

## อายุการ์ด: ซอฟต์แวร์มอดูลเพื่อลดปัจจัยการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

### EyeGuard: A Software Module for Reducing Factors Causing Computer Vision Syndrome

วันฉัตร พุกนท<sup>1</sup>, จิติมนต์ อังสกุล<sup>2</sup>, ธรา อังสกุล<sup>3</sup>

Wanchat Pookhantod<sup>1</sup>, Jitimon Angskun<sup>2</sup>, Thara Angskun<sup>3</sup>

Received : 27 February 2018 ; Accepted : 6 July 2018

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพบผู้มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมหรืออาการเจ็บป่วยทางสายตาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอซอฟต์แวร์มอดูลชื่ออายุการ์ดเพื่อลดปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการพัฒนามอดูลในงานวิจัยนี้ได้แก่ การกระพริบตา ระยะห่างระหว่างตาผู้ใช้กับหน้าจอ เวลาในการเพ่งมองจออุปกรณ์ และองศาในการเพ่งมองจอ อายุการ์ดใช้หลักการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ และมีเอพีไอ เพื่อให้ นักพัฒนาท่านอื่นสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ ผลการทดลองพบว่า ในการตรวจจับระยะ 40 , 60, 80 เซนติเมตร มีค่าเอ็มเออีเท่ากับ 2.36, 1.58, 1.09 ตามลำดับ และค่าอาร์เอ็มเออีเท่ากับ 2.80, 2.01, 1.38 ตามลำดับ การตรวจจับมุมองศา 3, 6, 9, 12, 15 องศา มีค่าเอ็มเออีเท่ากับ 0.081, 0.094, 0.091, 0.090, 0.138 ตามลำดับ และค่าอาร์เอ็มเออีเท่ากับ 0.121, 0.113, 0.129, 0.127, 0.162 ตามลำดับ การตรวจจับการกระพริบตามีค่าเอ็มเออี 2.95 และค่าอาร์เอ็มเออีเท่ากับ 4.01 ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอายุการ์ดมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานได้จริง

**คำสำคัญ:** คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ซอฟต์แวร์มอดูล อุปกรณ์สารสนเทศ

#### Abstract

Currently, there are many people who have computer vision syndrome or visual ailments which are caused by looking at information devices for too long. Therefore, this research proposes a software module called EyeGuard to reduce the factors that cause the occurrence of computer vision syndrome. The factors that are considered in developing the module in this research are number of blinking eyes when users focus on information devices, the distance between the user's eyes and the screen, and the looking angle. EyeGuard employs the principle of human computer interaction without adding burden to the user. In addition, EyeGuard also provides an API (Application Programming Interface) for other developers. The results indicate that distances of 40, 60 and 80 centimeters have MAE of 2.36, 1.58, 1.09 and RMSE of 2.80, 2.0, 1.83, respectively. The looking angles of 3, 6, 9, 12, 15 degrees have MAE of 0.081, 0.094, 0.091, 0.090, 0.138 and RMSE of 0.121, 0.113, 0.129, 0.127 and 0.162, respectively. The number of blinking has MAE of 2.95 and RMSE of 4.01. These results indicate that EyeGuard has potential for use in practice.

**Keywords:** computer vision syndrome, software, module, information device

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, <sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

<sup>1</sup> Graduate Student, <sup>2</sup> Assistant Professor, <sup>3</sup> Assistant Professor., School of Information Technology, Institute of Social Technology, Suranaree University of Technology, 111, University Ave., Tumbon Suranaree, Muang Nakhon Ratchasima District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand, 1Email: exandwhy666@yahoo.com

## บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ อาทิ คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ได้เข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ การใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศเหล่านี้ ทำให้เกิดผลกระทบตามมาหลายด้าน รวมถึงด้านสุขภาพทางตาของผู้ใช้งาน เพราะอุปกรณ์สารสนเทศมีจอแสดงผลเพื่อติดต่อกับมนุษย์ ทำให้ดวงตาเป็นศูนย์กลางในการติดต่อสื่อสารหลักของมนุษย์กับอุปกรณ์ จากพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้ในปัจจุบัน มีการใช้งานอุปกรณ์เฉลี่ยวันละ 16 ชั่วโมง<sup>1</sup> ทำให้ส่งผลเสียต่อสุขภาพของดวงตาเป็นอย่างมาก โดยร้อยละ 90 ของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานจะมีอาการ ปวดตา ปวดหัว รู้สึกไม่สบายตา เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ<sup>2</sup> อาการเหล่านี้เรียกรวมว่าอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม<sup>3</sup> ในปีพุทธศักราช 2550 มีรายงานพบผู้มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม 60 ล้านคน และมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน โดยในแต่ละปีจะมีจำนวนผู้มีอาการเพิ่มขึ้นเป็นล้าน ๆ คน<sup>4</sup> Akinbinu ได้กล่าวว่าปัจจุบันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมได้กลายเป็นเรื่องธรรมดาสำหรับผู้ใช้คอมพิวเตอร์<sup>5</sup> โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมไม่ได้ส่งผลกระทบต่อด้านสุขภาพเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจและการเงิน ในปีพุทธศักราช 2545 Rosenfield คาดการณ์ว่านายจ้างในประเทศสหรัฐอเมริกาต้องจ่ายค่ารักษาพยาบาลให้แก่ลูกจ้างที่มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมประมาณ 2,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี<sup>2</sup>

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดจะพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์อายุการวัด ที่ช่วยลดปัจจัยที่ไม่เหมาะสมกับการใช้ดวงตากับอุปกรณ์สารสนเทศ เพื่อป้องกันการเกิดอาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้หลักการของการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขั้นพื้นฐานมาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์มอดูล มอดูลอายุการวัดไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม ทำให้นักพัฒนาท่านอื่นสามารถนำมอดูลอายุการวัดไปพัฒนาต่อยอดได้

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาการคอมพิวเตอร์ เพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยมุ่งเน้นการลดปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค Jennifer<sup>6</sup> นำเสนอวิธีการตรวจจับการกระพริบตาเพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมโดยใช้กล้องเว็บแคมที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ระบบจะบังคับให้ผู้ใช้ทำการกระพริบ 1 ครั้ง ใน 4 วินาที ซึ่งจะนับเฟรมจากกล้องหากผู้ใช้ไม่ทำการกระพริบตาในช่วงที่ระบบกำหนดจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ ซึ่งมีการตรวจจับการกระพริบเหมือนมอดูลอายุการวัดแตกต่างกันในส่วนของการ

