ออกแบบแป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเกมคอมพิวเตอร์

นายณัฐพล จิระรัตนานนท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Design Left Hand Keyboard for Computer Game

Mr. Nattaphon Chirarattananon

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ออกแบบแป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเกมคอมพิวเตอร์
โดย	นายณัฐพล จิระรัตนานนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจียมสงวนวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐพล จิระรัตนานนท์ : ออกแบบแป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเกมคอมพิวเตอร์. (Design Left Hand Keyboard for Computer Game) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล

ผู้เล่นส่วนใหญ่ยังคงใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานในการเล่นเกม ซึ่งแป้นพิมพ์ทั่วไปนั้น นอกจากจะไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับกับมือของผู้ที่ใช้งานแล้ว ยังออกแบบมาสำหรับการพิมพ์งานพิมพ์ดีดทั่วไป ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ในการเล่นเกมโดยเฉพาะ ส่งผลให้ผู้เล่นเกิดอาการเมื่อยล้า หรือส่งผลให้ไม่สามารถดึงศักยภาพสามารถของผู้เล่นออกมาได้

การออกแบบแป้นพิมพ์มือซ้ายที่ใช้สำหรับเกมคอมพิวเตอร์ ปรับให้รูปทรงและตำแหน่งของปุ่มตามหลักการยศาสตร์ และทดสอบกับอาสาสมัคร 10 คน เพศชาย อายุ ประสบการณ์ โดยทดสอบใน 3 วิธีการทดสอบ คือการทดสอบเวลาตอบสนองตามตัวอักษรที่ปรากฏขึ้นบนจอแบบสุ่มด้วยโปรแกรมที่สร้างขึ้นเอง แล้วนำผลลัพท์ที่ได้เทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน การทดสอบโดยการเล่นเกมพื้นฐานที่ไม่ซับซ้อน และการทดสอบด้วยเกมที่มีความซับซ้อนและถูกใช้ในการแข่งขันประเภทกีฬาอีเล็กโทรนิก พบว่าผู้เล่นที่ใช้แป้นพิมพ์ของงานวิจัยนี้มีเวลาในการตอบสนองไม่แตกต่างจากการใช้งานในทุกระดับความยากที่เพิ่มขึ้นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5970924621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Ergonomics keyboard, Computer games, Left handed keyboard, Fitt's law

Nattaphon Chirarattananon : Design Left Hand Keyboard for Computer Game. Advisor: Asst. Prof. Phairoat Ladavichitkul, Ph.D.

Most of game players still using standard keyboard for playing games. Not only that standard keyboard wasn’t designed to be adapted with hands but designed for typing letters and works. Cause players were incurred injuries on their hands and unable to pull the potential performance of players

The design of keyboard for computer games especially. With adapting contour shape of keyboard and relocation of keys, in order to be complied with player’s hand and computer games command inputs. Research has performed 3 testing experiments which are by measuring reaction time from appearing of letters showing on screen, testing with basic computer game which is not having complicate command controlling and testing with advanced game which is having complicate playing and used in competition of Electronic sports. Results from research will show relation of reaction speed of researched keyboard which is not different from standard keyboard with α = 0.05 significant.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและการช่วยเหลือจาก ผศ. ดร. ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและสละเวลาอันมีค่า รวมทั้งแนวคิดการทำงานและการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ รศ. ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ ประธานกรรมการ ผศ. ดร. อริศรา เจียมสงวนวงศ์ และ รศ. ดร. ประจวบ กล่อมจิตร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่คอยชี้แนะและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ด้วยเนื้อหาสาระอันเป็นประโยชน์ต่อวงการการศึกษาต่อไป

ขอขอบคุณครอบครัวและญาติมิตรที่ให้ความช่วยเหลือและคอยสนับสนุนงานวิจัยและผู้วิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งกับอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลามาร่วมให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ณัฐพล จิระรัตนานนท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 5

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

1.5 วิธีดำเนินการงานวิจัยเบื้องต้น 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 แป้นพิมพ์สำหรับเล่นเกมในปัจจุบัน (Gaming pad) 8

2.2 ตลาดเกมคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน 9

2.3 การแข่งขันกีฬาอิเล็คโทรนิค (eSports) 9

2.4 eSports ในประเทศไทย 10

2.5 ประเภทของกีฬา eSports 10

2.6 ประเภทของเกม 11

2.7 แนวคิดการออกแบบแป้นพิมพ์งานวิจัย 13

2.8 การออกแบบรูปทรงลักษณะของแป้นพิมพ์ 14

2.9 ลักษณะโครงสร้างของมือและแขน 15

2.10 การออกแบบตำแหน่งของปุ่มอักขระและการคัดเลือกอักขระที่ใช้งานบนแป้นพิมพ์ 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.11 การออกแบบแผนผังของปุ่มอักขระ 22
2.12 ช่องว่างงานวิจัย 29
2.13 กฎของฟิตต์ 30
2.14 Cluster Analysis 33
2.15 การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ 35
2.16 การเรียนรู้เพื่อให้เกิดความคุ้นชินหรือเส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning Curve) 36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย 38
3.1 ออกแบบและสร้างต้นแบบของแป้นพิมพ์ 38
3.1.1 ขั้นตอนการร่างแบบแป้นพิมพ์ด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติ 38
3.1.2 ขั้นตอนการพิมพ์ฐานแป้นพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ 40
3.1.3 ขั้นตอนการเลือกปุ่มแป้นสวิตซ์ 41
3.1.4 ขั้นตอนการออกแบบแผงวงจรไฟฟ้าภายในแป้นพิมพ์ 41
3.1.5 ขั้นตอนการประกอบแป้นพิมพ์ต้นแบบ 42
3.1.6 ขั้นตอนการทดสอบวงจรของแป้นพิมพ์ต้นแบบ 42
3.2 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลอง 44
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 45
แป้นพิมพ์มาตรฐาน 45
เกม Speedrunners 46
เกม Overwatch 46
3.4 วิธีการทดสอบ 48
3.4.1 จัดสถานีการทดลอง 49
3.4.2 การฝึกฝนก่อนเริ่มการทดสอบ 50
รูปแบบที่ 1 ทดสอบ Reaction times ด้วยโปรแกรม ErgoEyeSkill 51
รูปแบบที่ 2 ทดสอบด้วยเกม Speedrunners 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบที่ 3 Survey 54
บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการวิจัย 57
4.1 ผลจากการสร้างแป้นพิมพ์ต้นแบบ 57
4.2 การประเมินความคุ้นเคยในการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้งสองกับการใช้เล่นเกม 59
4.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของแป้นพิมพ์ทั้งสอง 63
4.4 การทดสอบด้วยโปรแกรม Ergoeyeskill.exe 63
4.4.1 วิจารณ์ผลการทดสอบ 68
4.5 การทดสอบด้วยเกม Speedrunners 70
4.5.1 วิจารณ์ผลการทดสอบ 72
4.6 การทดสอบด้วยเกม Overwatch และวิจารณ์ผลการทดสอบ 74
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 79
5.1 สรุปผลการวิจัย 79
5.2 ปัญหาในการดำเนินการ 80
5.3 ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 81
ประวัติผู้เขียน 129

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 อุโมงค์ข้อมือ Carpel Tunnel 2
รูปที่ 2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับเล่นเกม ยี่ห้อ OMEN รุ่น 15-ax201TX 7
รูปที่ 2.2 แป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเล่นเกม รุ่น Delux T9X 8
รูปที่ 2.3 Neutral และ Pronation Posture 14
รูปที่ 2.4 Neutral Posture ในท่านั่งพิมพ์งาน 15
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของกระดูกและกล้ามเนื้อ 15
รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของระบบประสาท 16
รูปที่ 2.7 โครงสร้างอุโมงค์ข้อมือ 16
รูปที่ 2.8 ลักษณะท่าทางของข้อมือที่ผิดไปจาก Neutral Posture 17
รูปที่ 2.9 ส่วนการออกแบบหลัก 18
รูปที่ 2.10 แผนผังตำแหน่งการใช้นิ้วในการกดแต่ละปุ่ม 22
รูปที่ 2.11 ตำแหน่งปุ่ม Space bar 24
รูปที่ 2.12 การจัดเรียงปุ่มอักขระแบบเรียงตรง 24
รูปที่ 2.13 แผนภาพวงจรไฟฟ้าของแป้นพิมพ์งานวิจัย 28
รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบการใช้ปุ่มบังคับทิศทางและปุ่ม W, A, S และ D บนแป้นฟิมพ์มาตรฐาน 29
รูปที่ 2.15 ข้อมูลที่อยู่เป็นกลุ่ม Clustering 33
รูปที่ 2.16 การวางตำแหน่งนิ้วทั้ง 4 34
รูปที่ 2.17 การวางมือบนแป้นพิมพ์ขณะเล่นเกม 35
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง HCI กับวิชาการสาขาต่างๆ 36
รูปที่ 3.1 แบบร่างแป้นพิมพ์งานวิจัย 39
รูปที่ 3.2 ขนาดความยาวฝ่ามือที่ลดลงในท่าทางการใช้งานแป้นพิมพ์ 39
รูปที่ 3.3 เครื่องพิมพ์สามมิติรุ่น Da Vinci 1.0 40
รูปที่ 3.4 การพิมพ์สามมิติของแป้นพิมพ์ต้นแบบ 40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.5 Cherry switch รุ่น Red Switch 41
รูปที่ 3.6 แผงวงจรที่เชื่อมต่อเสร็จแล้ว 41
รูปที่ 3.7 แยกส่วนการประกอบแป้นพิมพ์งานวิจัย 42
รูปที่ 3.8 การวัดความยาวมือ 44
รูปที่ 3.9 แป้นพิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบในภาพมุมสูงและมุมด้านหน้า 45
รูปที่ 3.10 แป้นพิมพ์รุ่น Redragon K-565 (RUDRA) RGB Mechanical Gaming Keyboard 45
รูปที่ 3.11 เกม Speedrunners 46
รูปที่ 3.12 เกม Overwatch 47
รูปที่ 3.13 แบบปุ่มกดบนแป้นพิมพ์งานวิจัย 47
รูปที่ 3.14 ระยะห่างระหว่างตาของผู้ทดสอบถึงหน้าจอ 49
รูปที่ 3.15 ความสูงมาตรฐานโต๊ะสถานีทดสอบและท่าทางการนั่งทดสอบ 50
รูปที่ 3.16 โปรแกรม ERGOEYESKILL.exe 51
รูปที่ 3.17 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม SPEEDRUNNERS ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน 52
รูปที่ 3.18 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม SPEEDRUNNERS ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย 53
รูปที่ 3.19 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม OVERWATCH ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย 54
รูปที่ 4.1 แป้นพิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบในภาพมุมสูงและมุมด้านหน้า 57
รูปที่ 4.2 การทดสอบความเร็วของการส่งสัญญาณคำสั่ง 58
รูปที่ 4.3 ภาพมุมสูงของการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัยโดยอาสาสมัครนักกีฬา 76
รูปที่ 4.4 ปุ่ม Shift ของแป้นพิมพ์งานวิจัยเทียบกับขนาดปุ่ม Shift ของแป้นมาตรฐาน 77
รูปที่ 4.5 มือถูกจำกัดตำแหน่งที่บริเวณฝ่ามือ 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ราคาแป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดปุ่มยางและชนิดสปริง 4
ตารางที่ 2.1 รายงานการสำรวจและวิจัย ขนาดฝ่ามือคนไทย พ.ศ. 2543 – 2544 19
ตารางที่ 2.2 แผนผังร้อยละความถี่ของปุ่มบนแป้นที่ใช้ในการเล่นเกมประเภท FPS 22
ตารางที่ 2.3 ปุ่มอักขระที่ถูกใช้งานในเกมต่างๆ 23
ตารางที่ 2.4 อักขระที่จะใช้บนแป้นพิมพ์งานวิจัย 25
ตารางที่ 2.5 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของอักขระแต่ละปุ่มจากการศึกษานำร่อง เรียงจากน้อยไปมาก .. 32
ตารางที่ 3.1 รายการในแบบสอบถามที่ใช้ในการประเมิน 55
ตารางที่ 3.2 ความหมายของแต่ละกิจกรรมที่ประเมิน 56
ตารางที่ 4.1 รายการการทดสอบการส่งสัญญาณคำสั่ง 58
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลของผู้ทดสอบ 59
ตารางที่ 4.3 ค่า Y ในสมการ Regression เมื่อ X มีค่าต่างๆ 61
ตารางที่ 4.4 จำนวนรอบในการเล่นที่ผู้ทดสอบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ 62
ตารางที่ 4.5 แบ่งกลุ่มระดับความยากของปุ่มอักขระด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน 65
ตารางที่ 4.6 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากเมื่อใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน 66
ตารางที่ 4.7 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากเมื่อใช้แป้นพิมพ์งานวิจัย 67
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ของแต่ละผู้ทดสอบกับระดับความยาก 69
ตารางที่ 4.9 ค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิด 69
ตารางที่ 4.10 เวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการผ่านแต่ละด่านที่สภาวะคงที่ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน 71
ตารางที่ 4.11 เวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการผ่านแต่ละด่านที่สภาวะคงที่ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย 72
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ของแต่ละผู้ทดสอบในแต่ละด่าน 73
ตารางที่ 4.13 วิเคราะห์ ANOVA ของเวลาคงที่ในแต่ละด่าน 74
ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มมือสมัครเล่น 75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ผู้เล่นส่วนใหญ่ยังคงใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานในการเล่นเกม ซึ่งแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไปนั้นนอกจากจะไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับกับมือของผู้ที่ใช้งานแล้ว ยังออกแบบมาสำหรับการพิมพ์งานพิมพ์ดีดทั่วไปเท่านั้น และไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้เล่นเกมโดยเฉพาะ ส่งผลให้ผู้เล่นเกิดอาการเมื่อยล้าหรือส่งผลให้ไม่สามารถดึงศักยภาพความสามารถของผู้เล่นออกมาได้ ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดการออกแบบจากการสังเกตการใช้งานแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ของผู้เล่นที่มักจะใช้เพียงบางปุ่มบนแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมเท่านั้น และมีหลายปุ่มที่ไม่ถูกใช้งาน งานวิจัยนี้จะออกแบบแป้นพิมพ์ที่ใช้สำหรับเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ โดยปรับให้รูปทรงและตำแหน่งของปุ่มแต่ละปุ่มง่ายต่อการวางนิ้วมือและรับกับมือของผู้ใช้ โดยทดสอบกับอาสาสมัคร 10 คน เพศชาย อายุ ประสบการณ์ โดยทดสอบตามหลักการกฎของฟิตซ์ (Fitt's Law) และ ทดสอบเชิงอิสระโดยเก็บผลด้วยแบบประเมินของอาสาสมัคร โดยอาสาสมัครจะต้องเคยเล่นเกมในประเภท FPS (First person shooting) มาก่อนเพื่อป้องกันอุปสรรคจากการมองเห็นของภาพหน้าจอ เนื่องจากเกมประเภทนี้มีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนภาพฉากที่เร็ว อาจทำให้ผู้ที่ไม่คุ้นชินเกิดอาการวิงเวียนศีรษะได้ แล้วนำผลลัพท์ที่ได้เทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน พบว่าผู้เล่นที่ใช้แป้นพิมพ์ของงานวิจัยนี้มีเวลาในการตอบสนองเร็วกว่าตอนที่ใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานในทุกระดับความยากที่เพิ่มขึ้น

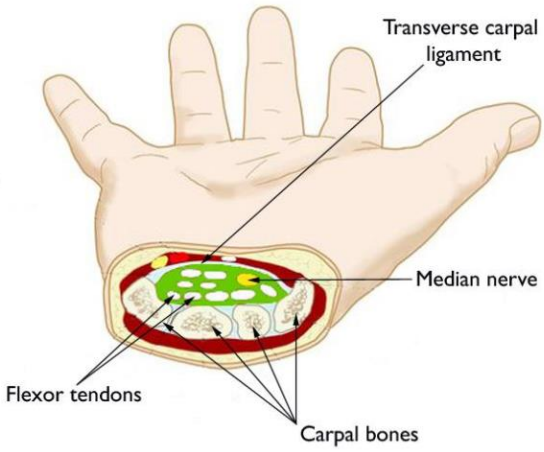
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การใช้งานแป้นพิมพ์โดยทั่วไปจะผู้ใช้จะนิยมใช้งานแป้นพิมพ์มาตรฐานที่บังคับให้ผู้ใช้ต้องวางมือทั้งสองข้างบนตำแหน่งของปุ่มกดแป้นเหย้า และแป้นเหย้าของมือทั้งสองข้างนั้นบังคับให้ข้อมือของผู้ใช้งานมีการบิดอยู่ตลอดเวลาที่ใช้งานแป้นพิมพ์ดังกล่าว ลักษณะของแป้นพิมพ์จึงส่งผลโดยตรงกับลักษณะท่าทางของข้อมือและแขนช่วงล่าง {Rempel, 2007 #4}

