพความถี่สูง (High Frequency Image Recognition Score) ได้ถูกต้องมากกว่าคนที่มีสายตาสั้น

- คนที่มีสายตาสั้นจะสามารถตอบตัวเลขจากภาพความถี่ต่ำ (Low Frequency Image Recognition Score) ได้ถูกต้องมากกว่าคนที่มีสายตาปกติ

5.2. กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัคร 28 คนที่มีช่วงอายุระหว่าง 19 – 50 ปี เป็นเพศชาย 14 คนและเพศหญิง 14 คนเข้าร่วมในการทดลองครั้งนี้ โดยอาสาสมัครจำนวนครึ่งหนึ่งเป็นผู้ที่มีปัญหาทางสายตา (สายตาสั้น) ก่อนทำการทดลองอาสาสมัครที่มีปัญหาทางสายตาต้องถอดแว่นสายตาหรือคอนแทกเลนส์ ผู้วิจัยได้อธิบายถึงขั้นตอนการทดลองอย่างครบถ้วน และได้รับความยินยอมจากอาสาสมัครทุกราย ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง

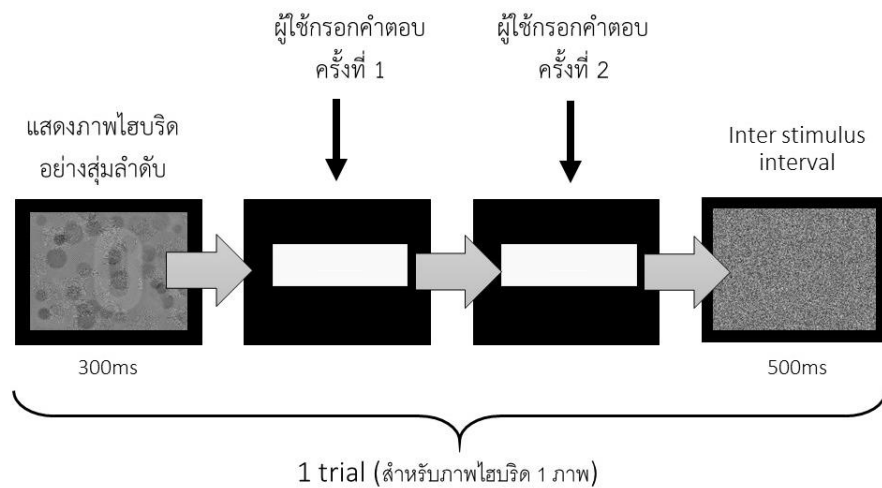
5.3. สิ่งเราที่ใช้ในการทดลอง

ภาพไฮบริดจำนวน 100 ภาพที่มีขนาด 1280 x 960 pixels โดยคำนวณค่าความถี่คัตออฟสำหรับภาพความถี่ต่ำจาก ค่าสายตาด้วยมาตรฐานของ Snellen Ft. 20/100 และ Ft. 20/200 ส่วนภาพความถี่สูงจะคำนวณโดยใช้ระยะมองจริง คือจากค่าสายตา Ft. 20/20 หรือสรุปง่าย ๆ ว่า ภาพความถี่ต่ำจะถูกคำนวณให้มองเห็นที่ระยะ 350 ซม. และ 700 ซม. ตามลำดับ ส่วนภาพความถี่สูงจะถูกคำนวณให้มองเห็นที่ระยะ 70 ซม. อยู่แล้วตามระยะห่างจริงของสายตากับจอคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่นำมาประกอบกันเป็นภาพไฮบริด เป็นภาพที่ถูกสร้างขึ้นมาจากคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยตัวเลขเดี่ยวดังรูปที่ 17 และ รูปที่ 18 โดยมีเงื่อนไขว่าจะไม่ซ้อนภาพที่มีตัวเลขซ้ำกัน และตัวเลขในภาพความถี่สูง และตัวเลขในภาพความถี่ต่ำมีความเหลื่อมกันไม่มากนักน้อย ภาพไฮบริดที่แสดงถูกกำหนดให้อยู่ตรงกลางจอ และไม่มีสัญญาณรบกวนใดๆ ระหว่างการทดลอง

5.4. วิธีการทดลอง

การทดลองนี้ประกอบไปด้วย 100 Trial โดยในแต่ละ Trial จะมีขั้นตอนตามรูปที่ 19 ลำดับในการแสดงภาพไฮบริดเป็นแบบสุ่ม หลังจากแสดงภาพไฮบริดจะมีกล่องข้อความให้ผู้ใช้ออกคำตอบ 2 ครั้ง คือตัวเลขที่เห็นในภาพทั้งสองภาพ ถ้าผู้ใช้เห็นทั้งเพียงตัวเลขเดียว สามารถกด Enter เพื่อส่งคำตอบเปล่าได้ ระยะเวลาในการรับคำตอบไม่มีกำหนด เมื่อส่งคำตอบครั้งที่ 2 แล้ว โปรแกรมจะแสดงภาพ Noise เพื่อป้องกันการเกิดภาพติดตา ก่อนจะเริ่ม Trial ต่อไป