แจ้งเตือน อายุการวัดจะแจ้งเตือนตามจำนวนครั้งต่อหน้าที่ Han<sup>7</sup> นำเสนอการตรวจจับการกระพริบตาบนสมาร์ตโฟนเพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้อัลกอริทึมที่มีขนาดเบาและเร็ว สามารถจับการกระพริบตาได้แม้อุปกรณ์มีการเคลื่อนไหว เช่นกันมอดูลอายุการวัดสามารถตรวจจับการกระพริบตากับอุปกรณ์ที่มีการเคลื่อนไหวได้โดยใช้การคำนวณค่าโอเออาร์ Ho<sup>8</sup> นำเสนอแอปพลิเคชันที่ป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมบนสมาร์ตโฟน โดยจะใช้การตรวจจับระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอสมาร์ตโฟน ระบบจะใช้กล้องหน้าของสมาร์ตโฟนเป็นตัวตรวจจับระยะห่างของผู้ใช้ ในงานวิจัยนี้ยังมีการเชื่อมโยงกับการแจ้งเตือนที่ไม่คุกคามหรือเป็นมิตรกับผู้ใช้ ตามหลักการปฏิสัมพันธ์คอมพิวเตอร์กับมนุษย์ (HCI : Human Computer Interaction) มอดูลอายุการวัดสามารถจับระยะใบหน้าของผู้ใช้ได้เช่นกัน แต่ยังไม่มีการทดลองเรื่องการแจ้งเตือน Today<sup>9</sup> นำเสนอระบบตรวจจับระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอ และองศาของคอในการใช้คอมพิวเตอร์ โดยระบบจะใช้การเชื่อมต่อกับกล้องสองตัวคือกล้องหน้าคอมพิวเตอร์เพื่อจับระยะห่าง กล้องด้านข้างจับองศาของคอ และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อมีการจัดสรีระที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน มอดูลอายุการวัดสามารถตัวจับระยะห่างจากกล้องเช่นกันแต่ไม่มีโหมดการตรวจจับการเอียงของคอ เพราะเน้นการทำงานจากกล้องเพียงตัวเดียว Wasnik<sup>10</sup> นำเสนอระบบตรวจจับระยะ มุมองศา และการเต้นของชีพจร เพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยจะมีตัวรับรู้ (sensor) ติดไว้กับตัวผู้ใช้ การตรวจจับระยะจะใช้อัลตราโซนิก (Ultrasonic) เป็นเซนเซอร์ตรวจจับระยะห่าง การตรวจจับชีพจรเพื่อดูความตึงเครียดใช้พัลส์เซนเซอร์ (Pulse Sensor) ติดไว้กับผู้ใช้ การตรวจจับมุมมองการใช้ แอคเซโรมิเตอร์ (Accelerometer) โดยทั้งหมดจะเชื่อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อัลดูอิโน (Arduino) เมื่อมีการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ระบบจะทำการแจ้งเตือนผ่านสมาร์ตโฟน เช่นกันอายุการวัดสามารถตรวจจับระยะห่างและมุมมองจากกล้องเพียงตัวเดียว โดยไม่จำเป็นต้องติดอุปกรณ์เสริมลงบนร่างกายของผู้ใช้ ซึ่งจะไปรบกวนผู้ใช้งาน Julius<sup>11</sup> พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อป้องกันการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมโดยมุ่งเน้นไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์สำนักงาน ระบบใช้แนวทางของกฎ 20-20-20 จะบังคับให้ผู้ใช้หยุดพักทุก 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 นาที ด้วยการลือคหน้าจอ แต่มอดูลอายุการวัดจะตรวจจับเวลาเฉพาะเวลาที่ผู้ใช้เพ่งมองจอเท่านั้น อย่างไรก็ตามอายุการวัดจะไม่บังคับให้ผู้ใช้หยุดการใช้งานอุปกรณ์ แต่ทำการแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้หยุดการทำงานด้วยความสมัครใจ โดยคุณลักษณะของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดสามารถเปรียบเทียบับงานวิจัยนี้ได้ดัง Table 1

**Table 1** Related work comparison

Author	Factors				Device		HCI
	blink	distance	angle	time	computer	smartphone	Not disturb
Jennifer (2017) <sup>6</sup>	✓				✓		
Han (2012) <sup>7</sup>	✓					✓	✓
Ho (2015) <sup>8</sup>		✓				✓	✓
Toda (2015) <sup>9</sup>		✓	✓				✓
Wasnik (2016) <sup>10</sup>		✓	✓		✓		
Julius (2014) <sup>11</sup>				✓	✓		✓
EyeGuard	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

คุณลักษณะที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ด้านปัจจัยประกอบด้วย การกระพริบตา ระยะห่างระหว่างจออุปกรณ์กับดวงตาผู้ใช้ มุมองศาที่ผู้ใช้มองจออุปกรณ์ และเวลาที่ผู้ใช้มองจออุปกรณ์ คุณลักษณะด้านอุปกรณ์ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประเภทสมาร์ทโฟน คุณลักษณะด้านการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ในแง่ของการรบกวนผู้ใช้งาน

### โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมคือการเจ็บป่วยทางตาที่เกี่ยวข้องกับการเพ่งมองจออุปกรณ์คอมพิวเตอร์<sup>2</sup> โดยมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุในการเกิดโรค ได้แก่ ระยะเวลาในการทำงาน การกระพริบตา เพศ อายุ ปัญหาทางสายตา การรับยาของผู้ใช้ ระยะห่างระหว่างสายตากับหน้าจอ องศาของดวงตากับหน้าจอ ความคมชัดของจอแสดงผล แสงที่มาจากจอ แสงที่อยู่รอบผู้ใช้งานและ แสงสะท้อนของหน้าจอ<sup>12</sup>

ระยะเวลาในการทำงานเป็นปัจจัยที่มาจากตัวผู้ใช้ เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการตาเมื่อยล้า เพราะการทำงานอยู่หน้าจออุปกรณ์สารสนเทศติดต่อกันเป็นเวลานาน ดวงตาต้องเผชิญการมองเห็นที่ปรับเปลี่ยนตลอดเวลา โดยธรรมชาติของดวงตาจะต้องโฟกัสให้มนุษย์เห็นภาพชัดที่สุด เมื่อต้องโฟกัสความคมชัดตลอดเวลา ทำให้กล้ามเนื้อดวงตาทำงานหนัก ทำให้มีอาการตาเมื่อยล้า และจะมีอาการประเภทการมองเห็นภาพเบลอ ภาพซ้อน ตามมาจากอาการตาเมื่อยล้า โดยอาการเหล่านี้จัดอยู่ในอาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ซึ่งระยะการทำงานที่เหมาะสมเป็นหนึ่งในกฎ 20-20-20 ซึ่งเป็นการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขั้นพื้นฐาน

กล่าวคือ ทุก 20 นาที ให้พักจากหน้าจอ มองออกไปข้างนอก ประมาณ 20 ฟุต เป็นเวลาอย่างน้อย 20 วินาที<sup>13</sup>

การกระพริบตานั้นน้อยลงเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดอาการตาแห้ง ที่หนึ่งในอาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม การกระพริบตาเป็นการเคลือบของเหลวในดวงตาให้เคลือบผิวของดวงตา เพื่อรักษาความชุ่มชื้นของเลนส์ตาอยู่เสมอ แต่เมื่อผู้ใช้ได้เพ่งมองอุปกรณ์สารสนเทศ ทำให้อัตราการกระพริบตาน้อยลงกว่าปกติถึงร้อยละ 60 โดยที่ผู้ใช้ไม่รู้ตัวเองว่าได้กระพริบตาน้อยลง ส่งผลให้ผิวของตาแห้งและอาจจะถึงขั้นติดเชื้อตา<sup>1</sup>