การใช้งานแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมจะไม่ต่างกับการใช้งานทั่วไป เพียงแต่โดยส่วนใหญ่ผู้เล่นจะใช้แป้นพิมพ์ในการเล่นเกมเพียงแค่ไม่กี่ปุ่มเท่าที่มือซ้ายของผู้เล่นจะสามารถกดได้ เพราะมือขวาของผู้เล่นจะต้องใช้ในการบังคับเม้าส์อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นบริษัทผู้พัฒนาเกมในท้องตลาดจึงออกแบบการบังคับหรือออกคำสั่งภายในเกมโดยให้ผู้เล่นสามารถใช้มือซ้ายเพียงแค่ข้างเดียวในการบังคับ และพยายามไม่ให้มือซ้ายของผู้เล่นต้องเคลื่อนย้ายหรือทำการเอื้อมไปกดปุ่มใดๆที่ไกลเกินไป การที่มือ

ของผู้เล่นวางในท่าทางที่ผิดเป็นเวลานาน ผู้เล่นจะมีอาการเจ็บและชาที่มือบริเวณอุโมงค์ข้อมือ (Carpel Tunnel Syndrome) เนื่องจากมือของผู้เล่นจะต้องวางบนแป้นพิมพ์ที่แบนราบและข้อมือมีการบิดอยู่ตลอดเวลา หากผู้เล่นใช้เวลาอยู่กับคอมพิวเตอร์วันละหลายชั่วโมงในทุกๆวัน อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บเรื้อรังนำไปสู่อาการบาดเจ็บขั้นร้ายแรงได้ {Ogawa, 2015 #8} มีบริษัทชั้นนำบางบริษัท อาทิ Logitech และ HP ได้ผลิตแป้นพิมพ์ตามหลักการยศาสตร์มาวางจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อจุดประสงค์ในการใช้ทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นระยะเวลานานๆต่อวัน ยกตัวอย่างเช่น เสมียน นักบัญชี และพนักงานบริษัทสำนักงานต่างๆ แต่ไม่เป็นที่นิยมในวงกว้างเนื่องจากแป้นพิมพ์ดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับแป้นพิมพ์แบบมาตรฐานทั่วไป {พงศ์ภัทร, 2555 #1} และไม่เป็นที่นิยมอย่างยิ่งในการนำมาใช้ในการเล่นเกม



รูปที่ 1.1 อุโมงค์ข้อมือ Carpel Tunnel

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แม้ว่าคุณภาพและคุณสมบัติของแป้นพิมพ์ดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ใช้ปลอดภัยจากอาการบาดเจ็บที่ข้อมือจากการใช้งานได้ แต่แป้นพิมพ์ดังกล่าวมีขนาดที่ใหญ่เทอะทะ มีปุ่มกดมากเกินความจำเป็นในการเล่นเกม และตำแหน่งของปุ่มกดก็ไม่ได้จัดวางมาสำหรับการเล่นเกมแต่อย่างใด แต่เป็นการวางตำแหน่งของปุ่มกดให้สอดคล้องกับการใช้งานในการพิมพ์งานพิมพ์เอกสาร จึงไม่เป็นที่นิยมในการเล่นเกม แป้นพิมพ์ที่ผู้เล่นเกมคอมพิวเตอร์นิยมนำมาใช้ในการเล่นเกมจะเป็นแป้นพิมพ์ชนิดสปริง (Mechanical Keyboard) เนื่องจากมีความทนทานต่อการใช้งาน ทนต่อการกดกระแทก สามารถปรับเปลี่ยนตกแต่งได้ และมีสีสันสวยงามประดับไปด้วยไฟ LED ที่ผู้ใช้สามารถปรับแสงสีได้ตามความต้องการ ซึ่งแป้นพิมพ์ดังกล่าวมีราคาสูงกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดปุ่มยาง (Rubber dome) ทั่วไปมาก เพียงเพราะรูปลักษณ์และสีสันที่สะดุดตาเท่านั้น แต่ไม่ได้ช่วยให้ผู้ใช้ปลอดภัยจากอาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง ตารางที่ 1 แสดงราคาของแป้นพิมพ์ทั้ง 2 ชนิดจาก 3 ยี่ห้อดังในท้องตลาดปี 2561 จากการสำรวจราคาเปรียบเทียบในเว็บไซต์ www.lazada.co.th

แป้นพิมพ์ทั้ง 3 ยี่ห้อในตารางที่ 1.1 นี้ ล้วนแล้วแต่เป็นแป้นพิมพ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ยี่ห้อ HP และ Logitech ที่นิยมใช้ในสำนักงานต่างๆ และ Corsair ก็มีชื่อเสียงด้านแป้นพิมพ์แบบสปริงสำหรับใช้เล่นเกมอยู่แล้ว ในปี 2556 บริษัทค่ายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ Delux ได้ผลิตและนำเสนอแป้นพิมพ์ที่ใช้สำหรับเล่นเกมโดยเฉพาะและใช้งานด้วยมือซ้ายเพียงข้างเดียวออกมา คือรุ่น T9X มีรูปลักษณ์เหมือนแป้นพิมพ์มาตรฐานที่ถูกแบ่งครึ่ง แต่ราคาสูงมากเมื่อเทียบกับแป้นพิมพ์ทั่วไป และไม่มีงานวิจัยรองรับสมรรถนะการใช้งานของแป้นพิมพ์ดังกล่าว จึงไม่เป็นที่นิยมในหมู่ผู้เล่น สิ่งที่ผู้เล่นต้องการจากแป้นพิมพ์คือ ความครบถ้วนของปุ่มที่ต้องใช้ในการเล่นเกมใดๆ, ขนาดและรูปทรงที่พอดีกับมือของผู้เล่นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของทั้งมือให้น้อยที่สุด เพื่อไม่ให้ผู้เล่นเสียตำแหน่งของการวางมือบนแป้นพิมพ์ และความสบายในการใช้งาน หรือความปลอดภัยในท่าทางการใช้งานเพื่อไม่ให้เกิดอาการบาดเจ็บสะสมและสามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น {Guins, 2014 #7} โดยหากวิเคราะห์แป้นพิมพ์ของ Delux T9X จากรูปทรงและการจัดเรียงปุ่มกดแต่ละปุ่มบนแป้น จะเห็นว่าปุ่มกดต่างๆยังคงอยู่ในตำแหน่งมาตรฐานเช่นเดียวกับแป้นพิมพ์มาตรฐานที่ใช้ในการทำงานเอกสาร คือมีการจัดเรียงปุ่มอักขระให้มีความเยื้องเอียงและแป้นที่แบนราบไปกับโต๊ะทำงานคอมพิวเตอร์ จึงไม่ได้ช่วยแก้ปัญหาท่าทางการวางมือที่ผิดธรรมชาติ {Rempel, 2007 #4} และปุ่มอักขระที่อยู่บนแป้น หากต้องการนำมาใช้ในการเล่นเกมประเภท FPS จะพบว่า มีบางปุ่มที่ไม่ได้ถูกใช้งานและมีบางปุ่มที่ขาดหายไป ไม่เพียงพอต่อการใช้เล่นเกม และต้องใช้เวลาในการฝึกฝนระยะหนึ่งในการเรียนรู้ จึงจะสามารถใช้งานได้เสมือนแป้นพิมพ์มาตรฐานและเกิดความคุ้นชิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1.1 ราคาแป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดปุ่มยางและชนิดสปริง

แป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดปุ่มยาง (Rubber dome switch)		ราคา (บาท)
HP Wired USB Keyboard K1500		598.-
Logitech Keyboard K120-TH		299.-
แป้นพิมพ์มาตรฐานชนิดสปริง (Mechanical switch)		ราคา (บาท)
Logitech G610 Blue Backlit		3,500.-
Corsair STRAFE RGB RedSW		5,590.-
แป้นพิมพ์สำหรับมือซ้าย		ราคา (บาท)
Delux T9X		9,727.-

การประเมินแป้นพิมพ์จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะประเมินจากความเร็วและความถูกต้องในการพิมพ์ {พงค์ภัทร, 2555 #1} โดยผู้วิจัยจะสุ่มข้อความจากหน้าหนังสือเรียน หนังสือพิมพ์ พระคัมภีร์ทางศาสนาหรือสื่อสิ่งพิมพ์ใดๆ ให้ผู้ทดสอบพิมพ์คำศัพท์ตามสื่อสิ่งพิมพ์นั้นๆ แล้วจับเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ หรือความเร็วในการพิมพ์ และความถูกต้องในการพิมพ์ด้วยการตรวจนับจำนวนคำที่พิมพ์ผิดที่เกิดขึ้นภายในการทดสอบ เพื่อทำให้วิธีการดังกล่าวมีความแม่นยำมากขึ้น ผู้ทดสอบจะต้องทดสอบการพิมพ์จำนวนมาก เนื่องจากการสุ่มการทดสอบจากสื่อสิ่งพิมพ์มีความยากง่ายในการพิมพ์แตกต่าง

กัน จึงต้องอาศัยการเพิ่มจำนวนการทดสอบเพื่อให้เกิดความลำเอียงในการทดสอบน้อยที่สุด บางงานวิจัยใช้วิธีการทดสอบโดยการสุ่มการพิมพ์เช่นเดียวกันแต่จะประเมินโดยการเปรียบเทียบความเร็วในการพิมพ์ต่อชั่วโมง {McLoone, 2005 #9} และพบว่าผู้ทดสอบจะมีความเร็วในการพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์การยศาสตร์ช้ากว่าการพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน แต่หลังจากทำการทดสอบเพียง 2 วัน ผู้ทดสอบสามารถพิมพ์ด้วยความเร็วที่มากขึ้นเทียบเท่าการพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน วิธีการประเมินแป้นพิมพ์ดังที่กล่าวมาข้างต้นสามารถใช้ได้ผลกับการประเมินแป้นพิมพ์ที่มีจุดประสงค์เพื่อการพิมพ์เอกสารและตัวอักษร แต่ในงานวิจัยนี้แป้นพิมพ์ของงานวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการบังคับควบคุมและป้อนคำสั่งในการเล่นเกมเท่านั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อออกแบบแป้นพิมพ์ตามหลักการยศาสตร์สำหรับเล่นเกมโดยเฉพาะ ใช้งานกับมือซ้ายเพียงข้างเดียวเท่านั้น และประสิทธิภาพการใช้งานไม่แตกต่างไปจากแป้นพิมพ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- ออกแบบแป้นพิมพ์ที่ใช้กับเกมคอมพิวเตอร์ ประเภท FPS (First Person Shooting)
- ใช้กับมือซ้ายข้างเดียว
- ใช้ในการเล่นเกมเท่านั้น ไม่สามารถใช้ในการทำงานอื่นได้
- ประเมินประสิทธิภาพระหว่างแป้นพิมพ์ต้นแบบสำหรับเล่นเกมโดยเฉพาะกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพิ่มศักยภาพในการใช้งาน โดยไม่ต้องมองแป้นพิมพ์
- ใช้งานแป้นพิมพ์ได้นานขึ้น
- พกพาไปใช้งานได้ทุกที่เพราะมีขนาดเล็กกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน
- ใช้งานคู่กับคอมพิวเตอร์พกพา (Laptop)

1.5 วิธีดำเนินการงานวิจัยเบื้องต้น

- สำรวจการเล่นเกมของผู้เล่นทั่วไป ถึงความถี่ของการใช้งานปุ่มกดบนแป้นพิมพ์ เพื่อให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้งาน ปุ่มกดใดที่มีการใช้งานบ้าง และปุ่มใดถูกใช้งานมากน้อยเพียงใด เพื่อนำมาประกอบการวางผังปุ่มกดบนแป้นพิมพ์ให้เหมาะสมกับการเล่นเกม
- วิเคราะห์การวางมือบนแป้นพิมพ์ โดยหาลักษณะการวางมือตามหลักการยศาสตร์ เพื่อไม่ให้ผู้เล่นเกิดอาการเมื่อยล้า หรือบาดเจ็บ
- ออกแบบแบบจำลอง และสร้างแป้นพิมพ์ต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D printer)
- ประเมินแป้นพิมพ์ต้นแบบ โดยให้อาสาสมัครทดลองใช้แป้นพิมพ์ เก็บค่าผลการทดสอบและสัมภาษณ์ผลการทดลองใช้
- วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีปัจจุบันได้พัฒนาคอมพิวเตอร์แบบพกพาหรือ Laptop ที่ใช้สำหรับงานออกแบบที่มีความละเอียดสูง และใช้สำหรับการเล่นเกมโดยเฉพาะ และมีราคาสูงกว่าคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่ใช้ตามสำนักงานทั่วไปมาก เนื่องจากอุปกรณ์กระด้างภัณฑ์ (Hardware) ภายในเครื่องจะต้องมีความสามารถและประสิทธิภาพเทียบเท่ากับอุปกรณ์ภายในคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ แต่จะต้องมีขนาดและน้ำหนักที่เบากว่ามาก เพื่อให้ผู้ใช้สามารถพกพาได้ คอมพิวเตอร์แบบพกพาดังกล่าวมีอัตราการเติบโตกว่าหนึ่งพันล้านดอลลาร์สหรัฐ และมีส่วนแบ่งทางการตลาด (ตลาดคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ IT) ในเกาหลีสูงกว่า 60% และทั่วโลกสูงกว่า 40% ในปี พ.ศ.2558 ที่ผ่านมา (Technavio Updates on the Global Gaming Market, 2559) แต่สิ่งที่น่าสนใจอย่างหนึ่งคือแป้นพิมพ์ที่ติดมากับคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับเล่นเกมนี้ยังคงใช้แป้นพิมพ์ลักษณะมาตรฐานทั่วไปไม่มีการปรับเปลี่ยนลักษณะแป้นพิมพ์ให้เหมาะสมกับการเล่นเกมแต่อย่างใด อีกทั้งขนาดของคอมพิวเตอร์แบบพกพามีขนาดที่เล็กจึงทำให้แป้นพิมพ์มีขนาดเนื้อที่จำกัดไปด้วย ส่งผลให้ผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างถนัดมือและสูญเสียอัตรสในการเล่นเกมลงไป จึงทำให้ผู้ใช้งานหลายคนยอมที่จะซื้อแป้นพิมพ์มาตรฐานแยกอีกชิ้นหนึ่งเพื่อความสะดวกในการเล่นเกมมากขึ้น

รูปที่ 2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาสำหรับเล่นเกม ยี่ห้อ OMEN รุ่น 15-ax201TX

2.1 แป้นพิมพ์สำหรับเล่นเกมในปัจจุบัน (Gaming pad)

จากการสำรวจตลาดเกมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกม ผู้เล่นนิยมใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานในการป้อนคำสั่งการเล่นเกม แต่มีผู้ผลิตบางรายได้ผลิตแป้นพิมพ์มือซ้ายออกมาสำหรับเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ ดังที่แสดงในตารางที่ 1.1 แสดงในรูปที่ 2.2 แป้นพิมพ์ดังกล่าวมีการออกแบบจำนวนปุ่มให้เหมาะสมกับการเล่นเกมก็จริง แต่สังเกตได้ว่า แป้นพิมพ์ดังกล่าวมิได้ปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพ และมิได้นำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ แจกแจงออกมาได้เป็น 2 ประเด็นหลักๆ คือ ประเด็นที่หนึ่ง แป้นพิมพ์มีลักษณะเรียบแบนไปกับพื้นไม่มีการทำมุม Pronation เพื่อป้องกันการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการใช้งาน ประเด็นที่สอง คือการจัดเรียงปุ่มที่ไม่ได้มีการออกแบบใหม่แต่อย่างใด เพียงเหมือนกับแป้นพิมพ์มาตรฐานที่ถูกแบ่งครึ่งเท่านั้น ผู้เล่นเกมจึงไม่นิยมจัดหาซื้อมาใช้งาน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพในการใช้งานแลดูไม่แตกต่างจากแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไป และใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานที่มีอยู่แล้วแทน

รูปที่ 2.2 แป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเล่นเกม รุ่น Delux T9X