รูปที่ 19 ขั้นตอนการทดสอบสายตาด้วยภาพไฮบริด

6 ผลการทดลอง

คำตอบที่อาสาสมัครกรอกในแต่ละ Trial ถูกนำมาวิเคราะห์เป็นคะแนนความถูกต้องสำหรับภาพความถี่ต่ำ และภาพความถี่สูง โดยอาสาสมัครทั้งหมดถูกแยกเป็นกลุ่มสายตาปกติ (Normal) และสายตาสั้น (Abnormal) ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4 ตามลำดับ

ภาพไฮบริด	สายตา	N	Mean	Std. Deviation
20/100	ปกติ	14	41.21	6.05
	สั้น	14	39.07	15.33
20/200	ปกติ	14	18.50	7.82
	สั้น	14	28.50	14.39

ตาราง 3 แสดงคะแนนความถูกต้องโดยเฉลี่ยสำหรับภาพความถี่ต่ำ
แยกตามกลุ่มอาสาสมัครที่มีสายตาปกติ และสายตาสั้น

ภาพไฮบริด	สายตา	N	Mean	Std. Deviation
20/100	ปกติ	14	45.07	9.19
	สั้น	14	23.07	16.84
20/200	ปกติ	14	48.50	2.24
	สั้น	14	26.86	17.76

ตาราง 4 แสดงคะแนนความถูกต้องโดยเฉลี่ยสำหรับภาพความถี่สูง
แยกตามกลุ่มอาสาสมัครที่มีสายตาปกติ และสายตาสั้น

จากคะแนนเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น จะสามารถมองเห็นภาพความถี่ต่ำได้ดีกว่าอาสาสมัครที่มีสายตาทปกติ ในกลุ่มภาพไฮบริดที่ภาพความถี่ต่ำถูกคำนวณด้วยค่าสายตา Ft. 20/200 ในขณะเดียวกันอาสาสมัครที่มีสายตาสั้นได้คะแนนน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องในการมองภาพความถี่สูง ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐาน

6.1. การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Independent t-test

เมื่อนำคะแนนความถูกต้องไปวิเคราะห์ตามหลักสถิติ Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า คะแนนของการมองภาพความถี่ต่ำที่คำนวณด้วย Ft.20/100 โดยจำแนกตามอาสาสมัครสายตาทปกติ ($\bar{x}$ =41.21 SD=6.05) และอาสาสมัครสายตาสั้น ($\bar{x}$ =39.07 SD=15.33) นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(19.96) = 0.49, p = 0.63$)

ในขณะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องของการมองภาพความถี่ต่ำที่คำนวณด้วย Ft.20/200 โดยจำแนกตามอาสาสมัครสายตาทปกติ ($\bar{x}$ =18.50 SD=7.82) และอาสาสมัครสายตาสั้น ($\bar{x}$ =28.50 SD=14.39) พบว่าคะแนนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(20.06) = -2.28, p < 0.05$)

เช่นเดียวกันกับคะแนนความถูกต้องในการมองภาพความถี่สูง ที่คำนวณด้วย Ft.20/100 โดยจำแนกตามอาสาสมัครที่มีสายตาทปกติ ($\bar{x}$ =45.07 SD=9.19) และอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น ($\bar{x}$ =23.07 SD=16.84) พบว่า คะแนนความถูกต้องของการมองภาพความถี่สูงนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(20.11) = 4.29, p < 0.0001$) เช่นเดียวกับเมื่อเปรียบเทียบคะแนนความถูกต้องในการมองภาพความถี่สูง ที่คำนวณด้วย Ft. 20/200 โดยจำแนกตามอาสาสมัครที่มีสายตาทปกติ ($\bar{x}$ =48.50 SD=2.24) และอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น ($\bar{x}$ =26.86 SD=17.76) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างพบว่า คะแนนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(13.42) = 4.52, p < 0.01$).