ระยะห่างระหว่างสายตากับหน้าจอ เป็นปัจจัยในด้านพฤติกรรมของผู้ใช้ ปัจจัยเกี่ยวข้องกับการมองเห็นที่ไม่เหมาะสมและการได้รับแสงจ้าจากหน้าจอ อุปกรณ์สารสนเทศ การมองเห็นที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่ปรับสภาพการมองเห็นในดวงตา การมองเห็นที่ไม่ชัดเจนจะส่งผลให้เลนส์ภายในดวงตาปรับความคมชัดอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดอาการตาเมื่อยล้า โดยที่ระยะการมองเห็นที่เหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ที่ประมาณ 50-70 เซนติเมตร

องศาของดวงตากับหน้าจอ เป็นปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้ใช้ และเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยป้องกันอาการตาแห้งและอาการตาเมื่อยล้า การวางสายตาที่เหมาะสมในการทำงานจะทำให้กล้ามเนื้อที่ควบคุมเลนส์ตาไม่ต้องทำงานหนักในเรื่องของการปรับความคมชัด ซึ่งการที่เลนส์ในตาปรับความคมชัดบ่อยครั้งจะเป็นสาเหตุของอาการตาเมื่อยล้า การวางสายตาทำมุมต่ำกับหน้าจอคอมพิวเตอร์ในองศาที่พอเหมาะ จะช่วยให้สารเหลวในดวงตาเคลือบผิวของดวงตาได้ ซึ่งจะช่วยในการป้องกันอาการตาแห้ง

เพศเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดอาการตาแห้ง สาเหตุของอาการตาแห้งนี้ มาจากต่อมที่สร้างของเหลวภายในดวงตาคงที่ต่อมที่สร้างของเหลวในเพศชายและเพศหญิง จะสร้างของเหลวปริมาณแตกต่างกัน โดยที่เพศหญิงจะมีปริมาณของเหลวในดวงตาน้อยกว่าเพศชาย จึงทำให้ผู้หญิงมีโอกาสเป็นอาการตาแห้งมากกว่าผู้ชาย เพราะสาเหตุนี้ถ้าผู้หญิงมีการกระพริบตามากขึ้นจะช่วยรักษาความชุ่มชื้นให้กับผิวของดวงตาเพื่อป้องกันอาการตาแห้งที่จะเกิดขึ้น

อายุเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคมชัดในการมองเห็น ปัญหานี้มักจะเกิดขึ้นกับกลุ่มผู้ใช้ที่มีอายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป เพราะกลุ่มช่วงอายุนี้จะมีปัญหาเรื่องสายตาโดยธรรมชาติ<sup>14</sup> การมองเห็นที่ขาดความคมชัดจะส่งผลกับดวงตา เนื่องจากเลนส์ในดวงตามนุษย์จะปรับหาความชัดจนดีที่สุด เมื่อมีการมองเห็นที่ไม่ชัดจนดวงตาจะพยายามปรับหาความคมชัดอยู่ตลอดเวลา ทำให้กล้ามเนื้อที่ควบคุมส่วนนั้นเกิดการเมื่อยล้า

ปัจจัยการมองเห็นที่มีอยู่แล้วของตัวผู้ใช้และการได้รับยาที่มีผลต่อดวงตา เป็นปัจจัยที่ติดตัวอยู่กับผู้ใช้ ปัญหาการมองเห็นที่มีอยู่ก่อน อาทิ เช่น สายตาสั้น สายตายาว จะมีผลต่ออาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชันซินโดรมหลายอาการ เช่น อาการตาเมื่อยล้า มองเห็นภาพเบลอและภาพซ้อน การได้รับยามีผลต่อต่อมของเหลวภายในตา ซึ่งจะมีผลต่ออาการตาแห้ง

แสงหรือภาพสะท้อนที่เกิดจากแสงที่อยู่เหนือศีรษะ แสงเมื่อตกกระทบลงบนหน้าจออุปกรณ์จะรบกวนการมองเห็น ซึ่งเมื่อมีการรบกวนการมองเห็นที่มาก ตาจะทำงานหนักส่งผลให้เกิดอาการตาเมื่อยล้า และมีอาการเห็นภาพซ้อน ภาพเบลอตามมา

ปัจจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้จัดกลุ่มออกเป็นสองกลุ่มคือ ปัจจัยในกลุ่มทางพฤติกรรม ได้แก่ เวลาในการเพ่งมองจอ การกระพริบตา ระยะระหว่างตากับหน้าจอ องศาของมุมในการมอง และปัจจัยในกลุ่มกายภาพของผู้ใช้และสภาพแวดล้อม ได้แก่ เพศ อายุ ปัญหาทางสายตาของผู้ใช้ แสงสะท้อน งานวิจัยนี้พิจารณาเฉพาะปัจจัยทางพฤติกรรมในการพัฒนามอดูลอายุการ์ด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อายุการ์ดสามารถแนะนำให้ผู้ใช้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ที่เหมาะสมกับการใช้งานอุปกรณ์ได้

### มอดูลเพื่อลดปัจจัยการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชันซินโดรม

ผู้วิจัยได้เลือกปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรคคอมพิวเตอร์วิชันซินโดรมมาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูลอายุการ์ดทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ การกระพริบตา ระยะห่างระหว่างหน้าจอกับตาผู้ใช้ เวลาที่ใช้งาน องศาการมองจอ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ได้วิเคราะห์ความสอดคล้องของสาเหตุการเกิดโรคการทำงานของอายุการ์ด และวิธีการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชันซินโดรมได้แสดงใน Table 2

**Table 2** The relationship of EyeGuard and factors cause computer vision syndrome

Factor	Cause	Symptom	Module	Protect
Blink	Blink less	Dry eye	Detect blink	Blink at least 20-24 time/ minutes
Distance	Distance improper	Dry eye Asthenopia	Detect distance	Appropriate distance is 50-70 cm
Time	Eye to long	Asthenopia	Detect time	Rest 15 minutes every 2 hours
Angle	Angle improper	Dry eye Asthenopia	Detect angle	Eyes are positioned 10-15 degrees to the screen

อายุการ์ดจะตรวจจับจำนวนการกระพริบตาของผู้ใช้ในการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ เพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนการกระพริบตาที่ป้องกันโรค โดยอายุการ์ดจะตรวจจับการกระพริบตาที่ 3 วินาทีต่อ 1 ครั้ง หรือ 20 ครั้งต่อนาที นอกจากนั้นอายุการ์ดจะจับระยะห่างและมุมมองที่ไม่เหมาะสมในการใช้งานของผู้ใช้ โดยระยะห่างที่เหมาะสมกับการใช้งานอยู่ที่ 50-80 เซนติเมตร องศาการมองที่เหมาะสมอยู่ที่ 10 - 15 องศา และอายุการ์ดจะแจ้งเตือนเวลาการทำงานของผู้ใช้ ให้ผู้ใช้รู้เวลาในการใช้สายตาตามองจออุปกรณ์สารสนเทศโดยจะเตือน

