การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ในงานปฏิสัมพัทธ์กับคอมพิวเตอร์

Evaluation of Human Working Efficiency on Interacting with Computer Task

บทคัดย่อ

คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญและกลายเป็นเครื่องมืออเนกประสงค์หนึ่งทั้งในการทำงาน สื่อสาร และ สันธนาการ การใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างคล่องแคล่วและชำนาญเป็นสิ่งที่สำคัญ ปัจจุบันในการทำงานที่ต้องนั่งบนโต๊ะทำงาน ส่วนใหญ่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงาน การทดสอบวัดประสิทธิภาพการทำงานคอมพิวเตอร์จึงเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่น่าศึกษา งานวิจัยนี้เสนอกระบวนการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของงานคอมพิวเตอร์ เพื่อจะสามารถวัดประสิทธิภาพงานได้อย่างเป็นมาตรฐาน โดยเริ่มแรกจะแบ่งประเภทการทำงานคอมพิวเตอร์ออกตามลักษณะงานและการส่งข้อมูลโต้ตอบระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ เป็น 3 ประเภท คือ การทำงานด้วยเมาส์ (Mouse) การทำงานพิมพ์ และการทำงานกราฟิก โดยนำมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพของมนุษย์ที่เป็นที่ยอมรับในงานวิจัยสากล คือ กฎของฟิตส์ และ กฎสตียริง มาใช้วัดประเมิน และออกแบบให้งานเป็นไปตามการทำงานคอมพิวเตอร์ในชีวิตจริง การทดลองถูกออกแบบและพัฒนาด้วยภาษา C++ และทดสอบด้วยอาสาสมัคร เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผล ผลการทดลองว่าประสิทธิภาพการใช้งานเมาส์มีค่ามากที่สุด (9.5 bit/s) ตามด้วยการทำงานพิมพ์ (3.9 bit/s) และการกราฟิกการวาดเส้นตรง (2.74 bit/s) และเส้นโค้ง (0.36 bit/s) ตามลำดับ ผลที่ได้นี้คณะวิจัยมุ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยต่อเนื่องระดับสูง คือการทดสอบผลของการเคลื่อนไหวของร่างกายต่อประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์

คำหลัก: Human Interaction, Fitts' Law, Steering Law

Abstract

Computer has been an important tool for work, communication, and entertainment. Good computer skill is essential, especially, for white collar people who perform almost tasks on a working table. The evaluation of human performance in computer work becomes more important. This research proposes the method to create evaluation methods to measure human interacting performance in computer work. Based on human-computer interaction criteria, there are three interfaces that human uses to perform working task on a computer: mouse by pointing/clicking, keyboard by typing and stylus by using with a tablet (graphical task). These tasks are evaluated based on Fitts' law and Steering law which are the most acceptable principle in human interaction research. The experiments writing in C++

are adapted from the real computer works and adjusted to be a standard for evaluation. The experimental result shows that the working efficiency of the mouse using task (9.5 bit/s) is higher than the typing task (3.9 bit/s) and the working efficiency of the typing task is higher than Graphical task (0.36-2.74 bit/s). This basic result will be used to develop our advanced research on the effect of body movement on human working efficiency performing computer Task.

***Keywords**:* Human Interaction, Fitts' Law, Steering Law.

1. บทนำ

ตลอดช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา คอมพิวเตอร์กลายเป็นสิ่งหนึ่งที่ขาดไม่ได้ในชีวิตมนุษย์ และมีความสำคัญต่อการทำงานของมนุษย์มากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะคอมพิวเตอร์ได้หยิบยื่นความสะดวกในการทำงาน ส่งผลให้การทำงานมีความง่ายและรวดเร็วขึ้น ไม่ว่าจะเป็นงานด้านเอกสาร งานออกแบบ งานกราฟิก หรืองานคำนวณทั้งทางวิศวกรรมและบัญชี ส่งผลให้ค่านิยมสำหรับคนวัยทำงานในปัจจุบันจะต้องเป็นคนที่สามารถใช้งานด้านคอมพิวเตอร์ได้อย่างดีและคล่องแคล่ว เพื่อความสำเร็จและความก้าวหน้าของงาน การทดสอบวัดประสิทธิภาพการทำงานคอมพิวเตอร์ของบุคคลจึงเป็นสิ่งที่หลายองค์กรและบริษัทให้ความสำคัญในการพิจารณารับบุคคลเข้าทำงาน

การทดสอบความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์อาจถูกกำหนดขึ้นในหลายรูปแบบ เช่น การจับเวลาในการพิมพ์งาน หรือกำหนดให้ผู้ทดสอบทำงาน ๆ หนึ่งภายในเวลาที่กำหนด และเปรียบเทียบคุณภาพหรือปริมาณของงานที่ทำได้ระหว่างผู้ทดสอบด้วยกันเอง เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า เกณฑ์การทดสอบที่กล่าวไปนั้นไม่มีมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพ และผลการทดสอบจะเป็นการเทียบสัมพัทธ์ระหว่างผลงานของผู้ทดสอบ ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับความรู้สึกและองค์ประกอบอื่นด้วย เช่น ความชำนาญเฉพาะบุคคล โดยที่องค์ประกอบนี้อาจไม่ได้ถูกพิจารณาร่วมในการตัดสินผลงาน

งานวิจัยชุดนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะออกแบบ ***การวัดประสิทธิภาพของมนุษย์ในการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์*** ที่เป็นมาตรฐานและสามารถใช้งานได้กับทุกคน โดยจะออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานให้มีความสอดคล้องกับการทำงานในชีวิตจริงมากที่สุด เริ่มจากการแบ่งประเภทและจัดหมวดหมู่การทำงานคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างความครอบคลุมการทำงานจริง จากนั้นจึงออกแบบการทดสอบงานแต่ละประเภทเพื่อหาประสิทธิภาพโดยใช้กฎของฟิตส์ ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์ที่ได้รับความนิยมและเป็นมาตรฐานสากลมากที่สุด จากนั้นจึงนำการทดสอบที่ออกแบบมาทดลองใช้ทดสอบการทำงานกับมนุษย์จริง

2. ปริทัศน์วรรณกรรม

2.1 การแบ่งประเภทการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

จากการศึกษาเรื่องการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction) พบว่ามนุษย์และคอมพิวเตอร์มีการทำงานและส่งต่อข้อมูลร่วมกันโดยผ่านช่องทางรับส่ง [1]

ช่องทางของมนุษย์ (Human Channel) หมายถึงการรับส่งข้อมูลผ่านทางประสาทสัมผัส ซึ่งสำหรับการปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์แล้ว ประสาทสัมผัสที่ใช้สำหรับรับข้อมูลคือ การมองเห็น การได้ยิน และการสัมผัส และจะส่งข้อมูลออกผ่านการเคลื่อนไหวที่ได้รับการประมวลผลมาแล้วของนิ้วมือ ข้อมือ และแขน

ช่องทางคอมพิวเตอร์ (Computer Channel) การรับส่งข้อมูลจะเกิดขึ้นผ่านทางอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์รับข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งออกตามลักษณะหน้าที่ของอุปกรณ์ได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์ป้อนค่าข้อความ เช่น แป้นพิมพ์ (Keyboard) และอุปกรณ์เกี่ยวกับการชี้

การกำหนดตำแหน่ง และการวาดรูป เช่น เมาส์ (Mouse) และเมาส์ปากกา (Stylus) เป็นต้น และอุปกรณ์สำหรับส่งข้อมูลให้มนุษย์ คือ จอภาพแสดงผล (Monitor) หรือเครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการปฏิสัมพันธ์โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์แล้ว พบว่าการแบ่งแยกประเภทของงานคอมพิวเตอร์ในแง่ของการโต้ตอบกันระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์นั้น สามารถทำได้โดยพิจารณาจากเกณฑ์การรับส่งข้อมูล เพราะเป็นเกณฑ์ที่แบ่งแยกได้ชัดที่สุดในประเภทของงาน โดยสามารถแบ่งได้ ดังนี้

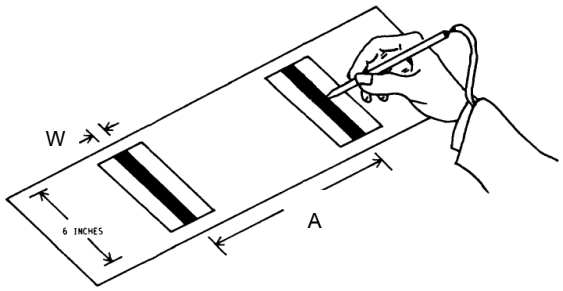
1. การทำงานด้วยเมาส์ เป็นการทำงานที่มีลักษณะการเข้าหาเป้าหมายโดยตรง ไม่สนใจเส้นทางการเคลื่อนที่ สิ่งที่สนใจในการทำงานประเภทนี้คือการไปถึงเป้าหมายให้เร็วและแม่นยำโดยคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด การส่งข้อมูลจะไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการตัดสินใจหรือทักษะ เมื่อเห็นเป้าหมายแล้ว สามารถตอบสนองได้ทันที
2. การทำงานพิมพ์ งานประเภทนี้ จะสนในที่คุณภาพของงานที่ออกมา ว่ามีความผิดพลาดมากน้อยเพียงใด ลักษณะงานที่สนใจคือการใช้นิ้วพิมพ์ข้อความบนแป้นพิมพ์ที่มีรูปแบบตายตัว เพราะฉะนั้น ประเด็นสำคัญคือการเคลื่อนที่ของนิ้ว ที่ต้องอาศัยทักษะความชำนาญและสมาธิ
3. งานกราฟิก ส่วนใหญ่เป็นการใช้งานเมาส์ปากกา เป็นงานที่ต้องการความละเอียดและประณีต เพราะต้องลากเส้นได้อย่างแม่นยำ ต่างจากการใช้งานเมาส์ เนื่องจากการใช้งานเมาส์ไม่สนใจเส้นทาง แต่สำหรับงานประเภทนี้จะให้ความสนใจที่เส้นทางมากกว่าเวลา อย่างไรก็ตาม ควรมีระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงาน ไม่ควรใช้เวลานานเกินจำเป็น กระบวนการทักษะและการควบคุมร่างกายที่ดีมีความจำเป็นมากสำหรับงานประเภทนี้

จากการจำแนกงานคอมพิวเตอร์เป็นสามลักษณะนี้ จำเป็นต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการวัดประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ใช้ กฎของฟิตส์ และ กฎสเตียริง (Fitts' Law & Steering Law)

2.2. มาตรการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

กฎของฟิตส์ (Fitts' Law)

กฎของฟิตส์คือรูปแบบจำลองพฤติกรรมการตอบสนองของร่างกายมนุษย์ (Human Psychomotor Behaviour) พัฒนาจากทฤษฎีข่าวสารของแชนนอน (Shannon's Theorems 17, a fundamental theorem of communication system) [2] ใช้อธิบายการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ซึ่งได้ถูกเปรียบเทียบว่าคล้ายคลึงกับการส่งผ่านข้อมูล โดยฟิตส์ได้ทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ในหนึ่งมิติ เรียกว่า Pointing Task [3] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การทดลอง Pointing Task โดยฟิตส์ [3]