2.2 ตลาดเกมคอมพิวเตอร์ปัจจุบัน

ปัจจุบันตลาดเกมคอมพิวเตอร์ได้เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วแบบก้าวกระโดด ธุรกิจเกมในประเทศไทยจากผลสำรวจยอดซื้อขายในอุตสาหกรรมเกมมีมูลค่าสูงถึง 7.8 พันล้านบาท (https://digitalmarketingwow.com/2017/07/13/esports, 2561) และมีแนวโน้มจะโตขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ธุรกิจเกมในประเทศสหรัฐอเมริกามีมูลค่าสูงถึง 16.5พันล้านเหรียญสหรัฐ (รายงานตลาด: เกมอุตสาหกรรมที่ขยายตัวเร็วที่สุดของเศรษฐกิจสหรัฐฯ, 2559) แต่อุปกรณ์ที่ใช้ป้อนคำสั่งต่างๆ ยังคงเป็นอุปกรณ์มาตรฐานการใช้งานทั่วไป ส่งผลให้การตอบสนองในการใช้งานไม่ดี และลักษณะของแป้นพิมพ์ยังไม่เหมาะสมกับการใช้งานดังกล่าวด้วย การพัฒนาต่อยอดนี้โดยอ้างอิงจากวรรณกรรมงานวิจัยในอดีตเรื่องการวางตำแหน่งอักขระ {รุ่งโรจน์, #3} และการวัดผลความเร็วในการใช้งานแป้นพิมพ์ {พงค์ภัทร, 2555 #1} ช่วยให้สามารถออกแบบแป้นพิมพ์ที่เหมาะสมกับการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ ทั้งในด้านความเร็วในการตอบสนองของมนุษย์ และในด้านความล้าของการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถใช้งานได้นานโดยไม่เกิดอาการบาดเจ็บใด ๆ

2.3 การแข่งขันกีฬาอิเล็คโทรนิค (eSports)

eSports คือกีฬาที่แข่งขันด้วยวีดีโอเกม ไม่จำกัดประเภทเครื่องเล่นเกมและประเภทของเกม ส่วนใหญ่จะเป็นเกมประเภทผู้เล่นหลายคน อาจมีการแบ่งฝั่งออกเป็นฝ่าย ๆ ตั้งแต่สองฝ่ายเป็นต้นไป แล้วทำการแข่งขันโดยมีกฎกติกาภายในเกมดังกล่าวเป็นตัวตัดสิน {Lee, 2011 #16} อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนคำสั่งเป็นสิ่งสำคัญ อาทิเช่น เม้าส์ (Mouse) และแป้นพิมพ์ (Keyboard) ในรายการการแข่งขันจึงมีกฎระเบียบการใช้อุปกรณ์ป้อนคำสั่งหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับ (Controller) ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. หากทีมงานตรวจสอบและพบว่าในทีมมีสมาชิก 1 คน หรือมากกว่านั้น ใช้โปรแกรมช่วยเล่นในระหว่างการแข่งขัน ทีมงานจะปรับให้ทีมแพ้ในแมตช์นั้นทันที และจะมีผลต่อเนื่องไปถึงการตัดสิทธิ์ออกจากการแข่งขันทั้งปัจจุบัน และในอนาคตที่จะเกิดขึ้น
2. หากมีการจงใจทำให้กระด้างภัณฑ์ (Hardware) หรือ ละมุนภัณฑ์ (Software) มีปัญหาระหว่างแข่งขันจะทำให้ถูกตักเตือนหรืออาจจะถึงขั้นปรับแพ้, ปรับ Round Loss ตามความเหมาะสม
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับควบคุมใดๆจะต้องไม่มีรหัสมาโครคำสั่งที่ใช้ช่วยในการออกคำสั่งแฝงใน Microcontroller

2.4 eSports ในประเทศไทย

ประเทศไทยมีการแข่งขันกีฬา eSports อย่างแพร่หลายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ด้วยเกม Counter-Strike โดยมีการจัดการแข่งขันขึ้นตามชุมชนต่างๆกระจายไปในแต่ละภูมิภาค และมีการจัดแข่งขันชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทยในปี พ.ศ. 2544 ขึ้นอย่างเป็นทางการ จนกระทั่งมีการคัดเลือกตัวแทนประเทศไทยเพื่อไปแข่งขันในระดับนานาชาติเป็นครั้งแรกในรายการ World Cyber Game (WCG) และทีมนักกีฬาไทยทีมแรกที่ได้ตำแหน่งชนะเลิศระดับโลกเกิดขึ้นในรายการแข่งขัน Ragnarok World Championships 2010 ที่ประเทศฟิลิปปินส์ในปี พ.ศ. 2553 ใช้เกม Ragnarok ในการแข่งขัน {Lee, 2011 #16}

2.5 ประเภทของกีฬา eSports

จะแบ่งออกไปในแต่ละรูปแบบลักษณะของเกม และในแต่ละประเภทก็มีหลายเกมที่เป็นที่นิยมอย่างสูงในตลาด ณ เวลานั้น จนได้รับการบรรจุเป็นการแข่งขันขึ้น โดยแบ่งประเภทได้ดังนี้

1. เกมเดินยิงมุมมองบุคคลที่หนึ่ง อาทิ Counter strike, Overwatch และ PUBG เป็นต้น

   เกมประเภทนี้จะใช้ทักษะความไวของการตอบสนองของผู้เล่นเป็นหลัก เนื่องจากผู้เล่นจะต้องคอยระวังศัตรูที่อาจบุกเข้ามาในมุมอับของหน้าจอ และยังต้องมีประสาทสัมผัสที่ไวเพื่อชิงจังหวะในการจัดการศัตรูที่อยู่รอบตัว เกมประเภทนี้มีทั้งการรวมทีมแบ่งฝ่ายออกเป็นสองฝั่ง แล้วบุกโจมตีหรือทำตามภารกิจเป้าหมายให้สำเร็จ และมีทั้งการเล่นแบบฉายเดี่ยว (Battle royal) คือการเล่นตัวคนเดียวกับผู้เล่นอื่นๆแล้วโจมตีกันจนเหลือผู้ชนะเพียงคนเดียวในที่สุด เกมที่เป็นที่นิยมมากที่สุดของประเภทนี้ได้แก่ เกม PUBG (Player Unknown Battle Ground) {Kim, 2018 #18} ถูกบันทึกในสถิติโลกโดย Guinness world records มีจำนวนผู้เล่นที่เล่นออนไลน์พร้อมกันมากที่สุดทั่วโลก ซึ่งมากถึง 2 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2560

2. เกมวางแผนกลยุทธ์ เช่น DOTA2 และ Starcraft เป็นต้น

   เกมประเภทวางแผนกลยุทธ์ส่วนใหญ่จะเป็นเกมด้านการทหารหรือสงคราม สร้างสถานการณ์ให้ผู้เล่นต้องวางแผนการและกำหนดยุทธวิธีในการรบเพื่อเอาชนะฝ่ายศัตรู ลักษณะเกมจะไม่ได้ใช้ความไวของประสาทสัมผัสหรือการตอบสนองที่รวดเร็ว จะต้องใช้ไหวพริบการบุกโจมตีด้วยกลยุทธ์ต่างๆ ล่อหลอกให้ศัตรูสูญเสียกำลังพล คล้ายคลึงกับการเล่นหมากรุกที่จะต้องมีการไตร่ตรองแผนการและปรับเปลี่ยนแผนการอยู่ตลอดเวลา

3. เกมกีฬา เช่น PES และ FIFA เป็นต้น

เกมประเภทกีฬาที่ถูกบรรจุใน eSports ณ ปัจจุบันจะเกมกีฬาฟุตบอล นั่นคือ PES และ FIFA ดังที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากความนิยมในเกมทั้งสองเกมสูงมาก โดยผู้เล่นจะต้องใช้ทักษะกลยุทธการเล่นฟุตบอลผนวกกับทักษะการบังคับนักเตะ ซึ่งเกมประเภทนี้จะต้องใช้ทั้งทักษะการวางแผนกลยุทธ์และความไวของประสาทสัมผัสในการควบคุมให้ทีมนักเตะทั้งทีมสามารถเล่นได้อย่างเป็นทีม แล้วผู้เล่นจะต้องควบคุมนักเตะทั้งหมดของตนเองในเวลาเดียวกัน

2.6 ประเภทของเกม

เกมในปัจจุบันมีความหลากหลายมาก หากแบ่งเกมออกเป็นประเภทหมวดหมู่ สามารถแบ่งออกได้จากหลายหมวดหมู่ เช่น แบ่งตามลักษณะของเครื่องเล่นเกม แบ่งตามอายุที่เหมาะสมกับผู้เล่น และแบ่งตามลักษณะเกมเอง ในที่นี้จะอธิบายประเภทต่างๆของเกมโดยแบ่งตามลักษณะของเกม

ประเภทที่ 1 เกมแอคชั่น (Action Game)

เป็นเกมที่ต้องใช้การบังคับทิศทางและควบคุมการกระทำของตัวละครในเกมเพื่อผ่านด่านต่างๆ ตั้งแต่เกมที่มีรูปแบบง่ายๆมีการควบคุมไม่ซับซ้อน เหมาะกับผู้เล่นทุกวัย อาทิ คอนทรา เมก้าแมน ไปจนเกมเนื้อหาที่รุนแรงไม่เหมาะสมกับเด็กๆ บางเกมมีการใส่ลูกเล่นต่างๆ เข้ามาเพิ่มความสนุกของเกม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทที่ 2 First person Shooting (FPS) หรือเกมมุมมองบุคคลที่หนึ่ง

เป็นเกมที่ให้ผู้เล่นสวมบทบาทผ่านมุมมองจากสายตาตัวละครตัวหนึ่ง แล้วต่อสู้ผ่านด่านต่างๆ ไป เกมประเภทนี้จะให้เหตุการณ์ทุกๆอย่างเสมือนมองผ่านสายตาของผู้เล่นทั้งหมด ผู้เล่นจะไม่สามารถมองเห็นตัวเอง เกมประเภทนี้มักจะเน้นคับขันซึ่งๆหน้า และเน้นที่อารมณ์ของตัวผู้เล่นและความรู้สึกสมจริง ทำให้เกมประเภทนี้มักจะเป็นเกมที่มีความรุนแรงสูง เกมประเภทนี้ที่ได้รับความนิยมได้แก่ ฮาล์ฟ-ไลฟ์, ดูม และแบทเทิลฟิวด์

ประเภทที่ 3 เกมสวมบทบาท (Role-Playing Game)

ถูกเรียกกันว่าเกมภาษา เป็นเกมที่พัฒนามาจากเกมสวมบทบาท เนื่องจากในช่วงแรกเกมที่ออกมาจะเป็นภาษาอังกฤษหรือญี่ปุ่นที่ผู้เล่นต้องใช้ความรู้ด้านภาษานั้นๆ เกมประเภทนี้จะกำหนดให้ผู้เล่นสวมบทบาทเป็นตัวละครหนึ่งในโลกแฟนตาซี ผจญภัยไปตามเรื่องราวที่ผู้สร้างเกมกำหนดไว้ โดยผู้เล่นจะต้องพัฒนาระดับของตัวละครเพิ่มความสามารถ หาเงิน หาอาวุธ และอุปกรณ์ เมื่อผจญภัยไปมากขึ้นก็จะรับรู้เรื่องราวของเกมมากขึ้น ตัวเกมไม่เน้นการบังคับหวือหวา แต่จะให้ผู้เล่นสัมผัสกับเรื่องราวเสมือนการรับชมภาพยนตร์

ประเภทที่ 4 เกมผจญภัย (Adventure Game)

ผู้เล่นจะเป็นตัวละครตัวหนึ่งและต้องกระทำเป้าหมายในเกมให้สำเร็จลุล่วงไปได้ เกมผจญภัยนั้นถูกสร้างครั้งแรกในรูปแบบของ Text Based Adventure จนกลายมาเป็นแบบ Graphic Adventure เกมผจญภัยจะเน้นหนักให้ผู้เล่นหาทางออกหรือไขปริศนาในเกม โดยส่วนมากปริศนาในเกมจะเน้นใช้ตรรกะแก้ปัญหาและใช้สิ่งของที่ผู้เล่น เก็บมาระหว่างผจญภัย นอกจากนั้นผู้เล่นยังคงต้องพูดคุยกับตัวละครตัวอื่นๆ ทำให้เกมประเภทนี้ผู้เล่นต้องชำนาญด้านภาษามากๆ เกมผจญภัยส่วนมากมักจะไม่มีการตายเพื่อให้ผู้เล่นได้มีเวลาวิเคราะห์ปัญหา ข้างหน้าได้ หรือถ้ามีการตายในเกมผจญภัยมักจะถูกวางไว้แล้วว่าผู้เล่นจะตายตรงไหนได้บ้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทที่ 5 เกมปริศนา (Puzzle Game)

เป็นเกมแนวที่เล่นได้ทุกเพศทุกวัย มักจะเน้นการแก้ปัญหาและปริศนาต่างๆ มีตั้งแต่ระดับง่ายไปจนถึงยาก และยากมาก เช่น เกมหาตัวเลข เกมอักษรไขว้ หลักจากนั้นผู้พัฒนาได้สร้างเกมที่เล่นบนคอมพิวเตอร์ได้ อย่างเกมเตตริสออกมา ปัจจุบันมีเกมแบบใหม่ๆ ปริศนาใหม่ๆ ออกมามากมาย เกมแนวนี้เป็นเกมที่เล่นได้ทุกยุคทุกสมัย ช่วยให้ความเพลิดเพลินและฆ่าเวลาได้ดี เกมปริศนาใหม่ๆ อย่าง Candy Crush และ Puzzle Bubble เกมปริศนาเป็นเกมที่ไม่เน้นเรื่องราว แต่จะเน้นไปที่ความท้าทายให้ผู้เล่น กลับมาเล่นซ้ำๆ ในระดับที่ยากขึ้น

ประเภทที่ 6 เกมการจำลอง (Simulation Game)

เป็นเกมประเภทที่จำลองสถานการณ์และสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆมา ให้ผู้เล่นได้สวมบทบาทและทดลองเป็นผู้ที่อยู่ในสถานการณ์ดังกล่าว และตัดสินใจในการกระทำใดๆ เพื่อให้ทราบว่าจะเป็นอย่างไรหากต้องเผชิญกับสถานการณ์นั้นๆ เหตุการณ์ต่างๆ อาจจะนำมาจากเหตุการณ์จริงตามประวัติศาสตร์ หรือสถานการณ์สมมติก็ได้

ประเภทที่ 7 เกมวางแผนการรบ (Strategy Game)

เกมประเภทนี้ถูกแยกออกมาจากเกมการจำลองสถานการณ์ เน้นการควบคุมกองทัพทหารซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยทหารย่อยๆ หลายหน่วยตามที่กำหนด และทำภารกิจสู้รบกัน ด้วยการวางแผนการรบอันแยบยล ส่วนมากจะเล่นในเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากการควบคุมเกมจะง่ายหากใช้แป้นพิมพ์และเมาส์ และสามารถเล่นร่วมกันกับเพื่อนได้หลายคนผ่านทางอินเทอร์เน็ต เนื้อเรื่องในเกมมีได้หลายหลายรูปแบบ แล้วแต่เกมนั้นๆ ตั้งแต่ประเภทเวทมนตร์คาถา พ่อมดแม่มด หรือ กองทหารยุคกลาง กองทัพทหารยุคอนาคต ไปจนถึงสงครามระหว่างดวงดาวเลยก็มี รูปแบบการเล่นหลักๆ ของเกมประเภทนี้มักจะเป็นการควบคุมกองทัพ, เก็บเกี่ยวทรัพยากร และสร้างกองทัพ อาทิ Red Alert, Warcraft เป็นต้น

ประเภทที่ 8 เกมกีฬา

เป็นเกมจำลองการเล่นกีฬาแต่ละชนิด เหมาะสำหรับผู้เล่นที่เข้าใจกฎกติกาและการเล่นของกีฬานั้นๆ เพราะเกมกีฬามักจะมีความถูกต้อง แม่นยำและเที่ยงตรงในกฎกติกาค่อนข้างมาก โดยส่วนมาจุดขายของเกมกีฬามักจะเป็นชื่อและหน้าตาของผู้เล่นที่ถูกต้อง, ลักษณะสนามและยานพาหนะ ตัวอย่างเกมกีฬาได้แก่ FIFA (ฟุตบอล), Winning Eleven (ฟุตบอล), และ NBA LIVE (บาสเกตบอล)

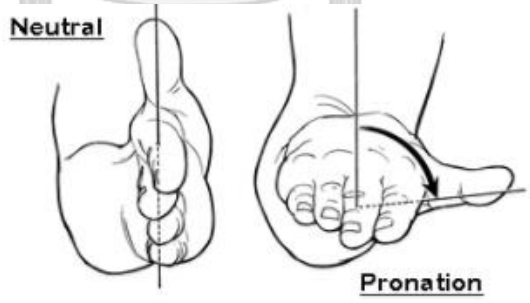
2.7 แนวคิดการออกแบบแป้นพิมพ์งานวิจัย

จากการสังเกตการใช้งานแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ของผู้เล่นที่มักจะใช้เพียงบางปุ่มบนแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมเท่านั้น และมีหลายปุ่มที่ไม่ถูกใช้งาน งานวิจัยนี้จะออกแบบแป้นพิมพ์ที่ใช้สำหรับเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ โดยปรับให้รูปทรงและตำแหน่งของปุ่มแต่ละปุ่มง่ายต่อการวางนิ้วมือและรับกับมือของผู้ใช้ การออกแบบแป้นพิมพ์นี้ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ (1)