ทุก ๆ 20 นาที และทุก ๆ 2 ชั่วโมงในการทำงาน มอดูลอายุการ์ดพัฒนาด้วยภาษาไพธอน (Python) ซึ่งเป็นภาษาที่มีความนิยมมากในปัจจุบัน ง่ายต่อการใช้งาน ไม่ยึดติดแพลตฟอร์ม การพัฒนามอดูลอายุการ์ดจะยึดหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ (HCI) ในแง่ที่มอดูลจะไม่เพิ่มภาระให้ผู้ใช้งาน เช่น คลิก หรือ กรอกข้อมูลการทำงานของมอดูลอายุการ์ด ผู้ใช้งานไม่ต้องทำอะไรเพิ่มเติม จากงานที่ทำอยู่ในการเข้าใช้อุปกรณ์สารสนเทศ โดยอายุการ์ดทำงานด้วยการจับใบหน้าของผู้ใช้ ผ่านกล้องที่เชื่อมต่อ

อยู่กับอุปกรณ์ของผู้ใช้ และทำการแจ้งเตือนถึงสถานะการใช้งาน ที่เป็นปัจจัยในการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เพื่อให้ผู้ใช้รับพฤติกรรมการใช้งานที่เหมาะสม Figure 1 แสดงสถาปัตยกรรมของมอดูลอายุการ์ด เมื่อผู้ใช้เปิดใช้งานอุปกรณ์ มอดูลจะเปิดกล้องที่เชื่อมกับอุปกรณ์ของผู้ใช้ เพื่อที่จะนำค่าตำแหน่งใบหน้าและดวงตาของผู้ใช้เข้ามาวิเคราะห์ ตรวจสอบปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรค โดยใช้หลักการการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เมื่อวิเคราะห์เสร็จจะแจ้งเตือนปัจจัยที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานให้ผู้ใช้ทราบ เพื่อให้ผู้ใช้ปรับเปลี่ยนการใช้งานให้เหมาะสม

การตรวจจับการกระพริบตาในงานวิจัยนี้ จะใช้การหาค่าอีเออาร์ (EAR: eye aspect ratio)<sup>15</sup> เป็นการคำนวณหาอัตราการกระพริบตา ด้วยการจับค่าของจุดบริเวณรอบดวงตาดังได้แสดงใน Figure 2 มอดูลจะทำการจับตำแหน่งจุดของดวงตาจากโมเดลเอสบีเอ็ม (SVM : Support Vector Machine) จากงานวิจัยของ King<sup>16</sup> ซึ่งตรวจจับคุณลักษณะของดวงตาบนใบหน้า เมื่อทราบตำแหน่งจุดบริเวณรอบดวงตา นำมาคำนวณหาค่าอีเออาร์ด้วยสมการที่ 1

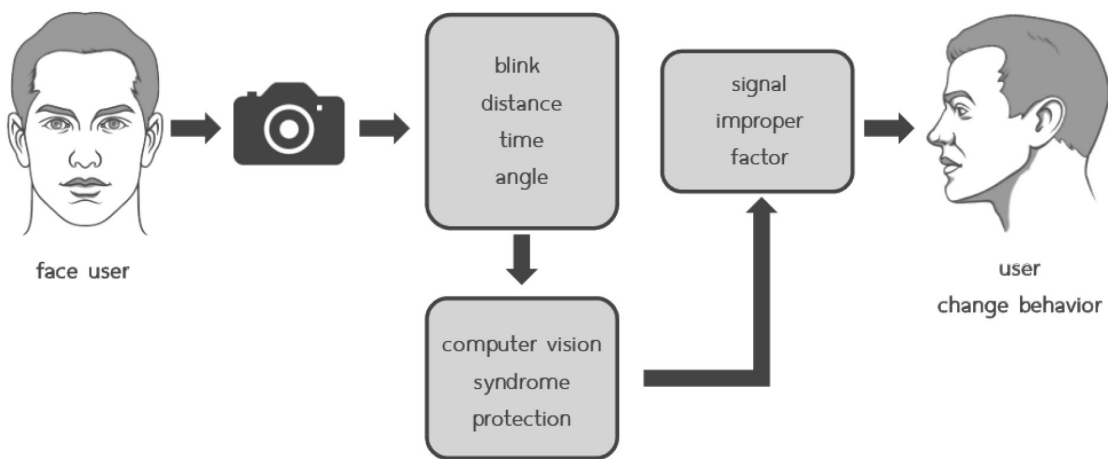


Figure 1 An architecture of the EyeGuard module

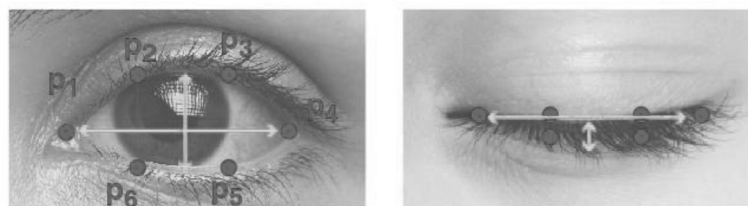


Figure 2 Example of blinking detection

$$EAR = \frac{|p2-p6| + |p3-p5|}{2|p1-p4|} \quad (1)$$

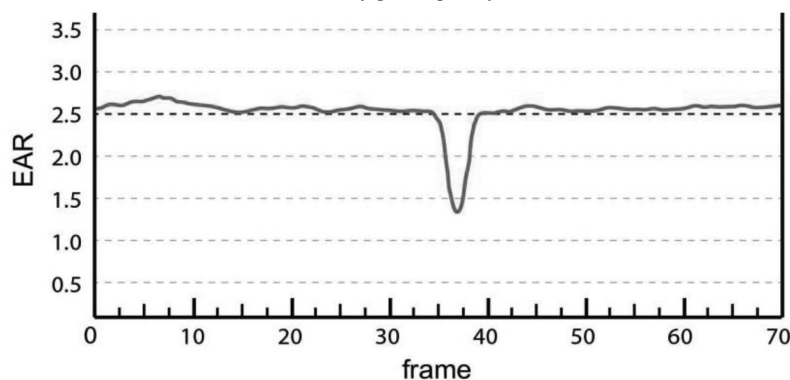


Figure 3 Blinking detection from the reduction of EAR value

Figure 3 แสดงการลดลงของค่าอีเออาร์โดยเปรียบเทียบเฟรมของกล้อง การกระพริบตาจะต้องมีค่าอีเออาร์น้อยกว่า 0.25 เป็นเวลานานมากกว่า 2.5 เฟรม หากค่าอีเออาร์ลดลงแต่ไม่ถึง 2.5 เฟรมจะไม่ถือว่าเป็นการกระพริบตา เมื่อได้การตรวจจับการกระพริบตาแล้วจะนำไปเข้าเกณฑ์การป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม กล่าวคือ จะต้องมีการกระพริบตา 1 ครั้ง ใน 3 วินาที หรือ 20 ครั้ง ต่อนาที เมื่อผู้ใช้กระพริบตาน้อยกว่าเกณฑ์ มอดูลจะแจ้งเตือนหรือสร้างเหตุการณ์อื่น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบ การแจ้งเตือนเป็นป๊อปอัพ (pop up) จะแสดงจำนวนการกระพริบตาให้ผู้ใช้ทราบ และจะหายไปภายใน 15 วินาที หรือผู้ใช้ทำการปิดด้วยปุ่มปิด การแจ้งเตือนจะคำนวณการกระพริบตาทุก 1 นาที