ในการส่งผ่านข้อมูล ประสิทธิภาพสามารถบอกได้ด้วยค่าความจุข้อมูล มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit/sec) เกิดจากการหารกำลังประสิทธิผลของข้อมูลด้วยเวลาที่ใช้ในการส่ง ในด้านการเคลื่อนที่ก็เช่นเดียวกัน กำลังของสัญญาณสามารถแสดงได้เป็นค่าดัชนีความยาก (Indices of Difficulty, ID) มีหน่วยเป็นบิต (bit) เช่นเดียวกับข้อมูล [3, 4] คำนวนได้ จากสมการที่ 1

$$ID = \log_2\left(\frac{A}{W}+1\right) \qquad (1)$$

เมื่อ A คือ ระยะระหว่างจุดเริ่มต้นกับเป้าหมาย

W คือ ความกว้างของเป้าหมาย

เมื่อส่งค่าดัชนีความยากนี้ผ่านช่องทางของมนุษย์ด้วยจำนวนหลายบิตแล้ว สามารถนำจำนวนบิตนั้นมาหารด้วยเวลาที่ใช้ (MT) ได้อัตราการส่งผ่านในหน่วยบิตต่อวินาทีเช่นเดียวกับค่าความจุข้อมูล ค่าที่ได้นั้นก็

คือประสิทธิภาพ (Efficiency, IP) ในการทำงานนั้น ๆ ดังแสดงในสมการที่ 2

$$IP = ID / MT \qquad (2)$$

นอกจากดัชนีประสิทธิภาพสามารถหาได้จากสมการที่ 2 แล้ว ยังสามารถหาได้จากการหาการถดถอยของ MT เทียบ ID ซึ่งจะได้เป็นสมการถดถอยเชิงเส้น ดังสมการที่ 3

$$MT = a + bID \qquad (3)$$

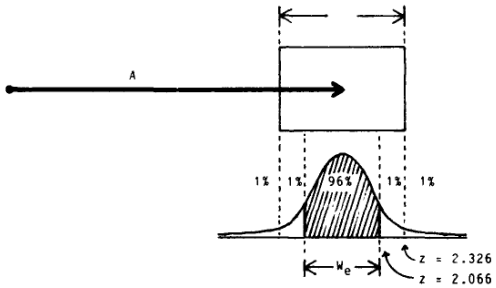
โดยที่ a และ b เป็นค่าคงที่ถดถอย และส่วนกลับของความชันสามารถเทียบได้กับ IP ในสมการที่ 2

ในการใช้งานกฎของฟิตส์ตามสมการที่ 3 นั้น ระยะระหว่างการเคลื่อนที่และขนาดของเป้าหมายสามารถถูกกำหนดได้ขึ้นเองตามความต้องการโดยคำนึงถึงเงื่อนไขบางอย่าง อย่างไรก็ตาม การกำหนดค่าทั้งสองขึ้นมาเองนั้น จะให้ประสิทธิภาพการทดลองที่ดีระดับหนึ่ง แต่เมื่อพิจารณาถึงความหมายทางกายภาพ ค่าทั้งสองที่ถูกกำหนดขึ้นจะเสมือนเป็นการจำกัดความสามารถของมนุษย์ และเสมือนว่ามนุษย์ถูกสั่งและคาดหวังให้ทำตามนั้น มนุษย์ไม่ได้ทำงานนั้นเองจริง ด้วยสาเหตุดังกล่าว ทำให้การใช้งานของค่าทั้งสอง โดยเฉพาะขนาดของเป้าหมาย ควรจะมีหลักเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ โดยปรับใช้ค่าที่เหมาะสมเป็นค่า ความกว้างเป้าหมายประสิทธิผล (Effective Target Width, W_e) [3, 5] ซึ่งเป็นการหาขนาดของเป้าหมายที่ใช้งานจริง โดยอาศัยหลักสถิติในการพิจารณา คือ เมื่อมนุษย์ทำงานไปแล้ว จะพิจารณาความถี่ของตำแหน่งที่มนุษย์ทำงานได้จริงในบริเวณเป้าหมายโดยแทนด้วยกราฟระฆังคว่ำ และกำหนดให้ความกว้างของช่วงที่มีความหนาแน่นของข้อมูล (กลุ่มของจุด) เป็น 96 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด เป็นค่าความกว้างเป้าหมายประสิทธิผล เพราะว่าช่วงนั้นเป็นช่วงที่มนุษย์ทำงานได้ประสิทธิภาพงานจริงดังรูปที่ 2

จากการวิเคราะห์เชิงสถิติ จะได้สูตรการคำนวณค่าความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลนี้ ดังสมการที่ 4

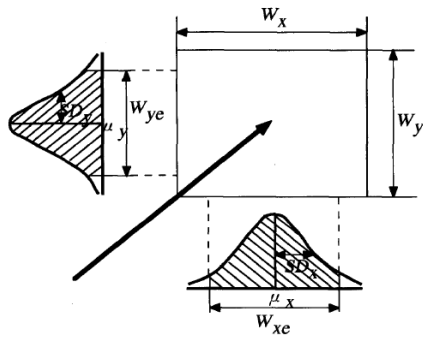
$$W_e = 4.133SD \qquad (4)$$

เมื่อ SD คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 2 แสดงแนวคิดความกว้างเป้าหมายประสิทธิผล [3]

ความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลยังสามารถขยายออกแบบในสองมิติได้อีกด้วย [3, 6] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลในสองมิติ [3]

กฎสเตียริง (Steering Law)

กฎสเตียริง เป็นกฎที่ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ ซึ่งเกิดจากการทดลองขยายขอบเขตกฎของฟิตส์โดยศึกษาการเคลื่อนที่ผ่านทั้งจุดเริ่มต้นและเป้าหมายที่มีระยะตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ w และเป็นระยะทาง A ได้ผลว่า สมการที่ 3 สามารถอธิบายงานประเภทนี้ได้ จากนั้น จึงทดลองแบ่งช่วงการเคลื่อนที่ออกเป็นช่วงย่อย และใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เปลี่ยนจากการเคลื่อนที่ผ่านขอบเขตที่ไม่ต่อเนื่องมาเป็นขอบเขตที่ต่อเนื่อง ทำให้งานมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไป ค่าดัชนีความยากจะเป็น $ID = \frac{A}{W}$ เมื่อทำการอินทิเกรตช่วงย่อยนั้น จะได้สมการเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เรียกว่ากฎสเตียริง

$$ID = \int_0^A \frac{ds}{W(s)} \qquad (5)$$

โดยที่ ID คือ ดัชนีความยาก

ds คือ ระยะสั้น ๆ ที่ต้องเคลื่อนที่ตาม

W(s) คือความกว้างของขอบเขต ds ใด ๆ

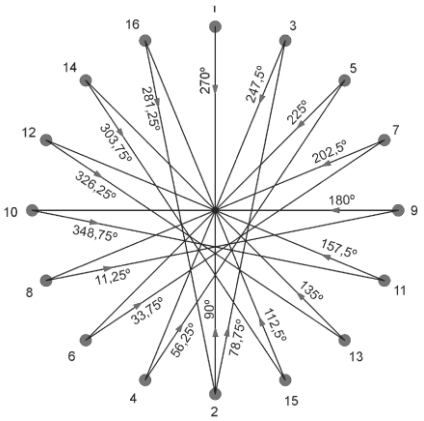
3. การออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

การออกแบบการทดสอบ โดยแบ่งการทดสอบออกตามประเภทของงานที่ได้จำแนกไว้ และใช้งานทุกการทดสอบเพื่อให้ครอบคลุมการทำงานในชีวิตจริงมากที่สุด ประกอบด้วย 4 การทดสอบ 3 ประเภทงาน คือ

1. การทดสอบการทำงานด้วยเมาส์ (point & click)

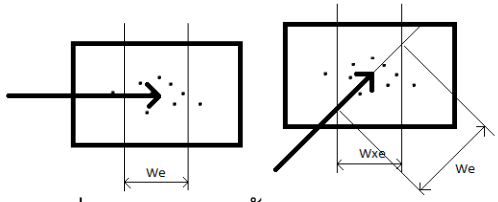
ลักษณะการทำงานประเภทนี้จะไม่สนใจเส้นทางการเคลื่อนที่ แต่จะสนใจที่เป้าหมายเท่านั้น คือการเลื่อนเคอร์เซอร์เมาส์ไปยังจุดที่ต้องการให้เร็วและแม่นยำที่สุด

เป้าหมายที่แสดงขึ้นมา จะแสดงขึ้นมาตามลำดับเลขบน Multidirectional Pointing Task ตามมาตรฐาน ISO 9241-9 ดังรูปที่ 4 โดยที่จะมีการเปลี่ยนรัศมีของวงกลม 3 ค่า เพื่อเปลี่ยนค่าดัชนีความยาก ระหว่างทดลองเมื่อผู้ทดสอบได้เลื่อนและคลิกเมาส์ในจุดเป้าหมายแล้ว จุดลำดับถัดมาจะปรากฏขึ้นมาจนครบ



รูปที่ 4 Multidirectional Pointing task ISO 9241-9

ในการทดลองนี้จะคำนึงถึงค่าความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลด้วยเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล โดยจะหาความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลนี้ตามหลักการที่ได้กล่าวไปแล้ว ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความกว้างเป้าหมายประสิทธิผล

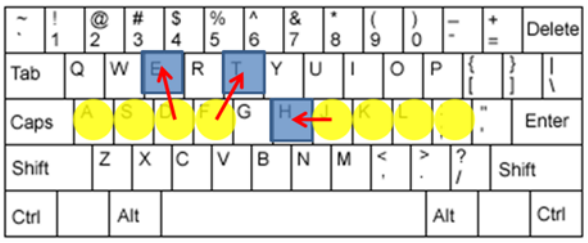
2. การทดสอบการทำงานพิมพ์

การพิมพ์เป็นงานที่การเคลื่อนที่จะอยู่ที่นิ้วของผู้ทดลอง การแสดงผลบนหน้าจอจะไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แต่อย่างใด ฉะนั้น ในการพิจารณาประสิทธิภาพ จึงต้องพิจารณาประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่นิ้วแต่ละนิ้วบนแป้นพิมพ์ ซึ่งจะต้องวางรูปแบบการพิมพ์ที่เป็นมาตรฐาน เพื่อนำมาคำนวณดัชนีความยาก และกำหนดกลุ่มข้อมูลของคำต่าง ๆ พร้อมกับดัชนีความยากของคำเหล่านั้นขึ้นมา เก็บไว้เป็น database สำหรับโปรแกรมทดสอบให้เรียกขึ้นมาแสดงให้ผู้ทดสอบพิมพ์คำเหล่านั้นเพื่อจับเวลาในการพิมพ์