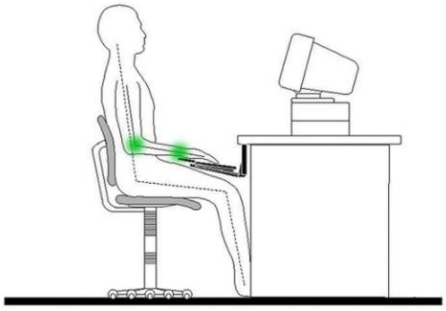
การออกแบบตำแหน่งและรูปทรงของแป้นเพื่อเหมาะสมกับการใช้งานและออกแบบลักษณะของแป้นพิมพ์ให้เหมาะสมกับการยศาสตร์ (2) การเปรียบเทียบระหว่างแป้นพิมพ์ที่ใช้สำหรับการเล่นเกมคอมพิวเตอร์นี้กับแป้นพิมพ์มาตรฐานที่ผู้เล่นส่วนใหญ่นิยมใช้เล่นเกมในปัจจุบัน สำหรับการออกแบบลักษณะของแป้นพิมพ์ให้เหมาะสมกับการยศาสตร์นั้น บางงานวิจัยได้วิจัยเกี่ยวกับความคุ้มทุนของแป้นพิมพ์แบบการยศาสตร์ โดยมุ่งเน้นที่ความเร็วในการพิมพ์เปรียบเทียบระหว่างแป้นพิมพ์มาตรฐานกับแป้นพิมพ์แบบการยศาสตร์ {พงค์ภัทร, 2555 #1} และการออกแบบตำแหน่งของอักขระที่เหมาะสมกับการพิมพ์ด้วยแป้นพิมพ์

2.8 การออกแบบรูปทรงลักษณะของแป้นพิมพ์

จากหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) ว่าด้วยส่วนนิ้วมือและข้อมือไปถึงข้อศอก โดยลักษณะท่าทางที่ดีที่สุดตามหลักการยศาสตร์ก็คือ Neutral Posture ดังแสดงในรูปที่ 2 และลักษณะท่าทางที่มือมีกำลังมากที่สุดในการกดหรือมีประสิทธิภาพในการใช้นิ้วคือ Pronation Posture หรือการคว่ำมือลง ทั้งสองลักษณะนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย หากใช้ท่า Neutral Posture ในการพิมพ์หรือกดแป้นพิมพ์ มือจะไม่เมื่อยล้าง่ายและไม่เกิดอาการบาดเจ็บแม้ใช้งานเป็นเวลานาน แต่จะทำให้ประสิทธิภาพในการกดปุ่มลดลงและความเร็วในการพิมพ์ต่ำ หากใช้ท่า Pronation Posture เฉกเช่นเดียวกับแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไปจะทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าได้ง่ายแม้จะใช้งานไปเพียงไม่นาน แต่นิ้วมือจะมีกำลังในการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์และพิมพ์ได้เร็ว



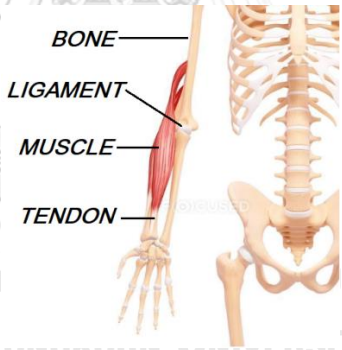
รูปที่ 2.3 Neutral และ Pronation Posture



รูปที่ 2.4 Neutral Posture ในท่านั่งพิมพ์งาน

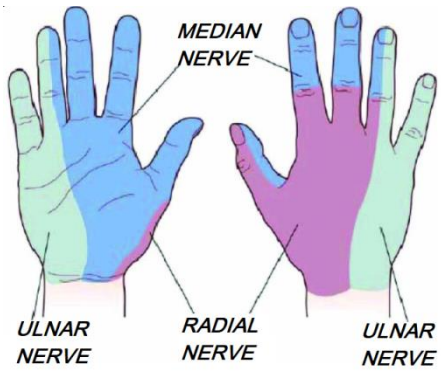
2.9 ลักษณะโครงสร้างของมือและแขน

ประกอบด้วยกล้ามเนื้อและกระดูก (Musculoskeleton) และระบบเส้นประสาทต่างๆ (Nerves) สามารถอธิบายหน้าที่หลักๆได้อย่างง่ายดังนี้ ส่วนของกระดูกและกล้ามเนื้อมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อส่วนต่างๆเข้าด้วย รวมไปถึงระบบประสาทและเป็นโครงสร้างที่ใช้เพื่อการเคลื่อนไหว ส่วนระบบประสาทมีหน้าที่หลักๆคือการควบคุมกล้ามเนื้อให้สามารถเคลื่อนไหวได้ตามคำสั่ง โครงสร้างดังกล่าวประกอบไปด้วย กระดูก (Bones) กล้ามเนื้อ (Muscles) เอ็นที่ช่วยทำหน้าที่ในการจับยึดกระดูกเข้าด้วยกัน (Ligaments) และ เอ็นที่ช่วยในการยึดมัดกล้ามเนื้อเข้ากับกระดูก (Tendons)

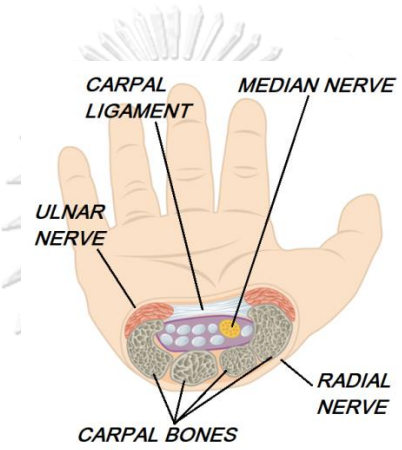


รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของกระดูกและกล้ามเนื้อ

ส่วนระบบเส้นประสาทมีด้วยกัน 3 ระบบประกอบด้วย ระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วก้อยและนิ้วนางครึ่งหนึ่ง (Ulnar nerve) ระบบประสาทควบคุมการพับงอของนิ้วชี้ นิ้วกลางและอีกครึ่งหนึ่งของนิ้วนาง (Median nerve) และระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วหัวแม่มือ (Radial nerve) ซึ่งระบบประสาททั้ง 3 ระบบทำหน้าที่ในการควบการทำงานของมือโดยยึดอยู่ที่อุโมงค์ข้อมือ (Carpel Tunnel) มีโครงสร้างของเอ็นและกระดูกคือ กระดูก และ เอ็น Carpal (Carpal bones and Carpal Ligaments)



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบของระบบประสาท



รูปที่ 2.7 โครงสร้างอุโมงค์ข้อมือ

ลักษณะท่าทางของข้อมือที่ผิดไปจาก Neutral posture แบ่งได้เป็น 6 ลักษณะหลักๆ ซึ่งข้อมือไม่ควรอยู่ในท่าทางดังกล่าวนี้เป็นระยะเวลานานๆ เพราะอาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บที่กระดูกและเส้นเอ็นขึ้นได้ {ภาสุระ, 1997 #11}

ลักษณะที่ 1 Extension คือการพับข้อมือขึ้นมาทางด้านหลังของมือ

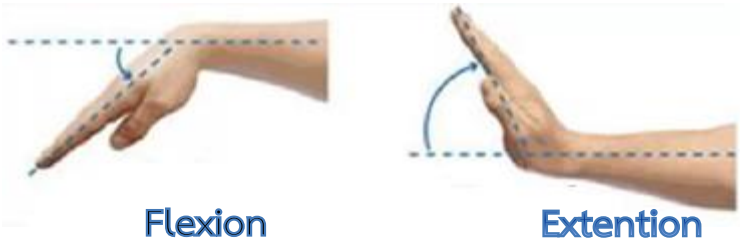
ลักษณะที่ 2 Flexion คือการงอข้อมือ และพับลงด้านหน้าของฝ่ามือ

ลักษณะที่ 3 Radial deviation คือการหักข้อไปด้านข้างในทิศทางเข้าหาตัว

ลักษณะที่ 4 Ulnar deviation คือหักข้อมือไปทางด้านข้างในทิศทางออกจากตัว

ลักษณะที่ 5 Pronation คือการหมุนข้อมือรวมถึงแขนท่อนล่างในทิศทางเข้าหาตัว

ลักษณะที่ 6 Supination คือการหมุนข้อมือรวมถึงแขนท่อนล่างในทิศทางออกจากตัว



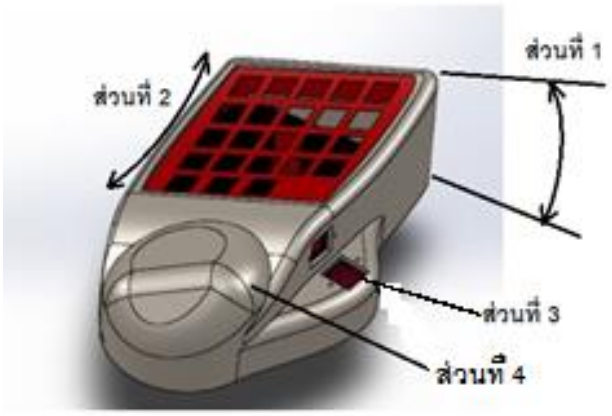
ลักษณะที่ 1 และ 2

ลักษณะที่ 3 และ 4

ลักษณะที่ 5 และ 6

รูปที่ 2.8 ลักษณะท่าทางของข้อมือที่ผิดไปจาก Neutral Posture

เพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีท่าทางต่างๆของข้อมือที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บได้ การออกแบบรูปลักษณ์จึงคำนึงถึงลักษณะการวางมือของผู้ใช้เพื่อหลีกเลี่ยงลักษณะของท่าทางดังกล่าว โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนการวางมือบนแป้นพิมพ์ ส่วนการวางนิ้วและการเอื้อมนิ้ว ส่วนรองรับอุ้งมือและส่วนนิ้วหัวแม่มือ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ส่วนการออกแบบหลัก

ส่วนที่ 1 ออกแบบมุมเอียงการวางมือบนแป้นพิมพ์ จะต้องทำมุมเอียงซ้าย 25 องศา

มุมเอียง 25 องศากับแนวระดับ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้น และไม่ให้สูญเสียกำลังและความเร็วในการกดปุ่ม สำหรับค่ามุมเอียงที่ควรใช้นั้นไม่มีค่าที่ดีที่สุดตายตัว แต่ขึ้นอยู่กับสรีระของผู้ใช้แต่ละคน จากการศึกษาพบว่า มุมเอียงที่สมดุลที่สุดระหว่างความปลอดภัยจากอาการบาดเจ็บ {Salva-Coll, 2011 #15} และสมรรถนะในการทำงาน อยู่ที่ 20° - 30° {Cross, 2011 #12} อาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นได้จากการบิดของข้อมือในแนว Pronation เมื่อใช้งานแป้นพิมพ์มาตรฐานหรือพิมพ์เอกสารเป็นระยะเวลานานตั้งแต่ 2 ชั่วโมงขึ้นไป จะเกิดอาการปวดเมื่อยที่บริเวณข้อมือ {Zeng, 2015 #5} ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจการใช้งานจากอาสาสมัครจำนวน 10 ราย โดยให้อาสาสมัครทดสอบการใช้งานแป้นพิมพ์ที่มุมเอียงต่างๆ {ภัทรพร, 2009 #2} โดยนำแป้นพิมพ์มาตรฐานมาวางในลักษณะเอียงทำมุมตั้งแต่ 20° - 30° ในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ค่ากลางคือ 25° เป็นตัวแทนของช่วงดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ส่วนที่ 2 ออกแบบส่วนโค้งการวางนิ้วและการเอื้อมนิ้ว (Radial design)

ระยะปุ่มกดที่ไกลขึ้นส่งผลให้นิ้วต้องเอื้อมออกไป และทำให้ศูนย์เสียแรงที่ใช้ในการกดปุ่มอักขระนั้นๆ เพื่อป้องปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้ใช้วิธีวางปุ่มอักขระในลักษณะโค้งเว้ารับกับนิ้วมือ ทำให้ปุ่มมีระยะใกล้กับนิ้วมือมากขึ้น ลดระยะการเอื้อมจากแป้นเหย้าไปหาปุ่มอักขระนั้นๆ ผู้ใช้งานจะไม่ศูนย์เสียตำแหน่งของมือ {Bridger, 2003 #10} ความโค้งที่เหมาะสมกับมือของผู้ทดสอบของงานวิจัยที่กำหนดขนาดความยาวของมือระหว่าง 17.5 – 20 ซม. จะใช้หลักการอ้างอิงโดยความยาวกวาดของนิ้วนางเมื่อพับงอเข้า หาอุ้งมือ และความยาวกวาดของนิ้วนางเมื่อยืดออก จะได้ค่าความโค้งที่ประมาณ R270 มิลลิเมตร โดยความยาวของนิ้วอ้างอิงจากตารางสัดส่วนชายไทย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ส่วนที่ 3 ส่วนนิ้วหัวแม่มือ (Gripping posture)

จะออกแบบให้นิ้วหัวแม่มือสามารถกดปุ่มอักขระบางปุ่มได้อย่างรวดเร็ว หัวแม่มือนี้จะมีกำลังมาก จึงสามารถใช้ช่วยในการกดปุ่มที่ต้องการความเร็วหรือเวลาตอบสนองที่สั้น แต่จะต้องออกแบบปุ่มให้มีลักษณะใหญ่พิเศษ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากความแม่นยำที่แลกกับความเร็วที่สูงขึ้น และเนื่องจากตำแหน่งของนิ้วหัวแม่มือโดยธรรมชาติแล้วจะอยู่ต่ำกว่านิ้วอื่นๆ แต่เนื่องด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไปจะบังคับให้ผู้ใช้งานต้องวางนิ้วหัวแม่มือในระดับเดียวกันกับนิ้วทั้งสี่ ทำให้เกิดอาการเกร็งขึ้นที่บริเวณ Metacarpals มีความเสี่ยงให้เกิดอาการนิ้วล็อคที่บริเวณนิ้วหัวแม่มือได้ {ภาสุระ, 1997 #11}

ส่วนที่ 4 ส่วนการรองรับอุ้งมือเพื่อให้มือประจำตำแหน่งและไม่เคลื่อนที่

เพื่อป้องกันการวางนิ้วที่ผิดพลาดบนแป้นพิมพ์ ในส่วนนี้จะออกแบบโดยอ้างอิงจากขนาดมือของคนไทยในวัย 17 – 49 ปี จากรายงานการสำรวจและวิจัย ขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทย พ.ศ. 2543 – 2544 {กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548 #21} ซึ่งมีค่าความยาวของฝ่ามือ นับจากข้อมือจนสุดปลายนิ้วกลางดังแสดงในตารางที่ 2.1 จากตารางพบว่า คนไทยทั้ง ชาย และ หญิง มีขนาดความยาวฝ่ามือระหว่าง 17.9 – 19.5 ซม. และเลือกตัวแทนของขนาดมือในการออกแบบแป้นพิมพ์ คือ 18.5 ซม. ซึ่งเป็นค่ากลางที่ได้จากการสำรวจ จึงสามารถนำมาปรับใช้ในการออกแบบโดยกำหนดให้ด้วยเครื่องคัดลอกสามมิติ (3D Scanner) แล้วนำมาเฉลี่ยหาขนาดอุ้งมือที่เป็นค่ากลาง แล้วนำไปพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) แล้วจึงมาประกอบกับแป้นพิมพ์ของงานวิจัย โดยอาสาสมัครทั้ง 10 คนจะต้องมีขนาดมือระหว่าง 17.5 -20 เซนติเมตร วัดจากเส้นข้อมือจนถึงปลายนิ้วกลาง เพื่อให้รูปทรงของแป้นพิมพ์งานวิจัยตรงกับลักษณะมือของผู้ทดสอบมากที่สุด {Zapata, 2011 #14}

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.1 รายงานการสำรวจและวิจัย ขนาดฝ่ามือคนไทย พ.ศ. 2543 – 2544

	เพศชาย				เพศหญิง			
อายุ	19-17	29-20	39-30	49-40	19-17	29-20	39-30	49-40
ขนาดฝ่ามือ (.ซม)	19.5	19.5	19.5	19.5	18.0	18.0	18.0	17.9

คุณสมบัติของอาสาสมัคร

1. เพศชาย อายุระหว่าง 15 – 40 ปี

2. ขนาดมือวัดจากเส้นข้อมือจนถึงปลายนิ้วกลางอยู่ที่ระหว่าง 17.5 -20 ซม.