การตรวจจับมุมของดวงตากับหน้าจอ ใช้วิธีวัดมุมของดวงตากับกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ด้วยวิธีการตรวจจับใบหน้าและค้นหาดวงตาของผู้ใช้ เมื่อตรวจจับเจอค่าดวงตาของผู้ใช้จะ นำมาสร้างเงื่อนไขการทำมุมกับกล้อง โดยการสร้างเส้นสมมุติ (vector) มุมองศาไว้ที่มุมมองของกล้องดังแสดงใน Figure 4 เส้นสมมุติที่สร้างขึ้นเป็นเส้นองศา ที่ได้รับการทดสอบจากการวัดมุมมองของกล้องด้วยเครื่องมือตรวจวัดองศา เมื่อมอดูลได้องศาการมองของผู้ใช้แล้ว นำค่าที่ได้ไป

เข้าเงื่อนไขการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เมื่อปัจจัยที่ตรวจจับไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบด้วยป๊อปอัพและเสียงการแจ้งเตือนจะหายไปเมื่อผู้ใช้มีมุมมองที่เหมาะสม หรือปิดด้วยปุ่มปิด โดยผู้ใช้สามารถปรับการแจ้งเตือนได้

การตรวจจับระยะห่างระหว่างดวงตาของผู้ใช้กับหน้าจอ ใช้วิธีคำนวณค่าตรีโกณมิติ โดยจะนำมุมที่ได้จากการตรวจจับมุมมาใช้ ในการหาระยะห่างระหว่างตาผู้ใช้กับจออุปกรณ์สารสนเทศ ต้องรู้ค่าของเส้นตรงข้ามมุม ซึ่งเส้นตรงข้ามมุมในมอดูลจะเป็นเส้นที่มีจุดเริ่มต้นตรงจุดที่ดวงตาทำมุมมากับเส้น 0 องศา จนถึงตำแหน่งที่ดวงตาอยู่ เมื่อได้ค่าทั้งสองค่าแล้วนำมาเข้าสมการ ดังแสดงใน Figure 5 เมื่อได้ค่าของระยะห่างระหว่างตากับจอแล้วนำไปเข้าเกณฑ์การป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อระยะการมองไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยแสดงเป็นป๊อปอัพทางด้านมุมขวาบนของหน้าจอและแจ้งเตือนด้วยเสียงให้ผู้ใช้ทราบถึงระยะห่างของตนเอง การแจ้งเตือนจะหายไปเมื่อผู้ใช้มีระยะห่างที่เหมาะสมในการใช้งาน หรือทำการปิดด้วยการกดปุ่มที่อยู่บนป๊อปอัพ ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือนได้

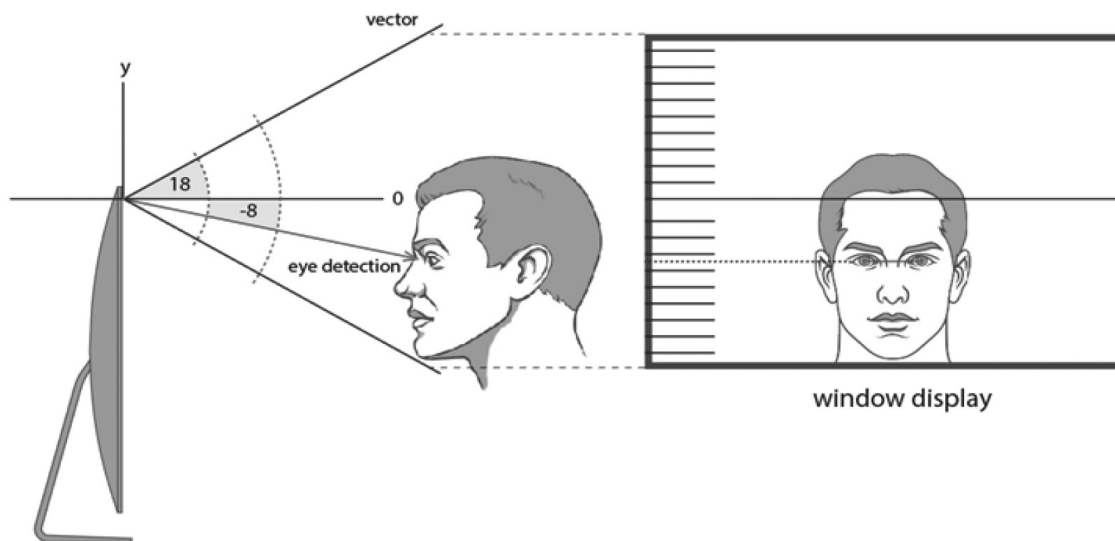
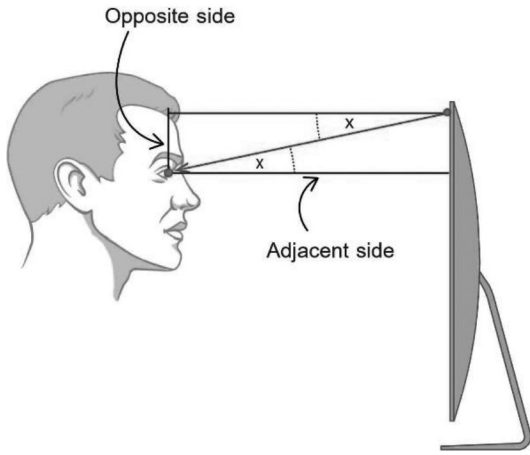
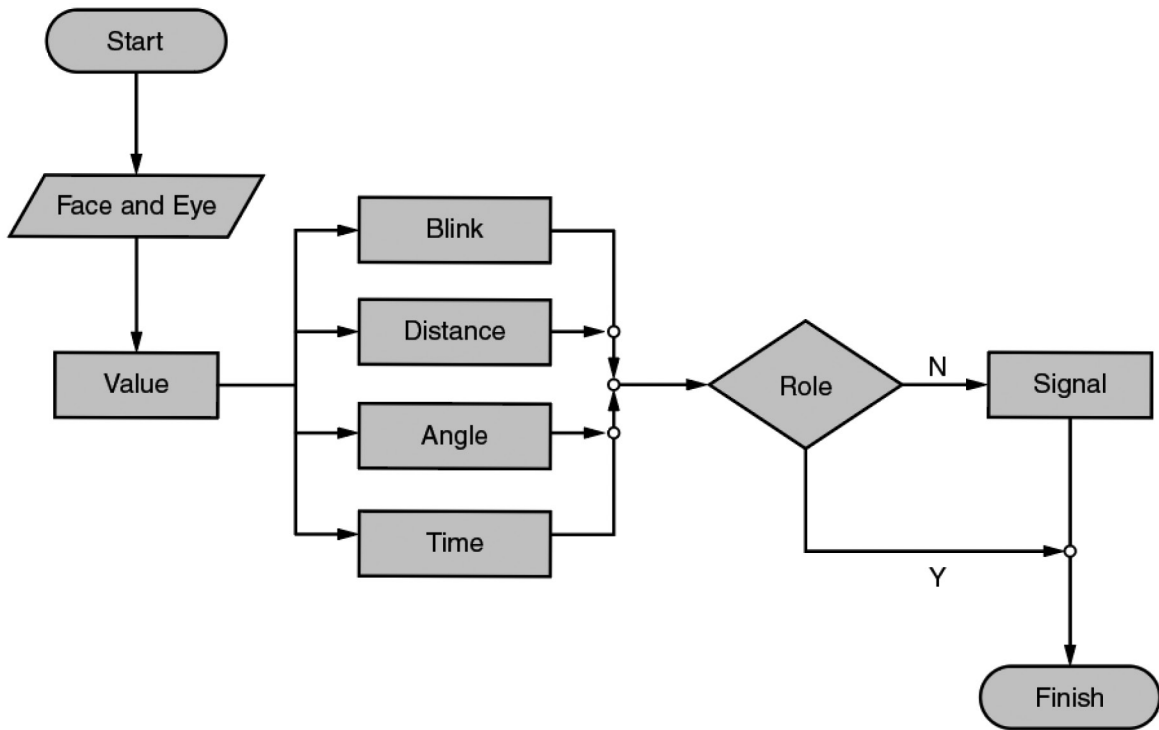