การกำหนดดัชนีความยากของคำจะกำหนดที่การเคลื่อนที่ของนิ้วบนแป้นพิมพ์ตามระยะห่างของปุ่มกดว่านิ้วแต่ละนิ้วที่ใช้งานมีการเคลื่อนที่ด้วยระยะเท่าใดในการพิมพ์คำๆ นั้น โดยในการพิมพ์แต่ละครั้งนั้น จะกำหนดว่าผู้ทดลองจะต้องสามารถพิมพ์สัมผัสภาษาอังกฤษด้วยแป้นพิมพ์แบบ QWERTY ได้ และมีการวางมือไว้บนแป้นพิมพ์ในรูปแบบของการพิมพ์สัมผัส เพื่อให้แต่ละคำทดสอบสามารถกำหนดค่าด้วยรูปแบบเดียวกันได้ในแต่ละคน

ในคำหนึ่ง ๆ ค่าดัชนีความยากของคำนั้นจะเป็นการรวมค่าดัชนีความยากของแต่ละตัวอักษร ฉะนั้นยิ่งคำนั้นมีความยาวมากเท่าใด ดัชนีความยากก็จะเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น สำหรับกรณีที่ต้องกด Shift ค้างจะรวมค่าดัชนีความยากในการกด Shift เข้าไปด้วย โดยพิจารณาให้เป็นการกดปุ่ม ๆ หนึ่ง เช่น นิ้วเคลื่อนที่ไปยังปุ่มที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะมีค่าดัชนีความยากเท่ากัน คือ $ID = \log_2(\frac{2}{1.5} + 0.5) = 0.87447$ bit ตัวอย่างการพิมพ์คำว่า “the” ดังรูปที่ 6 สามารถ

คำนวณดัชนีความยากได้เป็น $ID = 3(0.87447) = 2.62341$ เป็นต้น



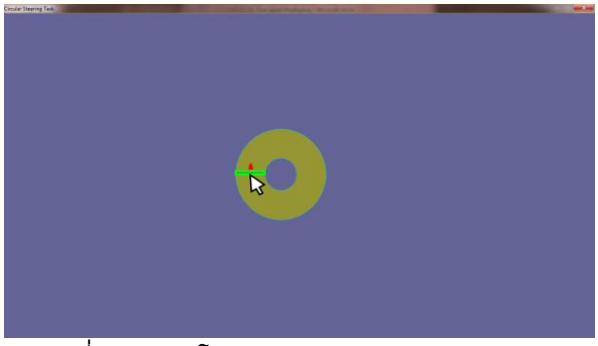
รูปที่ 6 ตัวอย่างการกำหนดค่าดัชนีความยากของคำ

3. การทดสอบงานกราฟิก

การวาดรูปจะแตกต่างจากหัวข้ออื่นที่ได้กล่าวมา เพราะการวาดรูปจะสนใจที่เส้นทางการเคลื่อนที่ ฉะนั้น การทดสอบนี้จึงต้องเป็นการทดสอบเคลื่อนที่ โดยกำหนดขอบเขตและเส้นทางที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เป้าหมายคือการเดินทางที่อยู่ในเส้นทางและไม่คลาดเคลื่อนออกนอกเส้นทาง ในระยะเวลาที่กำหนด กล่าวได้ว่าการทดลองนี้จะเน้นที่การลดความคลาดเคลื่อนจากเส้นทาง ไม่เน้นที่การพยายามลดเวลาในการทำงาน

การทดสอบนี้จะใช้วิธี Temporally Constrained Task ซึ่งเป็นการทดลองที่ในการพิจารณาประสิทธิภาพจะเน้นที่ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนด และพยายามลดความคลาดเคลื่อนในการเคลื่อนที่จากเส้นทางนั้น โดยที่จะมีเส้นทางสองรูปแบบ แบ่งเป็นสองการทดสอบย่อย คือ เส้นทางเป็นเส้นตรง (รูปที่ 7-ก) และเส้นทางเป็นวงกลม (รูปที่ 7-ข) แต่ละเส้นทางนั้นจะคำนวณดัชนีความยากจากกฎสเตียริง

รูปที่ 7-ก หน้าโปรแกรมการทดสอบงานกราฟิก เส้นตรง



รูปที่ 7-ข หน้าโปรแกรมการทดสอบงานกราฟิก วงกลม

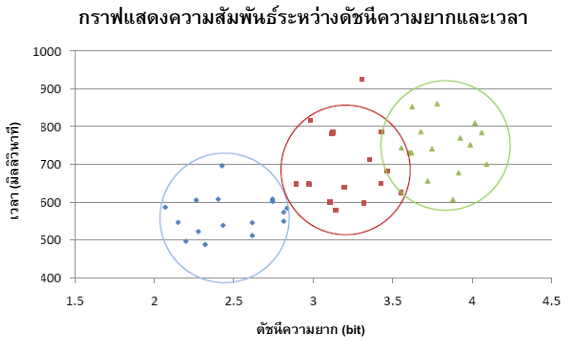
เมื่อออกแบบงานทดสอบแล้ว ได้สร้างโปรแกรมการทดสอบตามที่ได้ออกแบบไว้ด้วยภาษา C++ [7] ทดสอบโปรแกรมนี้โดยอาสาสมัคร 10 คน เป็นเพศชาย 9 คน และเพศหญิง 1 คน อายุเฉลี่ย 18 - 30 ปี อาสาสมัครแต่ละคนมีความคุ้นเคยในการทำงานคอมพิวเตอร์ และมีประสบการณ์อย่างต่ำ 4 ปี

ข้อมูลดิบที่ได้จากการทดลองได้นำมาประมวลผลและพล็อตแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบในหัวข้อถัดไป