3. ต้องไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงปลายมือ

4. มีประสบการณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

รายชื่อของวัตถุดิบย่อยประกอบ (Bill of Material)

- ปุ่มสวิตซ์แบบกลไก ยี่ห้อ Cherry รุ่น Blue switch จำนวน 26 ปุ่ม
- แผงวงจรไฟฟ้าพร้อมเดินไฟตามแบบ 1 แผง
- Key caps จำนวน 26 ชิ้น
- สายไฟ USB 1 สาย
- โครงหลักแป้นพิมพ์จากเครื่องพิมพ์สามมิติ 1 ชิ้น
- โครงยึดตำแหน่งแผงปุ่มสวิตซ์จากเครื่องพิมพ์สามมิติ 1 ชิ้น

เมื่อออกแบบรูปลักษณ์ของแป้นพิมพ์ได้แล้ว อีกสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงก็คือ การวางตำแหน่งปุ่มอักขระให้สอดคล้องกับอุปกรณ์แป้น เนื่องจากข้อจำกัดด้าน เนื้อที่ของแป้นพิมพ์ ความยาวของนิ้วมือ และระยะการเอื้อมในการกดปุ่มอักขระต่างๆบนแป้น เพื่อไม่ให้ผู้ใช้ต้องขยับข้อมือไปในทิศทางหรือลักษณะที่เสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บของข้อมือ

2.10 การออกแบบตำแหน่งของปุ่มอักขระและการคัดเลือกอักขระที่ใช้งานบนแป้นพิมพ์

ปัจจุบันมีแบบอักขระมาตรฐานด้วยกัน 2 แบบหลัก คือ (1) แบบเกษมณี และ (2) แบบปัตตะโชติ ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้ใช้หลักการวิจัยโดยอ้างอิงจากการใช้ความถี่ของแต่ละตัวอักขระที่ใช้บ่อยกับกำลังของนิ้วมือที่ใช้ในการพิมพ์ ซึ่งตัวแปรหลักเหล่านี้นำมาช่วยวิเคราะห์เพื่อหาตำแหน่งของอักขระบนแป้นพิมพ์ที่เหมาะสม โดยวัดจากความเร็วในการพิมพ์อีกเช่นกัน ซึ่งแป้นพิมพ์ที่ดีควรทำให้ผู้ใช้เอื้อมนิ้วหรือเกิดการเคลื่อนที่ของนิ้วมือให้น้อยที่สุด และเคลื่อนที่สั้นที่สุด {รุ่งโรจน์, #3} จึงมีการวางตำแหน่งอักขระที่ถูกใช้บ่อยไว้ใกล้กับแป้นเหย้า มีส่วนช่วยทำให้ความเร็วในการพิมพ์เพิ่มมากขึ้น โดยทำการทดลองจากผู้ที่สามารถพิมพ์สัมผัสได้ และได้ทดลองฝึกฝนใช้งานแป้นพิมพ์แบบอักขระใหม่เป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ผู้ทดลองได้เกิดการเรียนรู้และคุ้นเคยกับตำแหน่งใหม่ของอักขระที่เปลี่ยนไป

การออกแบบตำแหน่งปุ่มอักขระภาษาอังกฤษที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันคือ QWERTY ที่คิดค้นและออกแบบโดย Christopher Latham Sholes (1870s) สำหรับอักขระภาษาอังกฤษ และเกษมณี สำหรับอักขระภาษาไทย การออกแบบตำแหน่งของอักขระบนแป้นพิมพ์แบบ QWERTY นั้นมิได้ออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้พิมพ์อักขระได้อย่างรวดเร็วที่สุด เนื่องจากสมัยก่อนที่เครื่องพิมพ์ดีดยังเป็นกลไกการดีดของแม่พิมพ์อักขระ เมื่อผู้ใช้งานพิมพ์เร็วเกินไปจะทำให้กลไกติดขัดและต้องเสียเวลามาแก้ไขหรืออาจเสี่ยงต่อความเสียหายของการพิมพ์ เพราะเครื่องพิมพ์ดีดแบบกลไกในสมัยก่อนนั้นไม่สามารถลบอักขระอักษรใดๆที่พิมพ์ผิดพลาดไปได้ และจะต้องพิมพ์หน้านั่นใหม่ตั้งแต่เริ่มแรกของกระดาษ ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็วและมีหลักการในการออกแบบดังนี้

1. การพิมพ์ในแต่ละคำจะต้องใช้การสลับมือทั้งสองข้าง เพื่อให้นิ้วได้กลับมาพักที่แป้นเหย้าแล้วจึงค่อยพิมพ์อักขระถัดไป หลักการนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพิมพ์ และป้องกันการเอื้อมนิ้วพลาดในกรณีที่ต้องใช้นิ้วเดียวกันในการพิมพ์อักขระสองตัวต่อกัน
2. อักขระบนแป้นเหย้าจะต้องถูกใช้งานบ่อยครั้งที่สุด เพราะนิ้วจะมีกำลังที่ใช้ในการกดมากที่สุด และเนื่องจากตำแหน่งของแป้นเหย้าเป็นตำแหน่งในการพักนิ้ว ทำให้ทุกครั้งที่เอื้อมนิ้วไปพิมพ์อักขระใดๆ แล้วนิ้วจะกลับมาที่แป้นเหย้าเสมอ หากอักขระที่อยู่บนแป้นจึงต้องเป็นอักขระที่มีการใช้งานบ่อยครั้ง จะสามารถพิมพ์อักขระนั้นได้ทันที
3. ความถี่ของการใช้งานอักขระจาก มากไปน้อย ให้วางตำแหน่งห่างจากแป้นจาก ใกล้ไปไกล เนื่องจากกำลังนิ้วที่ใช้กดพิมพ์อักขระที่แป้นเหย้าจะมากที่สุดและลดหลั่นไปตามระยะที่ไกลขึ้น จึงให้วางอักขระที่ใช้บ่อยและมีความถี่สูงให้วางไว้ใกล้กับแป้นเหย้าและวางอักขระที่มีความถี่ในการถูกใช้งานต่ำไกลออกไป
4. นิ้วชี้และนิ้วกลางควรถูกใช้งานมากกว่านิ้วนางและนิ้วก้อย เนื่องกำลังของแต่ละนิ้วมีไม่เท่ากัน หากต้องใช้นิ้วที่มีกำลังน้อยในการพิมพ์บ่อยครั้งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการพิมพ์และล่าช้า จึงให้วางอักขระที่ใช้งานบ่อยให้ใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางพิมพ์
5. ควรให้นิ้วมีการเคลื่อนที่น้อยที่สุดในการเคลื่อนที่ของนิ้วแต่ละครั้ง หากมีระยะทางไกลจะต้องรอให้นิ้วเอื้อมไปพิมพ์อักขระนั้นแล้วคืนนิ้วสู่แป้นเหย้า แล้วจึงสามารถพิมพ์อักขระถัดไปได้ ทำให้เกิดการรอขึ้นและเสียความเร็วในการพิมพ์ลงไป การเคลื่อนที่ของนิ้วยิ่งน้อยยิ่งส่งผลให้ความเร็วในการพิมพ์เพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

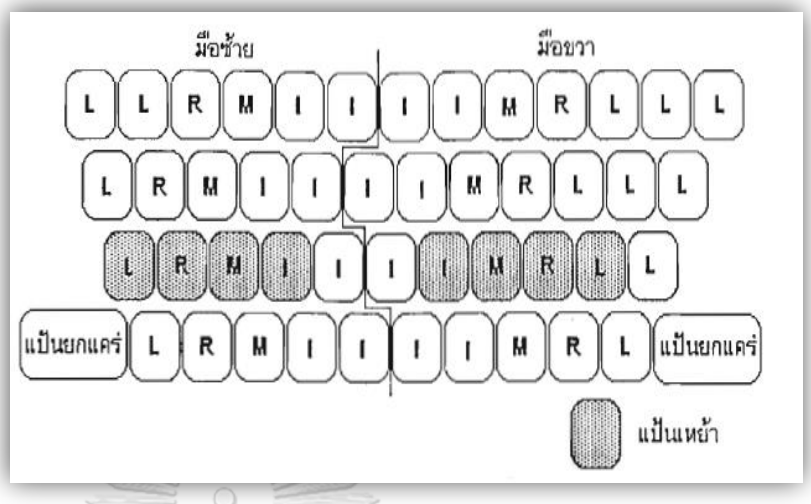
การใช้นิ้วในการกดปุ่มแต่ละปุ่มของมือทั้งสองข้างบนแป้นพิมพ์

I คือ นิ้วชี้

M คือนิ้วกลาง

R คือนิ้วนาง

L คือนิ้วก้อย



รูปที่ 2.10 แผนผังตำแหน่งการใช้นิ้วในการกดแต่ละปุ่ม

2.11 การออกแบบแผนผังของปุ่มอักขระ

เนื่องจากแป้นพิมพ์ของงานวิจัยนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับมือซ้ายเพียงข้างเดียว จึงมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนของปุ่มกดที่จะนำมาใส่ไว้บนแป้นพิมพ์ ผู้วิจัยได้รวบรวมปุ่มที่ถูกใช้งานโดยอาสาสมัคร 10 คน จากการเล่นเกมแบบ FPS ด้วยเกม Overwatch ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2.2 แผนผังร้อยละความถี่ของปุ่มบนแป้นที่ใช้ในการเล่นเกมประเภท FPS

อักขระ	ร้อยละความถี่	อักขระ	ร้อยละความถี่
W	16	S	5
A	14	F	4
D	12	C	4
Left Shift	11	Q	4
R	8	Tab	3
E	6	1	3
Space	6	Etc.	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เพื่อให้ครอบคลุมการใช้งานของปุ่มทั้งหมดกับเกมประเภท FPS จึงศึกษาระบบการควบคุมเกมเพิ่มเติมอีก 5 เกม ซึ่งเกมทั้ง 5 นี้เป็นเกมที่ได้รับความนิยมสูงติด 10 อันดับเกมที่มียอดขายทั่วไปมากที่สุดในปี 2558 {DINGMAN, 2016 #13} โดยตรวจสอบคู่มือการควบคุมภายในเกม (ตัวอย่างของคู่มือจะแสดงไว้ในส่วนภาคผนวก) และจัดทำตารางแสดงการถูกใช้งานหรือไม่ของปุ่มต่างๆ หาก

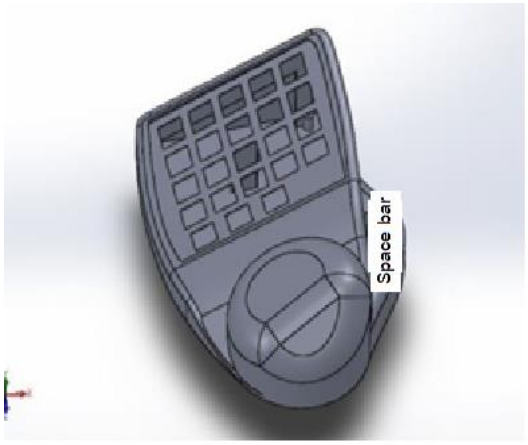
ปุ่มใดที่ถูกใช้งานในทุกเกมที่นำมาตรวจสอบ แสดงว่าความถี่ที่ปุ่มนั้นๆจะถูกใช้งานมีสูง ปุ่มที่ถูกใช้งานจะกำกับสัญลักษณ์ “X” ในตารางที่ 2.3 รายละเอียดของแต่ละเกมจะถูกแสดงไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 2.3 ปุ่มอักขระที่ถูกใช้งานในเกมต่างๆ

อักขระ	เกม Overwatch	เกม CS:GO	เกม Team Fortress	เกม Call of Duty	เกม Half Life
1	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X
4		X	X	X	X
5		X			
Q	X	X	X	X	X
W	X	X	X	X	X
E	X	X	X	X	X
R	X	X	X	X	X
SHIFT	X	X	X	X	X
CTRL	X	X	X	X	X
A	X	X	X	X	X
S	X	X	X	X	X
D	X	X	X	X	X
F	X	X	X	X	X
G		X	X	X	
TAB	X	X	X	X	X
Z		X	X	X	X
X		X	X	X	X
C	X	X	X	X	X
V		X	X	X	X
Space	X	X	X	X	X

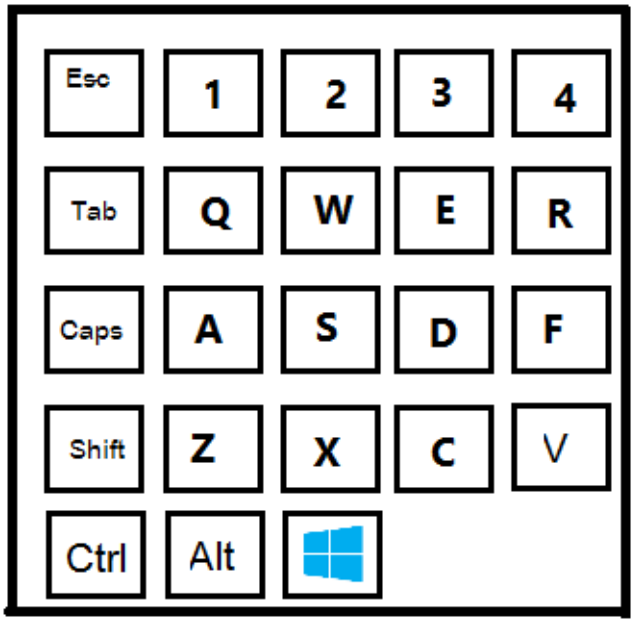
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. แบ่งปุ่มอักขระที่ใช้กดโดยนิ้วหัวแม่มือมาวางในตำแหน่งใหม่ ที่เป็น Neutral posture ของนิ้วหัวแม่มือ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ตำแหน่งปุ่ม Space bar

2. ออกแบบการวางปุ่มอักขระแบบเรียงตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.12 อ้างอิงจากแผงตัวเลขของแป้นพิมพ์มาตรฐานที่สามารถใช้ความเร็วในการกดปุ่มตัวเลขได้ และขนาดต่างๆของปุ่มอื่นๆ เช่น Tab, Caps lock หรือ Shift จะออกแบบให้มีขนาดเท่าๆกับปุ่มอักขระอื่นๆ เนื่องจากปุ่มหลักเรียงตรงกัน จึงไม่จำเป็นต้องทำให้ขนาดเหมือนกับบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน



รูปที่ 2.12 การจัดเรียงปุ่มอักขระแบบเรียงตรง

3. คัดเลือกอักขระที่จะให้อยู่บนแป้นพิมพ์ ดังที่กล่าวข้างต้นในการรวบรวมปุ่มอักขระที่ใช้ในเกมประเภท FPS โดยจะมีอักขระบนแผงหลักที่จะใช้ทั้งหมด 23 อักขระดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อักขระที่จะใช้บนแป้นพิมพ์งานวิจัย

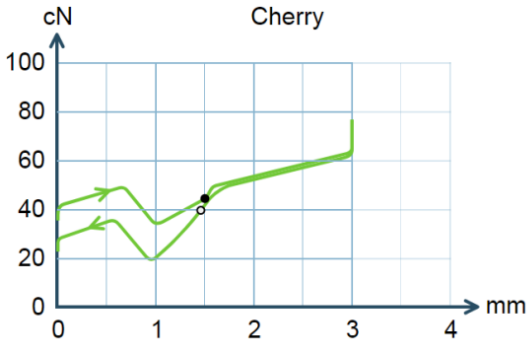
1	Esc	9	Number 4	17	D
2	Tab	10	Q	18	C
3	Caps Lock	11	A	19	R
4	Shift	12	Z	20	F
5	Ctrl	13	W	21	T
6	Number 1	14	S	22	G
7	Number 2	15	X	23	V
8	Number 3	16	E		

4. การวางตำแหน่งของปุ่มอักขระแต่ละตัวจะยังคงรูปแบบเดียวกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน เพื่อป้องกันการสับสน และยังทำให้ผู้ใช้งานสามารถเกิดความคุ้นชินได้ไว ใช้เวลาในการเรียนรู้ต่ำ (Learning Curve) ดังแสดงในรูปที่ 2.12

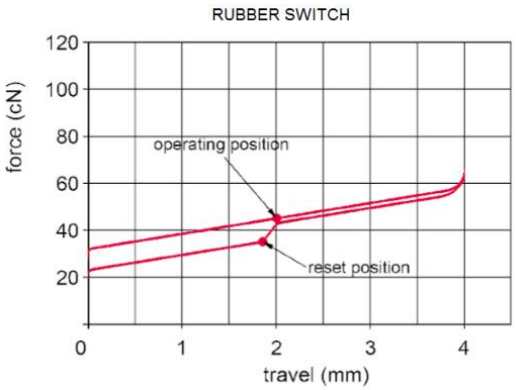
ชนิดของสวิตซ์ปุ่มกด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชนิดของสวิตซ์ปุ่มกดที่ใช้ในแป้นพิมพ์สำหรับการเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะนี้จะใช้ Cherry Switch รุ่น Blue Switch ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในแป้นพิมพ์แบบเมคคานิค หรือแบบสปริง (รายงานตลาด: เกมอุตสาหกรรมที่ขยายตัวเร็วที่สุดของเศรษฐกิจสหรัฐฯ. 2559) เพราะมีแรงปฏิกิริยาตอบสนองต่อการกดในแต่ละครั้งที่กดปุ่ม และผู้ใช้ต้องใช้แรงนิ้วกดลงบนปุ่มหนักกว่าแป้นพิมพ์ทั่วไปที่ใช้ยาง (Rubber Dome) ช่วยป้องกันให้ผู้ใช้งานกดปุ่มพลาด ยกตัวอย่างเช่น ผู้ใช้งานแป้นพิมพ์วางนิ้วมือประจำอยู่บนแป้นเหย้าเพื่อพักมือ น้ำหนักของมือของผู้ใช้งานแป้นพิมพ์สามารถที่จะทำให้นิ้วใดนิ้วหนึ่งที่วางอยู่บนปุ่มกดที่มีสวิตซ์แบบยางนั้น กดจมลงไปได้อย่างง่ายดาย ทำให้สวิตซ์ที่งานทันทีโดยที่ตัวผู้ใช้เองไม่ได้ตั้งใจจะกดปุ่มนั้นๆ แรงที่ใช้ในการกดปุ่มสวิตซ์ทั้งแบบ Cherry switch และแบบ Rubber Dome ดังแสดงในกราฟที่ 2.1 และ กราฟที่ 2.2 (Cherry switch manual book, Cherry Americas, LLC)