Figure 4 Calculation of viewing angle

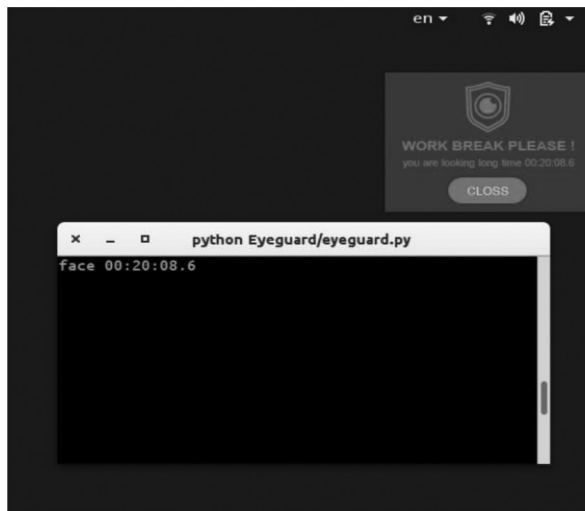


**Figure 5** Calculation of distance between eyes and monitor

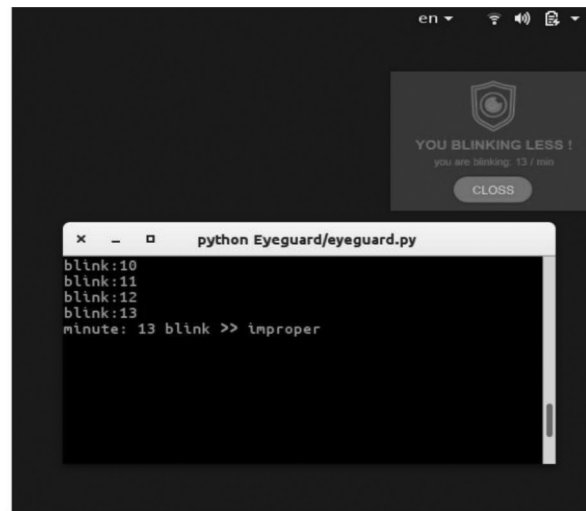
การตรวจจับเวลาในการทำงาน มอดูลายการ์ดจะตรวจจับเฉพาะการที่ผู้ใช้มองหน้าจอ โดยจะตรวจจับดวงตาของผู้ใช้ และเมื่อพบดวงตาของผู้ใช้มองจอ มอดูลายการ์ดจะจับเวลาและนำไปเข้าเกณฑ์การป้องกันโรค ถ้าไม่เป็นไปตามเกณฑ์จะทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ โดยจะแจ้งเตือนทุก ๆ 20 นาที และ ทุก 2 ชั่วโมง การแจ้งเตือนจะเป็นป๊อปอัพและเสียง ป๊อปอัพจะไม่หายจากหน้าจอจนกว่าผู้ใช้จะทำการกดปุ่มปิดที่แสดงอยู่บนป๊อปอัพ เพื่อให้ผู้ใช้ปรับพฤติกรรมการใช้งานของตน ผู้ใช้สามารถปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือนได้ด้วยตนเอง ฟังก์ชันการทำงานของมอดูลายการ์ดสามารถแสดงได้ดัง Figure 6 และ Figure 7 แสดงตัวอย่างการแจ้งเตือน



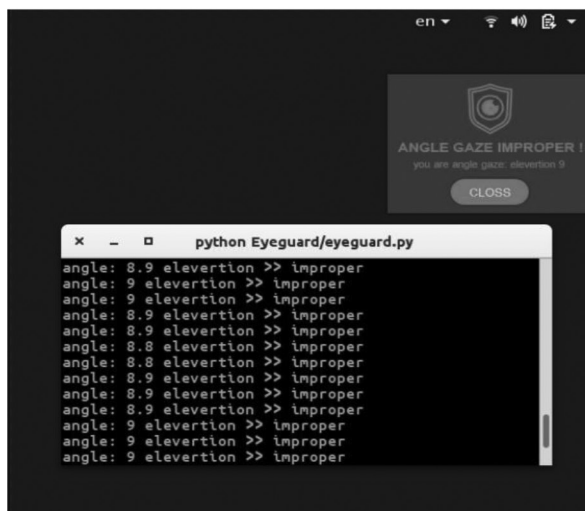
**Figure 6** Flowchart of the EysGuard module



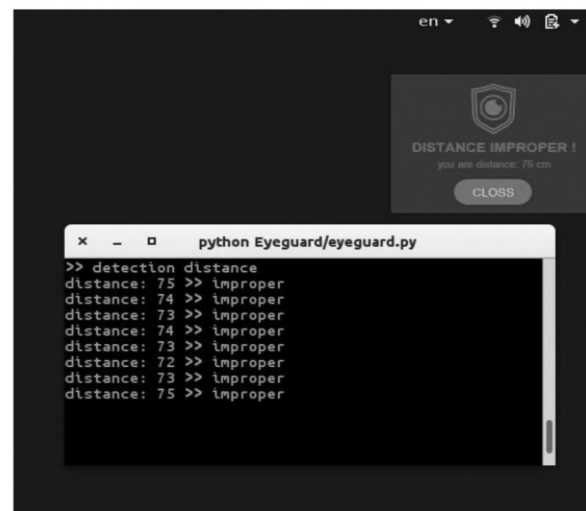
(A)



(B)



(C)



(D)

Figure 7 Sample notifications (A) time, (B) blinking, (C) angle gaze, (D) distance

### ผลการทดสอบและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้จะทดสอบการทำงานของมอดูลอายุการ์ดด้วยการวัดความถูกต้องในการตรวจจับปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลกลางอินเทล 1.9 กิกะเฮิร์ตซ์ หน่วยความจำ 2 กิกะไบต์ ฮาร์ดดิสก์จัดเก็บข้อมูล 500 กิกะไบต์ กล้องเว็บแคม ลอจitech ซี170 (จับภาพถ่ายความ