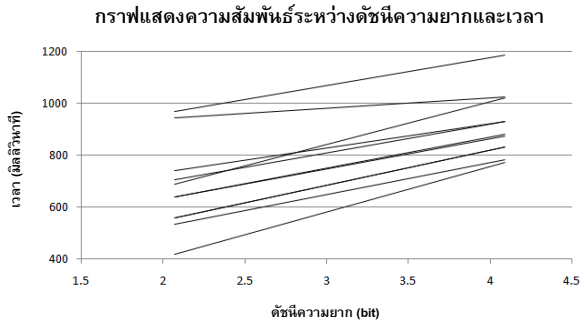
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

การทดสอบการใช้งานเมาส์

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานด้วยเมาส์ของมนุษย์นั้น ผู้ทดสอบต้องเคลื่อนไหวเมาส์ตามลำดับในรูปที่ 4 ผลการทดลองได้พล็อตแสดงในรูปที่ 8 โดยที่แกน x เป็นค่าดัชนีความยาก และแกน y เป็นเวลา โดยทดลองด้วยรัศมีสามค่าที่ 100 pixel (ข้อมูลอยู่ในวงกลมสีฟ้า), 200 pixel (ข้อมูลอยู่ในวงกลมสีแดง), และ 300 pixel (ข้อมูลอยู่ในวงกลมสีเขียว)



รูปที่ 8-ก กราฟแสดงผลการทดสอบการใช้งานเมาส์จากผู้ทดสอบหนึ่งคน



รูปที่ 8-ข กราฟแสดงผลการทดสอบการใช้งานเมาส์

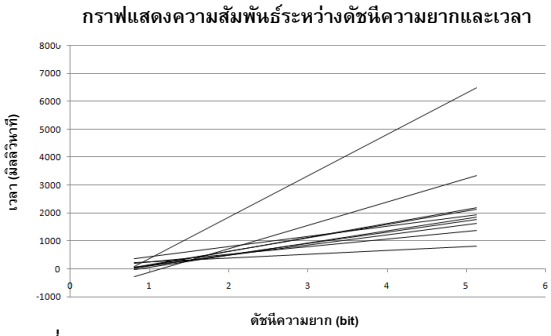
รูปที่ 8-ก เป็นข้อมูลการทดสอบที่ได้จากผู้ทดสอบหนึ่งท่าน พบว่า ที่ระยะรัศมีหนึ่ง ๆ การพิจารณาความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลไม่มีความจำเป็น เพราะที่ระยะรัศมีหนึ่ง จุดข้อมูลนั้นวางตัวอย่างไม่มีนัยสำคัญ วางตัวเป็นกลุ่มของจุด ไม่สร้างแนวโน้มของกราฟ แสดงว่าการเปลี่ยนมุมองศาและการพิจารณาความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลไม่มีความสำคัญและไม่มีผลต่อผลการทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเป้าหมายมีความกว้างค่อนข้างน้อยอยู่แล้ว เมื่อเทียบกับระยะการเคลื่อนที่ ส่งผลให้ความกว้างของเป้าหมายเองจะเป็นเสมือนความกว้างเป้าหมายประสิทธิผลได้เลย

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกลุ่มของจุดของทั้งสามระยะรัศมีมาพล็อตร่วมกัน จะทำให้เกิดเป็นแนวโน้มของเส้นตรงที่เกิดจากทั้งสามกลุ่มข้อมูล และสามารถสร้างเส้นแนวโน้มเป็นเส้นตรงได้

รูปที่ 8-ข แสดงเส้นแนวโน้มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน ซึ่งจะเห็นว่าเส้นแนวโน้มของแต่ละกลุ่มข้อมูลโดยแต่ละบุคคลนั้น มีความชันที่มีค่าใกล้เคียงกัน แต่มีจุดตัดและตำแหน่งของเส้นแนวโน้มที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากการตอบสนองของคนที่ต่างกัน เส้นแนวโน้มเส้นล่างแสดงการตอบสนองที่เร็ว จึงใช้เวลาน้อยในการทำงานให้เสร็จ ในขณะที่เส้นแนวโน้มเส้นบนแสดงการตอบสนองที่ช้า จึงใช้เวลามากกว่าในการทำงานเสร็จ สิ่งที่สร้างความแตกต่างอาจเกิดจากความชำนาญของแต่ละบุคคลที่ไม่เท่ากัน หรือความไม่คุ้นเคยและความไวในการปรับตัวให้เข้ากับอุปกรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม สามารถเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะเป็นการตอบสนองที่เร็วหรือช้า ลักษณะผลของความยากที่เพิ่มขึ้นที่มีต่อการทำงานจะเหมือนกัน ด้วยความชันของเส้นแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ดังรูป

กล่าวได้ว่าในการทำงานใช้งานเมาส์นั้น ประสิทธิภาพแต่ละคนจะมีความใกล้เคียงและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เพียงแต่ความไวในการต่อสนองอาจต่างกันได้ เมื่อพิจารณาความชันของกราฟแต่ละกราฟ นำมาหาดัชนีประสิทธิภาพ และเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าโดยรวม จะได้ดัชนีประสิทธิภาพการใช้งานเมาส์ได้เป็น 9.5 bit/sec