กราฟที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกดสวิตซ์กับระยะกดของ Cherry Switch



กราฟที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ในการกดสวิตซ์กับระยะกดของ Rubber Dome Switch

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตรวจสอบความเร็วในการตอบสนองของแป้นพิมพ์ (Verify Response Time)

ความเร็วในการตอบสนองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ความเร็วของการส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ และความเร็วในการรับสัญญาณจากการกดปุ่มใดๆ เพื่อยืนยันความเท่าเทียมกันในการทดสอบแป้นพิมพ์ ไม่ให้เกิดความลำเอียงขึ้นจากความหน่วงเวลาของแผงวงจร หรือความผิดปกติจากการทำงานของแผงวงจรและตัวแป้นพิมพ์เอง

1. ความเร็วในการส่งสัญญาณ

   แป้นพิมพ์มาตรฐาน แบบ Rubber dome จะมีความเร็วตอบสนองหลังจากที่กดปุ่มใดๆอยู่ที่ 15 ms {Poornapushpakala, 2014 #19} และปุ่มแบบ Cherry switch ที่ใช้ในงานวิจัยมีความเร็วตอบสนองที่ 20 ms ตรวจสอบจากโปรแกรม Arduino.exe มีความเร็วที่ต่างกันน้อยมากจนไม่มีผลกระทบต่อการทดลองเปรียบเทียบการใช้งานดังกล่าว

ความเร็วในการตอบสนองของสวิตช์ คือ ความเร็วการส่งผ่านข้อมูลจากการกดปุ่มใดๆบนแป้นพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์มาตรฐานจะใช้วงจรและสมองกลประมวลผลสำเร็จรูปใช้ได้เฉพาะในแป้นพิมพ์มาตรฐานเท่านั้น สมองกลจึงไม่ต้องแปลงสัญญาณก่อนส่งต่อให้คอมพิวเตอร์ แต่แป้นพิมพ์งานวิจัยจะใช้สมองกลทั่วไป (Microcontroller) ที่สามารถป้อนโปรแกรมใดๆตามคำสั่งที่เขียนขึ้นไว้ โดยหลังจากที่สมองกลได้รับคำสั่งเมื่อกดปุ่มใดๆ สมองกลจะต้องทำการแปลงสัญญาให้กลายเป็นสัญญาณตัวอักษรนั้นๆแล้วส่งไปที่คอมพิวเตอร์ จึงใช้เวลามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไป หากแต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณดังกล่าวก็ถือว่าน้อยมากและไม่มีผลต่อการทำการทดสอบ สามารถยอมรับได้

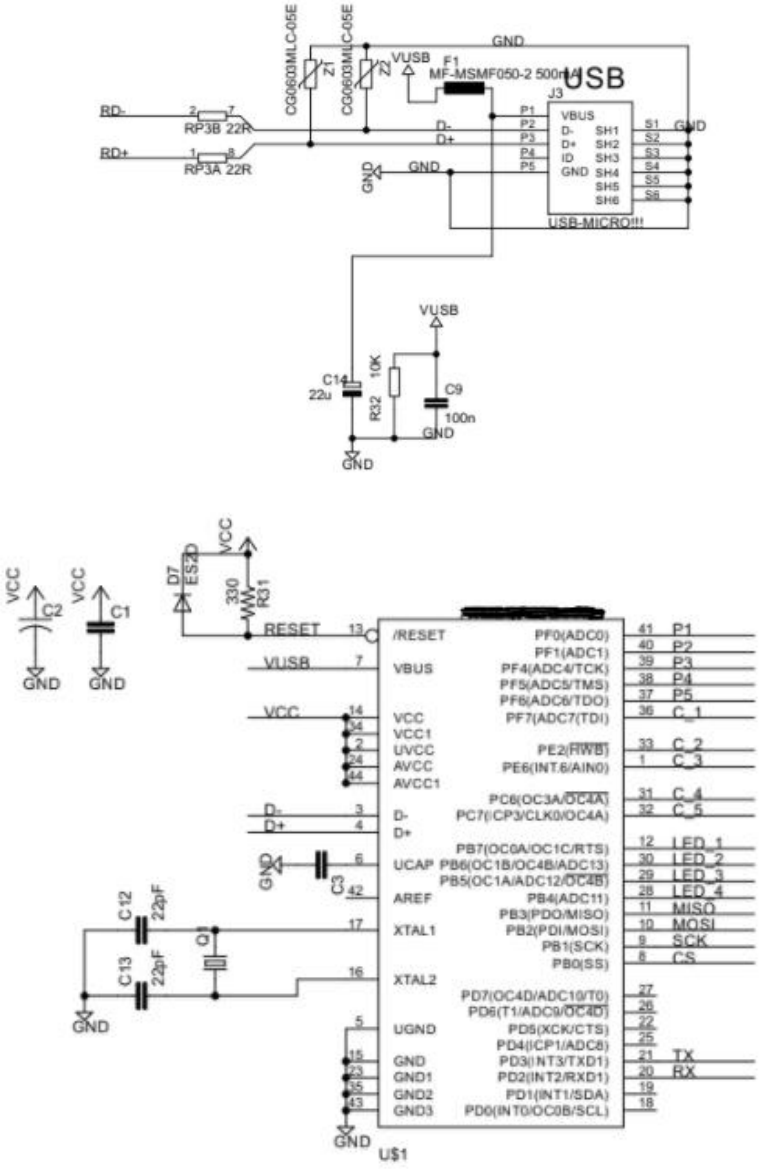
2. ความเร็วในการรับสัญญาณ

ความเร็วในการรับสัญญาณเข้า (input) คือการตอบสนองการกดปุ่มใดๆอย่างถูกต้องและครบถ้วน เช่น การกดปุ่ม “W” ซ้ำๆกัน 10 ครั้งภายในเวลา 2 วินาที และคอมพิวเตอร์จะต้องแสดงผลเป็นตัวอักขระ “W” เรียงกัน 10 ตัวได้อย่างครบถ้วน โดยการทดสอบแป้นพิมพ์มาตรฐานจะใช้การทดสอบโดยเครื่องกดปุ่มอัตโนมัติที่สามารถกดปุ่มได้ด้วยความเร็วสม่ำเสมอเพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่แม่นยำและไม่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการกดปุ่มในแต่ละครั้ง

แผนภาพวงจรไฟฟ้าภาพในแป้นพิมพ์งานวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยจะใช้ปุ่มอักขระน้อยกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน จึงไม่สามารถใช้แผนภาพวงจรของแป้นพิมพ์มาตรฐานได้เพราะแผงวงจรโดยทั่วไปจะต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หากตัดทอนวงจรของปุ่มบางปุ่มออกไปจะทำให้ปุ่มอื่นๆไม่สามารถใช้งานได้ แผนภาพวงจรของงานวิจัยถูกออกแบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวงจรไฟฟ้าบนแผงควบคุม PCB โดยมี Microcontroller เป็นตัวรับสัญญาณจากสวิตช์ต่างๆ แล้วแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ ให้รับทราบถึงสวิตช์ที่ถูกปิดหรือปุ่มที่ถูกกดลงไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.13 แผนภาพวงจรไฟฟ้าของแป้นพิมพ์งานวิจัย

2.12 ช่องว่างงานวิจัย

จากวรรณกรรมดังกล่าวยังมีประเด็นที่ยังไม่ได้ถูกนำเข้ามาประมวลด้วย คือ ตำแหน่งของปุ่มกดอักขระแต่ละปุ่ม เนื่องจากตำแหน่งของปุ่มดังกล่าวได้ถูกออกแบบไว้เป็นมาตรฐานสากลเหมาะสมกับตำแหน่งนิ้วมือในขณะพิมพ์และใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงไม่เป็นที่นิยมจะนำมาศึกษาต่อยอดหรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของปุ่ม {พงศ์ภัทร, 2555 #1} เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานเพื่อวิจัยหาลักษณะแป้นพิมพ์ที่เหมาะสมกับการใช้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ จึงสามารถตัดประเด็นความเป็นมาตรฐานของการพิมพ์ออกไปได้ และสามารถออกแบบตำแหน่งใหม่ของปุ่มบนแป้นที่เหมาะสมกับการใช้งานในการเล่นเกมได้

การเล่นเกมโดยทั่วไปจะมีการป้อนคำสั่งหลัก ๆ คือการบังคับให้ตัวละครภายในเกมเคลื่อนที่ไปยังทิศทางต่าง ๆ เช่น ทิศทางการเดินไปข้างหน้า, ทิศทางการเดินถอยหลัง, ทิศทางการหมุนซ้าย และทิศทางการหมุนไปทางขวา เป็นต้น ซึ่งลักษณะการบังคับทิศทางเช่นนี้จะเหมาะสมกับการวางนิ้วมือแบบตรง ๆ ดังเช่นแผงปุ่มลูกศรที่อยู่ด้านขวาของแป้นพิมพ์แบบมาตรฐาน แต่ผู้เล่นนั้นจะต้องใช้มือขวาในการบังคับควบคุมเม้าส์อยู่ตลอดเวลา และเนื่องด้วยแผงปุ่มตัวเลขดังกล่าวตั้งอยู่ที่ด้านขวามือของแป้นพิมพ์ แต่ผู้เล่นจะต้องใช้มือซ้ายในการบังคับตัวละคร ผู้เล่นจึงไม่สามารถใช้งานแผงปุ่มลูกศรดังกล่าวในการบังคับตัวละครภายในเกมได้ ทำให้ผู้เล่นต้องเรียนรู้ที่จะปรับเปลี่ยนการกดปุ่มบังคับทิศทางโดยใช้แป้น W, A, D และ S แทนการใช้แผงปุ่มลูกศร โดยปุ่ม W จะใช้แทนปุ่มลูกศรขึ้น หรือทิศทางการเดินไปข้างหน้า, ปุ่ม S จะใช้แทนปุ่มลูกศรลง หรือทิศทางการเดินถอยหลัง, ปุ่ม A จะใช้แทนปุ่มลูกศรชี้ซ้าย หรือทิศทางการหมุนซ้าย และปุ่ม D จะใช้แทนปุ่มลูกศรชี้ขวา หรือทิศทางการหมุนไปทางขวา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบการใช้ปุ่มบังคับทิศทางและปุ่ม W, A, S และ D บนแป้นฟิมพ์มาตรฐาน

2.13 กฎของฟิตต์

ในการประเมินสมรรถนะของแป้นพิมพ์งานวิจัยจำเป็นจะต้องมีตัวชี้วัดที่สัมพันธ์กับการใช้งานของแป้นพิมพ์ การใช้งานของแป้นพิมพ์แต่ละชนิด (แป้นพิมพ์มาตรฐาน, แป้นพิมพ์การยศาสตร์) มีสิ่งที่สัมพันธ์กันคือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของนิ้วใดๆเอื้อมไปกดปุ่มอักขระที่ถูกกำหนดไว้ หากผู้ใช้งานมีความคุ้นเคยกับแป้นพิมพ์นั้นๆแล้ว เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เฉลี่ยในการกดปุ่มอักขระนั้นจะสามารถเป็นตัวชี้วัดได้ถึงความแตกต่างของสมรรถนะการใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ หากพิจารณาจากเวลาในการเคลื่อนที่เฉลี่ยของการกดปุ่มอักขระแต่ละปุ่มโดยไม่กำหนดความยากง่ายของงานหรือปุ่มนั้นๆ ค่าที่ได้จากการทดสอบจะแกว่งและทำได้เพียงหาค่าเฉลี่ยของเวลาเคลื่อนที่ของทุกปุ่มอักขระกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กฎของฟิตต์มาใช้ในการประเมินสมรรถนะของแป้นพิมพ์งานวิจัย โดยจัดกลุ่มระดับความยากของแต่ละปุ่มอักขระ ปุ่มอักขระที่กดยากก็จะมีเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่กดปุ่มนั้นนานขึ้น ทำให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีการจัดเรียงเป็นเส้นตรงและสามารถคำนวณหาสมแบบถดถ่อย เพื่อประเมินและเปรียบเทียบสมรรถนะการใช้งานเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยนี้จะใช้ Fitt’s Law มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่กับระดับความยากของงาน ใช้ในการออกแบบระบบปฏิบัติการใดๆที่ต้องการความยากหรือง่ายต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่น ปุ่มปล่อยขีปนาวุธ ที่ต้องการความยากในการใช้งานเพื่อป้องกันการผิดพลาดจากการกดปุ่มนั้นโดยไม่ตั้งใจ หรือ ปุ่มฉุกเฉินที่ต้องออกแบบให้กดได้ง่ายในยามฉุกเฉิน กฎที่มีส่วนช่วยอธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อมนุษย์กับการใช้งานคอมพิวเตอร์ Human-Computer Interaction (HCI)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมการเชิงเส้นของฟิตต์

$$MT = a + b(ID) \qquad (1)$$

MT = เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (Moving time)

ID = ระดับความยากของงาน (Index of difficulty)

a and b = สัมประสิทธิ์สมการแบบถดถอย (Regression coefficient)

สมรรถนะการทำงาน

$$IP = 1/b \qquad (2)$$

IP = ค่าดัชนีสมรรถนะการทำงาน (Index of performance)

b = สัมประสิทธิ์สมการ หรือค่าความชันของสมการ

เมื่อ b คือความชันของกราฟหาได้จาก $(MT_1 - MT_2) / (ID_1 - ID_2)$

IP จึงสามารถหาได้จาก

$$IP = (ID_1 - ID_2) / (MT_1 - MT_2) \qquad (3)$$

สัดส่วนของระดับความยากเทียบกับเวลาเคลื่อนที่เฉลี่ย คือค่าดัชนีสมรรถนะการทำงาน ความสัมพันธ์คือ หากคนๆเดียวกันทดสอบสิ่งเดียวกัน ค่าดัชนีสมรรถนะควรจะเป็นค่าคงที่ และเมื่อความยากของงานเพิ่มขึ้น เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยก็ควรจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะฉะนั้นจึงสามารถเปรียบเทียบสมรรถนะของแป้นพิมพ์มาตรฐานกับแป้นพิมพ์ของงานวิจัยโดย ทดสอบกับผู้ทดสอบ 10 คน บนแป้นพิมพ์ทั้ง 2 แบบ

สิ่งที่สำคัญคือการกำหนดระดับความยากของงานที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งงานวิจัยนี้จะแบ่งระดับความยากออกเป็น 4-5 ระดับ โดยการวางมือบนแป้นเหย้าจะแตกต่างจากการวางมือการพิมพ์สัมผัส แต่จะจำลองสถานการณ์เดียวกันกับการเล่นเกมคือ จะกำหนดให้ผู้ทดสอบวางนิ้วก้อยซ้ายที่ปุ่ม “Shift”, นิ้วนางซ้ายที่ปุ่ม “a”, นิ้วกลางซ้ายที่ปุ่ม “w” นิ้วชี้ซ้ายที่ปุ่ม “d” และนิ้วโป้งที่ปุ่ม “Space bar”

การกำหนดระดับความยากของงาน

จะกำหนดโดยทดสอบเวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยในการกดปุ่มแต่ละปุ่มโดยผู้ทดสอบ 10 คน หลังจากที่ได้เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของทุกปุ่มด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน แล้วนำมาจัดแบ่งกลุ่มอักขระต่างๆ ตามระดับความยาก {พงศ์ภัทร, 2555 #1} การแบ่งกลุ่มระดับความยากจะใช้ Cluster Analysis เข้ามาช่วยในการจับกลุ่มเวลาตอบสนองเฉลี่ย ในงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎี Cluster Analysis มาช่วยในการแบ่งกลุ่มระดับความยากของแต่ละปุ่มอักขระ โดยใช้เวลาตอบสนองเฉลี่ยมาเป็น Case ตารางด้านล่างแสดงเวลาตอบสนองเฉลี่ยของแต่ละปุ่ม ที่ได้มาจากการศึกษาและทดลองนำร่องจากผู้ทดลอง 10 คน

คุณสมบัติของอาสาสมัคร

1. เพศชาย อายุระหว่าง 15 – 40 ปี

2. ขนาดมือวัดจากเส้นข้อมือจนถึงปลายนิ้วกลางอยู่ที่ระหว่าง 17.5 -20 ซม.