สรุป

1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ยืนยันว่า ภาพไฮบริดสามารถนำมาใช้ในการจำแนกบุคคลที่มีภาวะสายตาสั้น กับบุคคลที่มีภาวะสายตาทื่อออกจากกันได้ โดยผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณภาพไฮบริด สำหรับใช้แทนแบบทดสอบทางสายตาขึ้น และผลการทดสอบกับอาสาสมัครที่มีสายตาทื่อ และอาสาสมัครที่มีสายตาสั้น กลุ่มละ 14 คน พบว่า ภาพไฮบริดสามารถใช้ในการจำแนกบุคคลที่มีภาวะสายตาสั้น กับบุคคลที่มีภาวะสายตาทื่อออกจากกันได้ งานวิจัยนี้จึงยืนยันว่า ภาพไฮบริดนั้นสามารถนำไปต่อยอดพัฒนา โดยการคำนวณค่าความถี่คัตออฟที่เหมาะสมกับค่าสายตาในแบบต่าง ๆ เพื่อคำนวณภาพไฮบริดที่เหมาะสมสำหรับนำไปเป็นเครื่องมือในการตรวจวัดสายตาในอนาคตได้

2 ข้อเสนอแนะ

หลังจากการดำเนินโครงการนี้ ผู้วิจัยสามารถดำเนินโครงการต่อไปคือการพัฒนาโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับคำนวณค่าสายตาหลายระดับ โดยใช้ภาพไฮบริด ในการพัฒนาขั้นต่อไปนั้น จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่มากขึ้น ซึ่งผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมสำหรับคำนวณค่าสายตาหลายระดับเพื่อทำการเก็บข้อมูลนั้น ควรมียูเซอร์อินเทอร์เฟซที่เหมาะสมและน่าสนใจมากกว่านี้
2. ควรมีการเก็บข้อมูลระดับสายตาของผู้ใช้ลงในโปรแกรม หรือมีการทดสอบสายตาก่อนเพื่อความถูกต้องในการคำนวณ
3. เนื่องจากเป็นโปรแกรมทดลอง จึงควรเน้นกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าระดับสายตาใกล้เคียงกัน
4. ควรปรึกษาจักษุแพทย์เพื่อทดสอบโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

1. Holden, B.A., et al., *Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050*. Ophthalmology, 2016. **123**(5): p. 1036-1042.
2. Morgan, I. and K. Rose, *How genetic is school myopia?* Progress in retinal and eye research, 2005. **24**(1): p. 1-38.
3. Morgan, I.G., K. Ohno-Matsui, and S.-M. Saw, *Myopia*. The Lancet, 2012. **379**(9827): p. 1739-1748.
4. Spaide, R.F., K. Ohno-Matsui, and L.A. Yannuzzi, *Pathologic myopia*. 2014.
5. Pan, C.W., D. Ramamurthy, and S.M. Saw, *Worldwide prevalence and risk factors for myopia*. Ophthalmic and Physiological Optics, 2012. **32**(1): p. 3-16.
6. Javitt, J.C. and Y.-P. Chiang, *The socioeconomic aspects of laser refractive surgery*. Archives of Ophthalmology, 1994. **112**(12): p. 1526-1530.
7. Sripian, P. and Y. Yamaguchi. *Shape-free hybrid image*. in *Proceedings of the Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering*. 2012. Eurographics Association.
8. Oliva, A., A. Torralba, and P.G. Schyns, *Hybrid images*. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2006. **25**(3): p. 527-532.
9. Schyns, P.G. and A. Oliva, *Dr. Angry and Mr. Smile: When categorization flexibly modifies the perception of faces in rapid visual presentations*. Cognition, 1999. **69**(3): p. 243-265.
10. Oliva, A. and P.G. Schyns, *Coarse blobs or fine edges? Evidence that information diagnosticity changes the perception of complex visual stimuli*. Cognitive psychology, 1997. **34**: p. 72-107.
11. Fattal, R., D. Lischinski, and M. Werman. *Gradient domain high dynamic range compression*. in *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2002. ACM.

12. Landy, M. *Perception Lecture Notes: Spatial Frequency Channels*. [cited 2016; Available from: <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/channels/channels.html>.
13. Campbell, F.W. and J. Robson, *Application of Fourier analysis to the visibility of gratings*. The Journal of physiology, 1968. **197**(3): p. 551-566.
14. Schleber, F., *Aging and the senses*. Handbook of mental health and aging, 2013: p. 251.
15. Ohzawa, I. *Make Your Own Campbell-Robson Contrast Sensitivity Chart*. [cited 2016; Available from: http://ohzawa-lab.bpe.es.osaka-u.ac.jp/ohzawa-lab/izumi/CSF/A_JG_RobsonCSFchart.html.
16. Gonzalez, R.C., *Digital image processing*. 2009: Pearson Education India.
17. Pamplona, V.F., et al. *NETRA: interactive display for estimating refractive errors and focal range*. in *ACM Transactions on Graphics (TOG)*. 2010. ACM.
18. MoLiGu. *Eyesight Test and care*. 2015 May 30, 2015 [cited 2016; 1.9.1:[Available from: <https://itunes.apple.com/us/app/eyesight-test-and-care/id461739363?mt=8>.
19. Bradski, G. and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. 2008: " O'Reilly Media, Inc."