การทดสอบงานกราฟิก เส้นตรง



รูปที่ 9 กราฟแสดงผลการทดสอบงานกราฟิกเส้นตรง

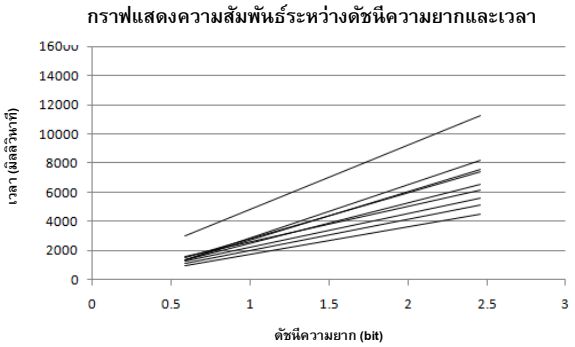
จากรูปที่ 9 พบว่า เส้นแนวโน้มที่ได้จากจุดข้อมูลของแต่ละผู้ทดสอบมีความชันที่ต่างกันออกไป โดยมีความชันต่ำสุดเท่ากับ 0.1 หรือก็คือค่าดัชนีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 10 bit/s และความชันสูงสุดเท่ากับ 1.4625 หรือค่าดัชนีประสิทธิภาพต่ำสุด 0.68376 bit/s อย่างไรก็ตามจุดตัดและตำแหน่งของเส้นแนวโน้มนั้นใกล้เคียงกัน คือที่ดัชนีความยากต่ำสุดจะใช้เวลาตอบสนองที่ประมาณ 300 มิลลิวินาทีเหมือนกัน บ่งบอกว่า การทำงานวาดเส้นตรงนั้นมนุษย์สามารถตอบสนองต่องานและทำงานด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะการทำงานวาดรูปต้องใช้สมาธิมาก การทำงานจึงค่อยเป็นค่อยไปและใช้เวลาที่พอ ๆ กัน อย่างไรก็ตาม ความชันที่ค่อนข้างแตกต่างกันนั้น บ่งชี้ว่าประสิทธิภาพในการทำงานวาดเส้นตรงของแต่ละบุคคลจะค่อนข้างต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะความถนัด ทักษะ และความเชี่ยวชาญในการวาดรูปที่แตกต่างกันออกไป

เมื่อพิจารณาความชันของกราฟแต่ละกราฟ นำมาหาดัชนีประสิทธิภาพ และเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าโดยรวม จะ

ได้ดัชนีประสิทธิภาพการวาดเส้นตรง ได้เป็น 2.74 bit/sec

การทดสอบงานกราฟิก วงกลม

จากผลที่แสดงในรูปที่ 10 พบว่า เส้นแนวโน้มที่ได้จากจุดข้อมูลของแต่ละผู้ทดลองมีความชันที่ใกล้เคียงกันมากกว่าการวาดเส้นตรง โดยมีความชันต่ำสุดเท่ากับ 1.9 หรือก็คือค่าดัชนีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 0.52632 bit/s และความชันสูงสุดเท่ากับ 4.1 หรือค่าดัชนีประสิทธิภาพต่ำสุด 0.24390 bit/s

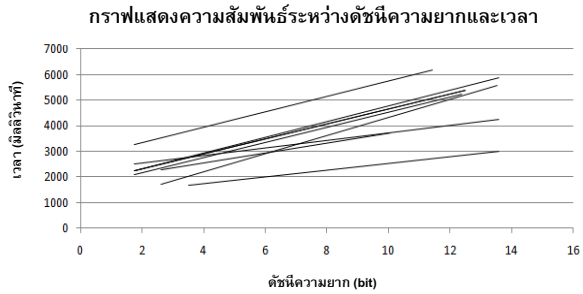


รูปที่ 10 กราฟแสดงผลการทดสอบงานกราฟิกวงกลม

แสดงว่าประสิทธิภาพของแต่ละบุคคลมีความใกล้เคียงกัน อาจเป็นเพราะความยากของงานค่อนข้างสูงถึงระดับที่จะส่งผลให้แต่ละบุคคลสามารถทำงานได้ประสิทธิภาพที่ไม่ต่างกัน เพราะต้องอาศัยสมาธิที่มากพอ ๆ กัน โดยที่ไม่เกี่ยวข้องกับความถนัดอีกต่อไป อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่าจุดตัดและตำแหน่งของเส้นแนวโน้มจะค่อนข้างต่างกัน แสดงว่าการตอบสนองต่อการวาดวงกลมนั้นจะมีความแตกต่างกันมากกว่าในแต่ละบุคคล ทั้งนี้ อาจมาจากความไม่ถนัดหรือความไม่มั่นใจในการวาดวงกลมที่ดูเหมือนจะยากกว่าจะวาดเส้นตรง จึงทำให้การเริ่มตอบสนองมีความช้าเร็วที่ต่างกัน รวมถึงเวลาในการทำงานที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาความชันของกราฟแต่ละกราฟ นำมาหาดัชนีประสิทธิภาพ และเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าโดยรวม จะได้ดัชนีประสิทธิภาพการวาดรูปวงกลม ได้เป็น 0.364 bit/sec

การทดสอบงานพิมพ์



รูปที่ 11 กราฟแสดงผลการทดสอบงานพิมพ์

จากรูปที่ 11 พบว่า เส้นแนวโน้มวางตัวเกาะกลุ่มกัน แสดงว่าการตอบสนองต่อการพิมพ์และความเร็วในการพิมพ์ของอาสาสมัครทดลองกลุ่มนี้มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากเส้นกราฟของแต่ละผู้ทดลองเกาะกลุ่มกัน แต่หากพิจารณาความชันของเส้นกราฟแล้ว จะเห็นว่ามีเส้นกราฟมีความชันต่างกันออกไปในแต่ละเส้น แสดงว่ามนุษย์แต่ละคนสามารถพิมพ์ได้ประสิทธิภาพที่ไม่เท่ากัน