3. ต้องไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงปลายมือ

4. มีประสบการณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 2.5 เวลาตอบสนองเฉลี่ยของอักขระแต่ละปุ่มจากการศึกษานำร่อง เรียงจากน้อยไปมาก

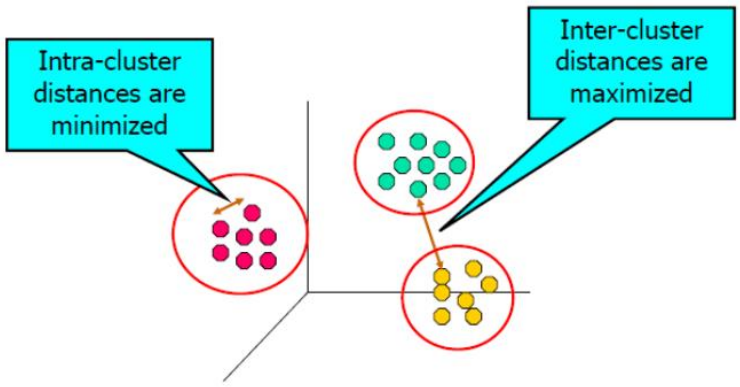
ปุ่มอักขระ	เวลาตอบสนองเฉลี่ย (มิลลิวินาที)
Space bar	669.2
A	750.1
Q	826.6
W	830.9
E	835.4
Shift	840.7
D	842.9
F	888.4
S	891.3
R	913.7
Ctrl	938.6
C	959.4
X	964.2
2	967.1
1	978.7
3	992.5
Z	1048.7
4	1064.1
V	1137.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อได้เวลาตอบสนองเฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละปุ่มแล้ว เวลาเหล่านี้บ่งบอกถึงความยากง่ายในการตอบสนองที่แตกต่างกัน เวลาตอบสนองเฉลี่ยของอักขระบางตัวมีค่าใกล้เคียงกัน จึงสามารถพิจารณาเป็นกลุ่มเดียวกันได้ งานวิจัยนี้จะแบ่งกลุ่มความยากออกเป็น 4 กลุ่มโดย Cluster Analysis

2.14 Cluster Analysis

คือกระบวนการจัดกลุ่มข้อมูล หรือจำแนกข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา มีการแบ่งแยกในรูปแบบการแบ่งตามความเหมือนกัน (similarity) และการแบ่งแยกตามความแตกต่างกัน (Dissimilarity) โดยข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะเรียกเป็น Case และหลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งแยกกลุ่มได้แล้ว กลุ่มต่างๆจะเรียกเป็น Cluster ยกตัวอย่าง เช่น ต้องการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบต่างๆที่มีคุณสมบัติและราคาแตกต่างกันไป สามารถใช้ Cluster Analysis ในการแบ่งแยกกลุ่มของวัตถุดิบดังกล่าว เพื่อปรับแผนการบริหารจัดการให้เหมาะสมกับวัตถุดิบนั้นๆ



รูปที่ 2.15 ข้อมูลที่อยู่เป็นกลุ่ม Clustering

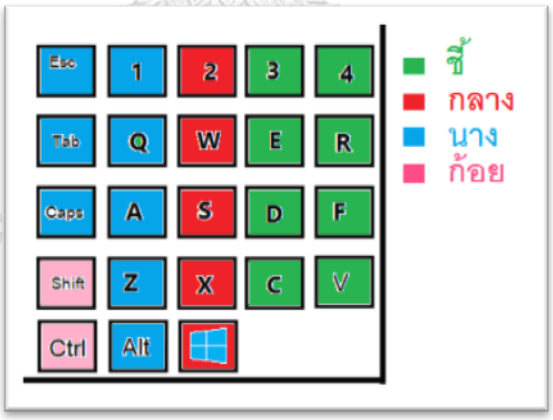
Cluster Analysis มีเทคนิคที่เป็นที่นิยมอยู่ 2 เทคนิคคือ

1. Hierarchical Cluster Analysis
2. K-Means Cluster analysis

- เทคนิค Hierarchical เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการจัดกลุ่มข้อมูลหรือจัดกลุ่มตัวแปร โดยในกรณีที่ใช้ในการแบ่งข้อมูลนั้น จำนวนข้อมูลต้องไม่มากนัก ควรต่ำกว่า 200 ข้อมูล ถ้าตั้งแต่ 200 ขึ้นไปใช้ K-Means Cluster และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเช่นกัน ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน ไม่จำเป็นเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดหรือข้อมูลใดอยู่กลุ่มใดก่อน สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่เป็นอันตรภาค หรืออัตราส่วน ข้อมูลในรูปแบบความถี่ และข้อมูลเชิง Binary

- เทคนิค K-Means Cluster Analysis หรือ การวิเคราะห์การจัดกลุ่มอย่างไม่เป็นขั้นตอน มีวิธีการคือ กำหนดจำนวนกลุ่มที่ต้องการแบ่งจากข้อมูลที่มี แล้วจัดกลุ่มข้อมูลตามจำนวนกลุ่มที่กำหนดไว้ แล้วค่าจุดศูนย์กลางของข้อมูลดังกล่าวด้วยค่าเฉลี่ย ทำซ้ำโดยการปรับเปลี่ยนย้ายกลุ่มของข้อมูลจนกว่าค่ากลางของข้อมูลไม่เปลี่ยนแปลง เทคนิค K-Means Cluster เหมาะกับข้อมูลที่มากกว่า 200 ค่าขึ้นไป

เมื่อนำเทคนิค Cluster Analysis มาช่วยแบ่งกลุ่มเวลาตอบสนองเฉลี่ยของการกดปุ่มอักขระแต่ละปุ่มจะได้กลุ่มของข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2.5 ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้กลุ่มดังกล่าวมาเป็นกลุ่มระดับความยากโดยเรียงจากง่ายไปยาก กำหนดเป็น ID1 ถึง ID4



รูปที่ 2.16 การวางตำแหน่งนิ้วทั้ง 4

รูปที่ 2.17 การวางมือบนแป้นพิมพ์ขณะเล่นเกม

2.15 การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์

มีความสำคัญในการออกแบบเพื่อให้คอมพิวเตอร์ หรือระบบปฏิบัติการต่างๆสามารถถูกใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ธรรมชาติการทำงานหรือลักษณะการใช้งานของมนุษย์ นำมาออกแบบการทำงานการรับและส่งข้อมูลของคอมพิวเตอร์และระบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ ผู้ใช้งาน, คอมพิวเตอร์ และการปฏิสัมพันธ์ {Dix, 2009 #6}

ผู้ใช้งาน (User)

คือ กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษา มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนดในด้านการมองเห็น การได้ยินเสียง และศักยภาพทางกายต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมใดๆที่ต้องการออกแบบ การศึกษากลุ่มผู้ใช้งานมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบใดๆหรืออุปกรณ์ใดๆที่ให้มนุษย์ใช้งาน

คอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รวมไปถึงเครื่องจักรกล หรืออุปกรณ์ใดๆ และระบบใดๆที่ออกแบบมาเพื่อให้มนุษย์ใช้งาน อาจมีการออกแบบมาเฉพาะกลุ่มผู้ใช้งานบางกลุ่ม เพื่อป้องกันการแทรกแซงใช้งานของเจ้าของระบบหรือผู้รับผิดชอบระบบหรือเครื่องจักรนั้นๆ

การปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

กล่าวคือการรับส่งข้อมูลระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลให้ผู้ใช้ทั้งในด้านการมองเห็นเช่น แสดงตัวอักษรบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หรือส่งสัญญาณเสียงเป็นรหัสให้ผู้ใช้งานทราบถึงความหมายของสัญญาณนั้น และการที่ผู้ใช้งานรับและส่งข้อมูลให้คอมพิวเตอร์ เช่น การใส่รหัสอักษรเพื่อเข้าถึงข้อมูลบางอย่าง หรือการใช้เม้าส์เพื่อเลือกจุดที่สนใจต่างๆบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ นำไปสู่การออกแบบหน้าตาขอระบบ (Interface) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงส่วนที่ต้องการข้อมูล หรือสามารถสำเร็จงานที่ต้องการจากระบบนั้นๆได้

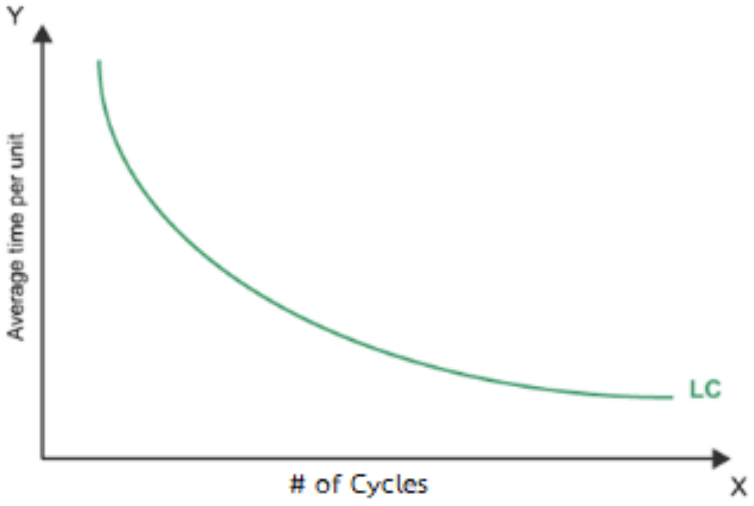
รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่าง HCI กับวิชาการสาขาต่างๆ

2.16 การเรียนรู้เพื่อให้เกิดความคุ้นชินหรือเส้นโค้งการเรียนรู้ (Learning Curve)

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบ อุปกรณ์ หรือบุคคลากร ย่อมมีการเรียนรู้เกิดขึ้น กระบวนการเรียนรู้นี้ต้องใช้ระยะเวลาในการทำงานจนเกิดความคุ้นชิน และสะสมประสบการณ์จนสามารถอธิบายภาพรวมค่ามาตรฐานของระบบใดๆและบ่องชี้ถึงจุดใดๆที่เป็น outlier ได้ การเรียนรู้เกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของแรงงาน, ปรับปรุงกระบวนการทำงาน, เปลี่ยนเครื่องมือเครื่องจักรในการทำงาน, ปรับเปลี่ยนบุคคลากรแรงงาน, เปลี่ยนหรือเพิ่มรายการผลิตภัณฑ์ หรือปรับมาตรฐานใหม่ของระบบการทำงาน เป็นต้น

การเรียนรู้ประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละครั้ง กับจำนวนครั้งที่ทำงาน โดยเป็นความสัมพันธ์แบบผกผันกัน คือ ยิ่งทำงานมากครั้ง เวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งจะมีค่าน้อยลงไปเรื่อยๆ ดังแสดงในกราฟที่ 2.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กราฟที่ 2.3 เส้นโค้งการเรียนรู้

การใช้งานแป้นพิมพ์ของงานวิจัยมีรูปลักษณ์ที่ต่างออกไปจากแป้นพิมพ์มาตรฐาน จึงอาจส่งผลให้ผู้ทดสอบใช้งานได้ไม่ถนัดหรือคุ้นเคยในช่วงแรก จึงต้องให้ผู้ทดสอบทดลองฝึกใช้งานแป้นพิมพ์ดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนเริ่มการทดสอบใดๆ จึงต้องคำนวณหาจำนวนครั้งที่ใช้ในการเรียนรู้จนกว่าผู้ใช้จะสามารถใช้เวลาในการทำงานได้ด้วยเวลามาตรฐาน (Standard time) ได้จาก

สมการเส้นโค้งการเรียนรู้

$$Y = kX^{n} \qquad (4)$$

Y = ระยะเวลาที่ใช้ทำงาน

X = จำนวนครั้งที่ทำงาน

n = สัมประสิทธิ์เลขชี้กำลัง

k = เวลาที่ใช้เมื่อเริ่มทำงานครั้งแรก

$$n = \frac{\log_{10}(\text{Learning Ratio})}{\log_{10}2} \qquad (5)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\text{Learning Ratio} = Y_{n+1}/Y_{n} \qquad (6)$$

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหาค่าเวลามาตรฐานโดยใช้โปรแกรม Ergoeyeskill.exe มาช่วยในการจับเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้งที่ทำงาน โดยจะแสดงในบทที่ 3 ในหัวข้อการทดสอบเพื่อหาจำนวนครั้งในการเรียนรู้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ การประดิษฐ์แป้นพิมพ์งานวิจัยต้นแบบ (รวมถึงการออกแบบและทดสอบการใช้งานพื้นฐาน) และการประเมินสมรรถนะของแป้นพิมพ์เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน ในการประดิษฐ์แป้นพิม์ต้นแบบ เนื่องจากเป็นการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางกายภาพ จึงต้องใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติเพื่อช่วยในการแบ่งเบาต้นทุนการประดิษฐ์ และผู้วิจัยมิได้มีองค์ความรู้ด้านการเชื่อมต่อแผงวงจรอีเล็กโทรนิค จึงจำเป็นต้องว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญภายนอกในการออกแบบแผงวงจรเฉพาะของแป้นพิมพ์และผลิตแผงวงจรต้นแบบเพื่อนำมาใช้ในงานวิจัย

3.1 ออกแบบและสร้างต้นแบบของแป้นพิมพ์

จากการศึกษาหลักการทางการยศาสตร์ข้างต้น จึงนำมาใช้ในการออกแบบและประดิษฐ์แป้นพิมพ์ของงานวิจัยนี้ขึ้นมา และใช้เทคโนโลยีเข้าช่วยในการผลิตต้นแบบด้วยงานเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ แล้วจึงนำต้นแบบแป้นพิมพ์นี้ไปใช้ในการวิจัยต่อไป โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างในการประดิษฐ์ ดังนี้

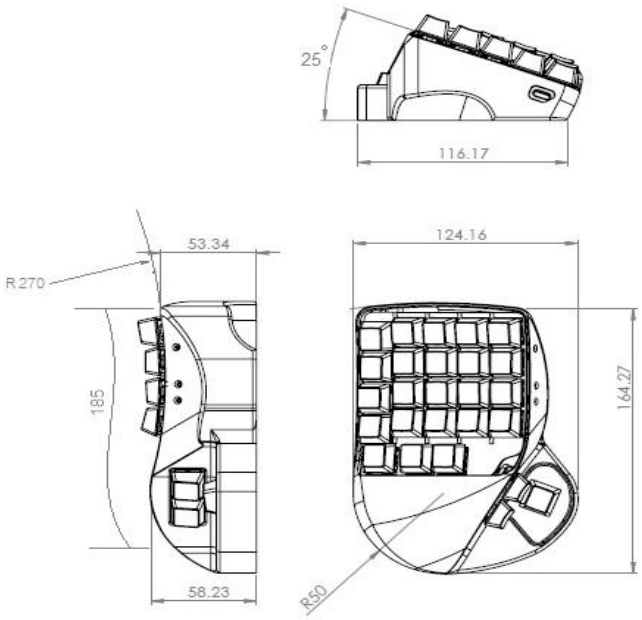
1. ขั้นตอนการร่างแบบแป้นพิมพ์ด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติ
2. ขั้นตอนการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ
3. ขั้นตอนการเลือกใช้ปุ่มสวิตซ์
4. ขั้นตอนการออกแบบแผงวงจรไฟฟ้าภายในแป้นพิมพ์
5. ขั้นตอนการประกอบแป้นพิมพ์ต้นแบบ
6. ขั้นตอนการทดสอบวงจรแป้นพิมพ์ต้นแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.1.1 ขั้นตอนการร่างแบบแป้นพิมพ์ด้วยโปรแกรมออกแบบสามมิติ