ละเอียดได้ 5 ล้านพิกเซล จับภาพวิดีโอขนาดสูงสุดได้ 1024 x 768 พิกเซล) ติดตั้งระบบปฏิบัติการลินุกซ์อูบุนตุ 16.04 และไพทอน 3.5.2

ทำการทดสอบปัจจัย ได้แก่ การตรวจจับระยะห่างระหว่างตากับหน้าจอ การตรวจจับมุมมองของดวงตาผู้ใช้กับหน้าจอ และการตรวจจับจำนวนการกระพริบตาของผู้ใช้



**Table 3** The EyeGuard's performance of distance detection

Distance	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	MAE	RMSE
40	1	9	28	146	0	128	158	15	147	118	115	2.36	2.80
60	0	0	6	13	61	211	268	209	146	75	11	1.58	2.01
80	0	0	21	97	197	258	264	136	23	6	1	1.09	1.38

การตรวจจับระยะห่างของดวงตาผู้ใช้กับจอคอมพิวเตอร์ จะทดสอบด้วยการให้ผู้ชมมองจอคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งมอดูลายการ์ดในการตรวจจับระยะ โดยจะกำหนดให้ผู้ทดสอบมองจอตามตำแหน่งที่อยู่ห่างจากจอที่กำหนดไว้ให้ตำแหน่งที่กำหนดคือ 40, 60, 80 เซนติเมตรตามลำดับ ทดสอบการตรวจจับระยะห่างละ 1,000 ครั้ง การทดสอบการตรวจจับการทำมุมของดวงตา จะกำหนดให้ผู้ทดสอบมองจอ ดวงตาทำมุมหยายกับหน้าจอ 6, 9, 12, 15 องศา โดยทดสอบการตรวจจับองศาละ 1,000 ครั้ง การทดสอบการตรวจจับการกระพริบตาจะกำหนดให้ผู้ใช้กระพริบตา 1 ครั้ง ทุก 3 วินาที ในเวลา 1 นาที รวมแล้วผู้ทดสอบจะกระพริบตา 20 ครั้ง ต่อนาที โดยที่ผู้ใช้จะอยู่ห่างจากจอ 40, 60, 80 เซนติเมตร และทำมุม 6, 9, 12, 15 องศา

การทดสอบการตรวจจับระยะห่างระหว่างสายตาผู้ใช้กับหน้าจอแสดงใน Table 3 ผลของการตรวจจับระยะห่างจะได้ค่าที่แตกต่างจากระยะที่กำหนดไว้ไม่เกิน ±5 เซนติเมตร ระยะ 40 เซนติเมตรจะมีการตรวจจับถูกต้อง 128 ครั้ง 60 เซนติเมตรจะมีการตรวจจับถูกต้อง 211 ครั้ง 80 เซนติเมตรจะมี

การตรวจจับถูกต้อง 258 ครั้ง ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) 40, 60, 80 เซนติเมตร อยู่ที่ 2.36, 1.58 , 1.09 ตามลำดับ ค่ากำลังสองความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (RMSE) เท่ากับ 2.80, 2.01, 1.38 ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระยะยิ่งไกลจะมีความถูกต้องที่เพิ่มขึ้น

ใน Table 4 แสดงผลการทดสอบการทำมุมองศา การตรวจจับทุกครั้งจะได้องศาที่แตกต่างจากองศาที่กำหนดไว้ไม่เกิน ±0.5 องศา มุม 3 องศา จะมีการตรวจจับที่ถูกต้อง 431 ครั้ง มุม 6 องศา มีการตรวจจับที่ถูกต้อง 221 ครั้ง มุม 9 องศา มีการตรวจจับที่ถูกต้อง 372 ครั้ง มุม 12 องศา มีการตรวจจับที่ถูกต้อง 421 ครั้ง มุม 15 องศา มีการตรวจจับที่ถูกต้อง 151 ครั้ง ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของมุม (MAE) 3, 6, 9, 12, 15 เซนติเมตร อยู่ที่ 0.081, 0.094, 0.091, 0.090, 0.138 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยกำลังสองความคาดเคลื่อน (RMSE) เท่ากับ 0.121, 0.113, 0.129, 0.127, 0.162 ตามลำดับ จาก การทดสอบพบว่า มุมที่มีการตรวจจับถูกต้องมากที่สุดคือ มุม 3 องศา

**Table 4** The EyeGuard's performance of view angle

Angle	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5	MAE	RMSE
3	0	9	0	0	63	431	328	127	24	2	7	0.081	0.121
6	0	0	0	3	9	221	612	152	3	0	0	0.094	0.113
9	0	0	1	23	118	372	309	98	28	16	5	0.091	0.129
12	0	0	0	0	8	421	295	233	43	0	0	0.090	0.127
15	0	0	0	0	93	151	305	368	83	0	6	0.138	0.162

**Table 5** The EyeGuard's performance of blinking detection

Distance/Angle	40±5 cm			60±5 cm			80±5 cm		
	MEAN	MAE	RMSE	MEAN	MAE	RMSE	MEAN	MAE	RMSE
<b>6±0.5</b>	19.20	0.80	1.095	19.60	0.80	1.10	19.20	0.80	1.10
<b>9±0.5</b>	18.80	1.20	1.414	18.60	1.40	1.73	18.80	1.60	1.79
<b>12±0.5</b>	22.60	2.60	2.864	23.20	9.80	4.27	24.20	4.20	4.58
<b>15±0.5</b>	23.60	3.60	3.742	26.00	6.00	6.48	28.40	8.40	8.83

ผลการทดสอบการตรวจจับการกระพริบตาแสดงใน Table 5 จะตรวจจับเป็นระยะและองศาของมุมโดยที่ผู้ทดสอบ จะทำการกระพริบตา 20 ครั้งต่อหน้าที่ ระยะห่างและองศาที่มี ค่าเฉลี่ยเดียวกับการกระพริบตาของผู้ทดสอบคือ ระยะห่างที่ 60±5 การทำมุม 6±0.5 องศา มีค่าเฉลี่ย (MEAN) เท่ากับ 19.6 ครั้ง ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อน (MAE) เท่ากับ 0.80 ค่าเฉลี่ย กำลังสองความคาดเคลื่อน (RMSE) เท่ากับ 1.10 ค่าเฉลี่ย ความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์รวม (MAE) เท่ากับ 2.95 และค่ากำลังสอง ความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์รวม (RMSE) เท่ากับ 4.01

ใน Table 6 การวัดระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มี ต่อความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์ (Usability Test)<sup>17</sup> โดยได้ให้อาสาสมัครที่เข้าทดสอบมอดูลทำการประเมิน 5 ด้านได้แก่ ความเร็วของมอดูลในการแสดงผลการตรวจจับปัจจัยในแต่ละปัจจัย, ความถูกต้องของการตรวจจับปัจจัย, ความสามารถในการกำหนดการแจ้งเตือนของผู้ใช้, การแจ้งเตือนที่ผู้ใช้เข้าใจ,