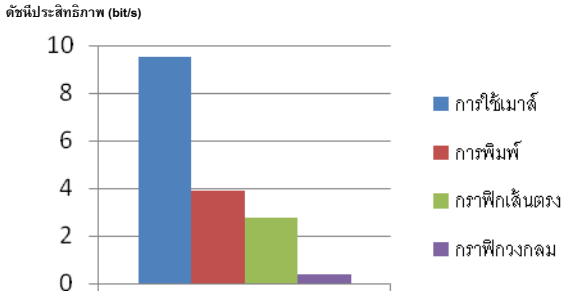
เมื่อพิจารณาความชันของกราฟแต่ละกราฟ นำมาหาดัชนีประสิทธิภาพ และเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าโดยรวม จะได้ดัชนีประสิทธิภาพการพิมพ์ ได้เป็น 3.92 bit/sec

จะเห็นได้ว่า การวาดวงกลมเป็นงานที่มนุษย์สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน แต่ประสิทธิภาพที่ได้นั้นจะค่อนข้างต่ำ คือสามารถทำงานได้ช้ากว่า เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการวาดเส้นตรง ซึ่งพบว่า ถึงแม้ประสิทธิภาพการทำงานวาดเส้นตรงจะไม่เท่ากันในแต่ละบุคคล แต่โดยรวมแล้วจะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่าการวาดวงกลมมาก แสดงว่ามนุษย์สามารถวาดเส้นตรงได้ดีกว่าวงกลม ซึ่งสมเหตุสมผลตามความเป็นจริง แต่อย่างไรก็ตาม การทำงานโดยการพุ่งเข้าสู่เป้าหมายโดยไม่สนใจเส้นทางนั้น มนุษย์ย่อมสามารถทำได้ดีกว่า ดังจะเห็นได้จากค่าประสิทธิภาพของการทดลองการใช้งานเมาส์ที่มีค่าสูงกว่าการทดลองอีกสองการทดลองมาก และประสิทธิภาพในการพิมพ์มีค่าต่ำกว่าการใช้งานเมาส์เช่นกัน แสดงให้เห็นว่า การทำงานคอมพิวเตอร์ให้ได้ประสิทธิภาพควรมีการใช้งานเมาส์เป็นส่วนใหญ่ เพราะสามารถตอบสนองตอบสิ่งต่าง ๆ บนหน้าจอได้เร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าการพิมพ์คำสั่ง

5. สรุปผล

จากการทดสอบพบว่า การทดสอบที่ออกแบบนั้นสามารถนำไปใช้ในการหาประสิทธิภาพการทำงานคอมพิวเตอร์ได้ และตอบโจทย์ความต้องการที่มีอยู่ โดยผลข้อมูลโดยรวม และค่าประสิทธิภาพที่หาออกมาได้จริง เป็นผลที่น่าเชื่อถือ สามารถวัดเปรียบเทียบได้เชิงปริมาณ และนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการวิจัยต่อไปได้

ประสิทธิภาพการทำงานต่าง ๆ สามารถเรียงลำดับได้ ดังนี้ การใช้งานเมาส์ การพิมพ์งาน การวาดเส้นตรง การวาดวงกลม บ่งบอกว่าการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถเรียงลำดับความสำคัญและความถี่ในการใช้งานได้ตามนี้เช่นกัน



รูปที่ 12 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำงานต่าง ๆ ของงานบนคอมพิวเตอร์

6. งานวิจัยต่อเนื่อง

ข้อมูลที่ได้จากผลสรุปนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยผลของการเคลื่อนขาส่วนล่างต่อประสิทธิภาพการทำงานคอมพิวเตอร์ของมนุษย์ ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ต้องการแก้ไขปัญหาสุขภาพของผู้ที่ต้องใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน โดยไม่ได้เคลื่อนไหวร่างกาย และขาดการออกกำลังกาย ซึ่งอาจส่งผลต่อกล้ามเนื้อ ข้อต่อ และระบบไหลเวียนโลหิตให้มีการไหลเวียนโลหิตต่ำ โดยการแก้ไขจะเป็นการช่วยมนุษย์ให้ขยับร่างกายหรือออกกำลังกายได้ในขณะทำงานคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นการกระตุ้นกล้ามเนื้อ ระบบไหลเวียนโลหิต และทำให้การยึดตัวของข้อต่าง ๆ ลดน้อยลง มีประเด็นสำคัญคือสามารถเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์อย่างไรเพื่อให้มนุษย์ยังคงสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Alan Dix, Janet Finlay, Gregory D. Abowd, Russell Beale. Human-Computer Interaction. February 13th, 2005

[2] Claude E. Shannon, Warren Weaver. The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois : Board of Trustees of the University of Illinois, 10, 1964

[3] I. Scott MacKenzie, Fitts' Law as a Research and Design Tool in Human-Computer Interaction. Human-Computer Interaction, 7, pp.91-139. University of Toronto : Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1992

[4] *I. Scott Mackenzie, Colin Ware. Lag as a Determinant of Human Performance in Interactive Systems. NTERCHI'93, 1993*

[5] Jing Kong, Xiangshi Ren. Comparison of Effective Target Width Calculation Methods for Pointing Task. The Fifth International Conference on Computer and Information Technology, 2005

[6] Atsuo Murata, Hirokazu Iwase. Proposal of Two-Dimensional Effective Target Width in Fitts' Law. Dept. of Computer Sciences, Hiroshima City University, 1999

[7] ยุทธนา ลีลาศวัฒนกุล. การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย Visual C++. เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานครฯ : หจก. ไทยเจริญการพิมพ์, 2551