ความต้องการ ในการใช้งานมอดูลหรือแนะนำให้ผู้อื่นใช้ โดยให้คะแนนเป็น 5 ระดับ (Likert Scale) ใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ และแปรผลข้อมูลกำหนดระดับความพึงพอใจ ดังแสดงใน สมการที่ 2 ค่าอันตรภาคชั้นเท่ากับ 0.80 กำหนดความพึงพอใจได้ดังนี้ 1.00-1.80 พึงพอใจน้อยสุด, 1.81-2.60 พึงพอใจน้อย, 2.61-3.40 พึงพอใจปานกลาง, 3.41-4.20 พึงพอใจมาก, 4.21-5.00 พึงพอใจมากที่สุด

ผลลัพธ์ที่ได้ ด้านความเร็วมีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.50$ ,  $S.D. = 0.47$ ), ด้านความถูกต้องมีค่าอยู่ระดับ พึงพอใจมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.20$ ,  $S.D. = 0.50$ ), ด้านความความ ยืดหยุ่นมีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 3.80$ ,  $S.D. = 0.61$ ), ด้านการเรียนรู้มีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมาก ( $\bar{X} = 4.05$ ,  $S.D. = 0.56$ ), ด้านความพึงพอใจมีค่าอยู่ระดับพึงพอใจมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.20$ ,  $S.D. = 0.50$ )

**Table 6** Usability satisfaction

No.	Usability	$\bar{X}$	S.D.	Scale
1	efficiency	4.50	0.47	Very satisfied
2	effectiveness	4.20	0.50	Very satisfied
3	flexibility	3.80	0.61	Satisfied
4	learnability	4.05	0.56	Satisfied
5	satisfaction	4.20	0.50	Very satisfied

$$\text{ค่าอันตรภาคชั้น} = (\text{คะแนนมากที่สุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}) / \text{จำนวนชั้น} \quad (2)$$

## บทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาซอฟต์แวร์มอดูลอายุการวัด เพื่อลดปัจจัยการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยพิจารณาปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มด้านพฤติกรรมของผู้ใช้เป็นหลักในการพัฒนามอดูล ผลการทดลองพบว่า การตรวจจับระยะ 40, 60, 80 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) 2.36, 1.58, 1.09 ตามลำดับ และค่ากำลังสองความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (RMSE) 2.80, 2.01, 1.38 ตามลำดับ การตรวจจับมุมมอง 3, 6, 9, 12, 15 องศา มีค่า ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) 0.081, 0.094, 0.091, 0.090, 0.138 ตามลำดับ และค่ากำลังสองความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (RMSE) 0.121, 0.113, 0.129, 0.127, 0.126 ตามลำดับ การตรวจจับการกระพริบตามีค่าค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์รวม (MAE) เท่ากับ 2.95 และค่ากำลังสองความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์รวม (RMSE) เท่ากับ 4.01 การประเมินความพึงพอใจต่อความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์ได้รับการประเมินในระดับพึงพอใจมากขึ้นไป ซึ่งผลการทดสอบและการประเมินความพึงพอใจแสดงให้เห็นว่าซอฟต์แวร์มอดูลอายุการวัดที่พัฒนาขึ้น มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานได้จริง

มอดูลอายุการวัดพยายามพัฒนาเพื่อรองรับขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกัน ผู้ใช้จึงสามารถปรับความเหมาะสมให้เข้ากับอุปกรณ์ของตนได้

ในส่วนของอุปกรณ์ประเภทสมาร์ทโฟน มอดูลอายุการวัดถูกพัฒนาขึ้นจากภาษาไพธอน (Python) ซึ่งรองรับแพลตฟอร์มหลากหลาย สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์จำพวกสมาร์ทโฟนได้ ขนาดของจอที่มีมากในสมาร์ทโฟน ผู้ใช้สามารถปรับการทำงานให้เข้ากับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนของตนได้ โดยการทำงานของมอดูลจะทำงานบนสกรีนฟอร์แมต (screen format) ขนาด 4:3 (การใช้งานที่เหมาะสมในปัจจุบันเรื่องระยะและองศา อุปกรณ์เหล่านี้จะแตกต่างจากคอมพิวเตอร์เนื่องจากความหลากหลายของขนาดและทิศทางในการจัดวาง ผู้ใช้ควรพิจารณาเป็นพิเศษ)

ในอนาคตอันใกล้อายุการวัดจะเพิ่มการพิจารณาปัจจัยกลุ่มกายภาพของผู้ใช้และสภาพแวดล้อมในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูล เพื่อที่จะแนะนำการใช้งาน อุปกรณ์สารสนเทศที่เหมาะสมกับดวงตาของแต่ละบุคคล

## เอกสารอ้างอิง

1. Rosenfield M. Computer vision syndrome (a.k.a. digital eye strain). *Optometry in Practice* 2016. 2016;17(1):1-10.
2. Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review

- of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2011;31(5):502-15.
3. Association AO. Vision discomfort associated with Computer vision syndrome. 1997.
4. Sen A, Richardson S. A study of computer-related upper limb discomfort and Computer vision syndrome. *Journal of Human Ergology*. 2007;36(2):45-50.
5. Akinbinu. Impact of computer technology on health: Computer Vision Syndrome (CVS). *academic journals*. 2014;5(3):20-30.
6. Jennifer JS, Sharmila TS, editors. Edge based eye-blink detection for computer vision syndrome. 2017 International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP); 2017 10-11 Jan. 2017.
7. Han S, Yang S, Kim J, Gerla M. EyeGuardian: a framework of eye tracking and blink detection for mobile device users. *Proceedings of the Twelfth Workshop on Mobile Computing Systems & Applications*; San Diego, California. 2162090: ACM; 2012. p.1-6.
8. Ho J, Pointner R, Shih H-C, Lin Y-C, Chen H-Y, Tseng W-L, et al. EyeProtector: Encouraging a Healthy Viewing Distance when Using Smartphones. *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*; Copenhagen, Denmark. 2785836: ACM; 2015. p. 77-85.
9. Toda T, Nakai M, Xinxin L, editors. A close face-distance warning system for straightend neck prevention. *IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*; 2015 9-12 Nov. 2015.
10. Wasnik P, Jeyakumar A, editors. Monitoring stress level parameters of frequent computer users. 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCCSP); 2016 6-8 April 2016.
11. Julius N, Mustapha EE, editors. Take-A-Break Notification: An ergonomic application. *Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology and Multimedia*; 2014 18-20 Nov. 2014.

12. Blehm C, Vishnu S, Khattak A, Mitra S, Yee RW. Computer Vision Syndrome: A Review. *Survey of Ophthalmology*. 2005;50(3):253-62.
13. Munshi S, Varghese A, Dhar-Munshi S. Computer vision syndrome-A common cause of unexplained visual symptoms in the modern era. *International Journal of Clinical Practice*. 2017;71(7):e12962-n/a.
14. Cash JCG, Cheryl A. *Adult-Gerontology Practice Guidelines*. Ed s, editor: Springer Publishing Company; 2015.
15. Soukupova T. Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks. 21st Computer Vision Winter Workshop. 2016.
16. King DE. Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. *J Mach Learn Res*. 2009;10:1755-8.
17. ISO/IEC 9126. *Quality Characteristics and Guidelines for the User*. International Organization for Standardization. Geneva. 2001.