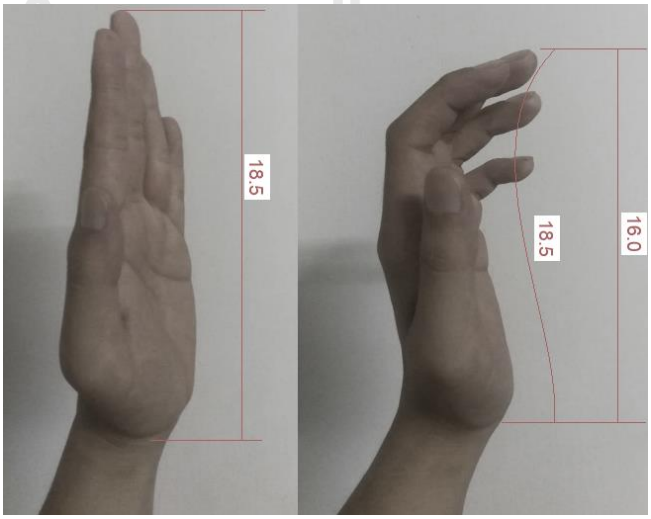
จากข้อกำหนดของงานวิจัยนี้ ที่กำหนดขอบเขตคือแป้นพิมพ์จะใช้ได้กับผู้ใช้งานที่มีขนาดมือระหว่าง 17.5 – 20 ซม. จึงออกแบบขนาดของแป้นพิมพ์ตามข้อกำหนดดังกล่าว โดยความกว้างของแป้นพิมพ์จะถูกกำหนดโดยจำนวนแถวในแนวตั้งของปุ่มอยู่แล้ว มุมเอียงของแป้นพิมพ์เพื่อลดอาการบิดของข้อมือ ก็กำหนดเอาไว้ที่ 25 องศากับแนวระดับ เนื่องจากอ้างอิงจากการศึกษาในอดีตพบว่ามุมเอียงที่ลดอาการบิดของข้อมือมากที่สุดและไม่ทำให้สูญเสียสมรรถนะการทำงานมากที่สุดอยู่

ระหว่าง 20 – 30 องศากับแนวระดับ จึงเลือกมุม 25 องศามาเป็นตัวแทนของงานวิจัย เนื่องจากเป็นค่ากลางของช่วงดังกล่าว



รูปที่ 3.1 แบบร่างแป้นพิมพ์งานวิจัย

และกำหนดความยาวของแป้นพิมพ์ที่ 164.27 มม. ได้มาจากการนำค่ากลางที่กำหนดไว้ คือ 185 มม. หรือ 18.5 ซม. ซึ่งเป็นตัวแทนของความยาวฝ่ามือของประชากรคนไทยอายุระหว่าง 17 - 49 ปี {กระทรวงอุตสาหกรรม, 2548 #21} ซึ่งความยาวฝ่ามือดังกล่าวคือความยาวที่วัดเมื่อยืดฝ่ามือตรง แต่ในความเป็นจริงกับการใช้แป้นพิมพ์ มือของมนุษย์จะอยู่ในลักษณะงอเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.2



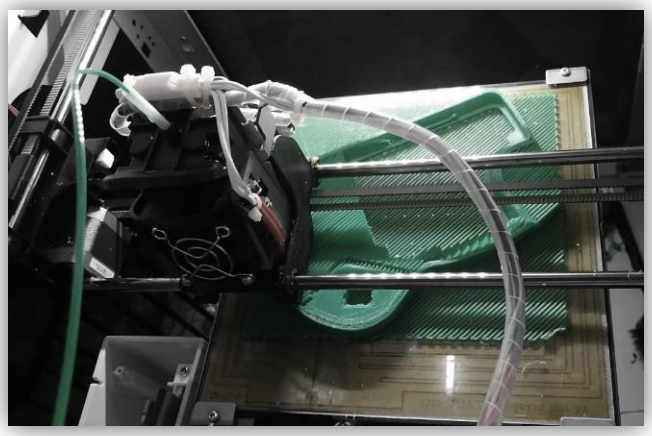
รูปที่ 3.2 ขนาดความยาวฝ่ามือที่ลดลงในท่าทางการใช้งานแป้นพิมพ์

3.1.2 ขั้นตอนการพิมพ์ฐานแป้นพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

เนื่องจากงานวิจัยจำเป็นต้องสร้างแป้นพิมพ์ตามที่วิจัยขึ้นมาทดสอบและประเมินจริง เพื่อพิสูจน์ว่า หากประยุกต์หลักการการยศาสตร์เข้าไปในแป้นพิมพ์ที่ใช้เล่นเกมคอมพิวเตอร์แล้วจะไม่ทำให้สมรรถนะการใช้งานแย่ลง การใช้เทคโนโลยีช่วยในการสร้างแป้นพิมพ์ต้นแบบถือเป็นส่วนสำคัญ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างแป้นพิมพ์ต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์แบบสามมิติ โดยไม่ระบุชนิดหรือยี่ห้อของเครื่องพิมพ์สามมิติ แต่เพียงมีขนาดห้องพิมพ์ใหญ่พอที่จะสามารถพิมพ์งานแป้นพิมพ์ของงานวิจัยได้เท่านั้น เครื่องพิมพ์ที่งานวิจัยนี้ใช้คือ Da Vinci 1.0 ที่มีฐานการพิมพ์งานที่ 18.4 x 20 x 22 นิ้ว โดยใช้เทคโนโลยีการประดิษฐ์จากเส้นพลาสติกที่เชื่อมต่อกัน (Fused Filament Fabrication) หัวฉีดเดี่ยวขนาด 0.4 มม วัสดุที่ใช้ในการพิมพ์แป้นพิมพ์ต้อนแบบ (Prototype) จะใช้เส้นพลาสติกสำหรับงานพิมพ์สามมิติ ชนิด ABS ใช้กับเครื่องพิมพ์ประเภท Filament เป็นวัสดุพลาสติกที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม มีคุณสมบัติคือ มีความยืดหยุ่นและความแข็งแรง ใช้ทำชิ้นงานที่รับแรงกระแทก และทนทานต่อความร้อนสูง สามารถนำไปขัด หรือเกลาเพื่อตกแต่งผิวงานให้เรียบเนียนได้ เป็นวัสดุเดียวกันกับที่ใช้ทำของเล่นตัวต่อพลาสติกในท้องตลาด และยังใช้ในงานด้านยานยนต์อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.3 เครื่องพิมพ์สามมิติรุ่น Da Vinci 1.0



รูปที่ 3.4 การพิมพ์สามมิติของแป้นพิมพ์ต้นแบบ

3.1.3 ขั้นตอนการเลือกปุ่มแป้นสวิตซ์

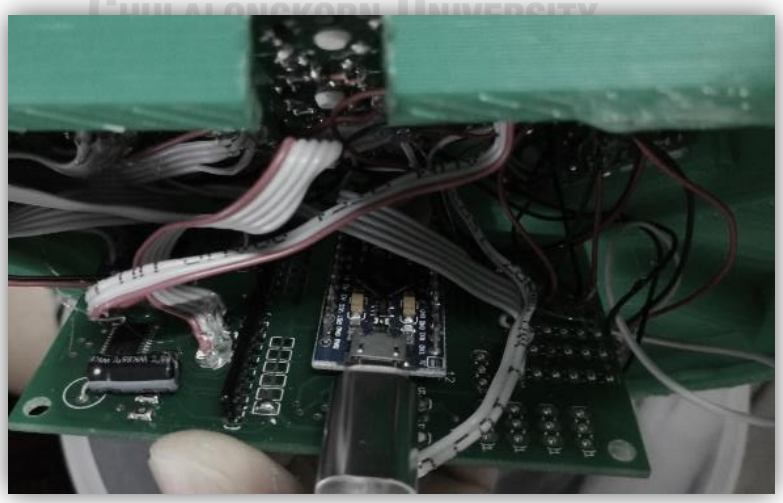
ปุ่มแป้นตัวอักขระจะใช้ปุ่มอักขระที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ที่เป็นแบบสวิตซ์แยกอิสระ (Mechanical switch) ประกอบเข้ากับแผงวงจรไฟฟ้าอิเล็กโทรนิก งานวิจัยนี้ใช้ปุ่มชนิด Cherry Switch รุ่น red switch ซึ่งหาซื้อได้ทั่วไป มีลักษณะคือขาสวิตซ์ทั้งสองขาจะไม่ยาวมาก แต่เพียงพอจะเชื่องโยงเข้ากับแผงวงจรและไม่อาจก่อให้เกิดการลัดวงจรได้

รูปที่ 3.5 Cherry switch รุ่น Red Switch

3.1.4 ขั้นตอนการออกแบบแผงวงจรไฟฟ้าภายในแป้นพิมพ์

แผงวงจรภายในแป้นพิมพ์เป็นส่วนสำคัญในการส่งต่อคำสั่งที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไปและส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ เนื่องจากแป้นพิมพ์งานวิจัยนี้มีจำนวนปุ่มน้อยกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานและถูกออกแบบให้ตำแหน่งของปุ่มอักขระต่างไปจากแป้นพิมพ์มาตรฐานคือ ไม่มีการเยื้องเอียงระหว่างแป้นพิมพ์ในแต่ละแถว จึงจำเป็นต้องสร้างแผงวงจรขึ้นมาใหม่โดยเฉพาะเจาะจง เนื่องจากไม่มีขายหรือหาได้ตามท้องตลาดเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์งานวิจัยนี้ใช้แผงวงจรกึ่งสำเร็จรูปยี่ห้อ Arduino และให้ปรับรูปแบบการป้อนคำสั่ง โดยผังวงจรดังกล่าวได้แสดงไว้ในบทที่ 2 รูปที่ 2.13 และใช้หัวเชื่อมต่อวงจร Output ชนิด Micro USB

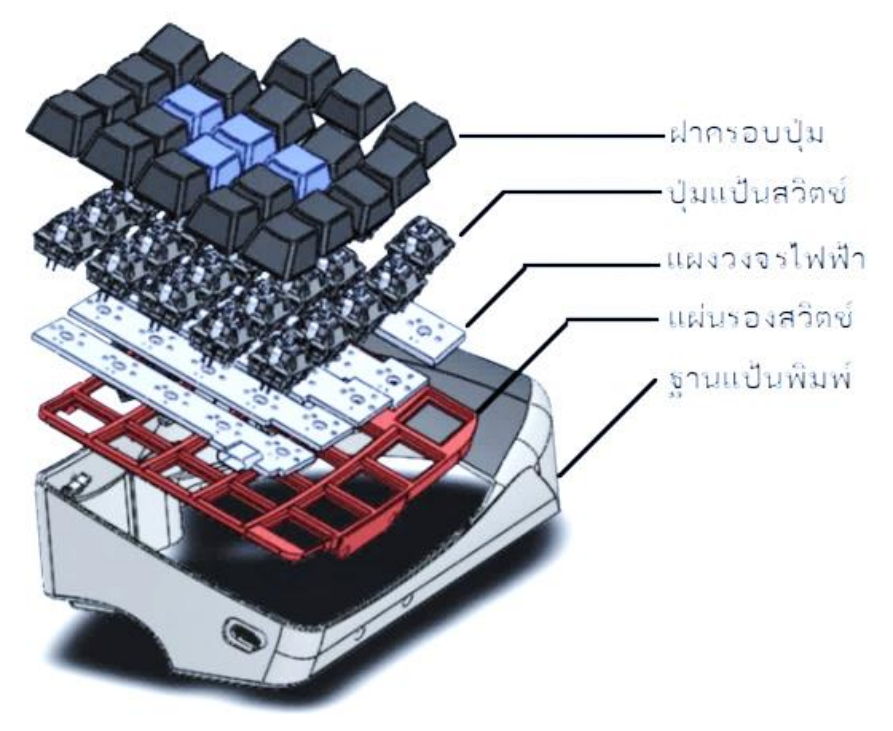
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 3.6 แผงวงจรที่เชื่อมต่อเสร็จแล้ว

3.1.5 ขั้นตอนการประกอบแป้นพิมพ์ต้นแบบ

การประกอบแป้นพิมพ์นั้นจะเริ่มประกอบจากส่วนประกอบด้านในของแป้นพิมพ์ก่อน แล้วค่อยนำส่วนภายนอกมาประกบกันต่อ เริ่มจากเชื่อมต่อแผงวงจรกับปุ่มสวิตซ์ด้วยการบัดกรี ในขั้นตอนนี้ต้องใช้ความชำนาญเป็นอย่างสูงเพราะอาจมีเศษโลหะบัดกรีไหลล้นไปถูกส่วนอื่นๆของวงจร ทำให้เกิดการลัดวงจรได้ เมื่อเชื่อมต่อปุ่มสวิตซ์เป็นที่เรียบร้อยทั้งหมดทุกปุ่มแล้ว จึงประกอบแผงปุ่มดังกล่าวเข้ากับฐานของแป้นพิมพ์ลงในช่องที่เตรียมไว้ ต่อสายไฟออกจากแผงวงจรและลากสายออกมาจากฐานของแป้นพิมพ์ แล้วจึงปิดฝาครอบที่ฐานของแป้นพิมพ์เพื่อป้องกันการชำรุดและความเสียหายอันเนื่องมาจากการใช้งานและการเคลื่อนย้าย



รูปที่ 3.7 แยกส่วนการประกอบแป้นพิมพ์งานวิจัย

3.1.6 ขั้นตอนการทดสอบวงจรของแป้นพิมพ์ต้นแบบ

การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ความเร็วของการส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์และความเร็วในการรับสัญญาณจากการกดปุ่มใดๆ เพื่อยืนยันความเท่าเทียมกันในการทดสอบแป้นพิมพ์ ไม่ให้เกิดความลำเอียงขึ้นจากความหน่วงเวลาของแผงวงจร หรือความผิดปกติจากการทำงานของแผงวงจรและตัวแป้นพิมพ์เอง

1. ความเร็วในการส่งสัญญาณ

แป้นพิมพ์มาตรฐาน แบบ Rubber dome จะมีความเร็วตอบสนองหลังจากที่กดปุ่มใดๆอยู่ที่ 15-20 ms {DINGMAN, 2016 #13} และปุ่มแบบ Cherry switch ที่ใช้ในงานวิจัยมีความเร็วตอบสนองที่ < 20 ms ตรวจสอบจากโปรแกรม Arduino.exe มีความเร็วที่ต่างกันน้อยมากจนไม่มีผลกระทบต่อการทดลองเปรียบเทียบการใช้งานดังกล่าว

ความเร็วในการตอบสนองของสวิตซ์ คือ ความเร็วการส่งผ่านข้อมูลจากการกดปุ่มใดๆบนแป้นพิมพ์ไปยังคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์มาตรฐานจะใช้วงจรและสมองกลประมวลผลสำเร็จรูปใช้ได้เฉพาะในแป้นพิมพ์มาตรฐานเท่านั้น สมองกลจึงไม่ต้องแปลงสัญญาณก่อนส่งต่อให้คอมพิวเตอร์ แต่แป้นพิมพ์งานวิจัยจะใช้สมองกลทั่วไป (Microcontroller) ที่สามารถป้อนโปรแกรมใดๆตามคำสั่งที่เขียนขึ้นไว้ โดยหลังจากที่สมองกลได้รับคำสั่งเมื่อกดปุ่มใดๆ สมองกลจะต้องทำการแปลงสัญญาให้กลายเป็นสัญญาณตัวอักษรนั้นๆแล้วส่งไปที่คอมพิวเตอร์ จึงใช้เวลามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานทั่วไป หากแต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณดังกล่าวก็ถือว่าน้อยมากและไม่มีผลต่อการทำการทดสอบสามารถยอมรับได้

2. การส่งคำสั่งสัญญาณของแป้นพิมพ์

ความเร็วในการรับสัญญาณเข้า (input) คือการตอบสนองการกดปุ่มใดๆอย่างถูกต้องและครบถ้วน เช่น การกดปุ่ม “W” ซ้ำๆกัน 10 ครั้งภายในเวลา 2 วินาที และคอมพิวเตอร์จะต้องแสดงผลเป็นตัวอักขระ “W” เรียงกัน 10 ตัวได้อย่างครบถ้วน โดยการทดสอบแป้นพิมพ์มาตรฐานจะใช้การทดสอบโดยเครื่องกดปุ่มอัตโนมัติที่สามารถกดปุ่มได้ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่แม่นยำและไม่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะการกดปุ่มในแต่ละครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การออกแบบจะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ๆคือ การออกแบบรูปลักษณ์ของแป้นพิมพ์ตามหลักการยศาสตร์ เพื่อป้องกันอาการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นต่อข้อมือในขณะที่ใช้งาน และการออกแบบแผนผังของตำแหน่งปุ่มอักขระให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยการรวบรวมปุ่มอักขระที่ถูกใช้มากที่สุดในเกมประเภท FPS (First person shooting) ด้วยการออกแบบที่ผสมผสานทั้งสองประการนี้ ช่วยให้ผู้ใช้งานแป้นพิมพ์ของงานวิจัยสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยวัดจากเวลาที่ใช้ตอบสนอง (Reaction time)

3.2 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ทดลอง

โดยเลือกอาสาสมัครที่สามารถและคุ้นเคยกับการเล่นเกมในเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการเล่นเกมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จำเป็นจะต้องใช้แป้นพิมพ์ในการเล่นและควบคุมต่างๆ ผู้ทดลองเพศชาย ช่วงอายุระหว่าง 15 – 40 ปี จำนวน 10 คน ที่ไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆ ที่บริเวณแขน, ข้อมือ, นิ้ว และความสามารถในการมองเห็นในเกณฑ์ปกติ ผู้ที่มีระยะสายตาไม่ปกติสามารถใส่แว่นสายตาได้

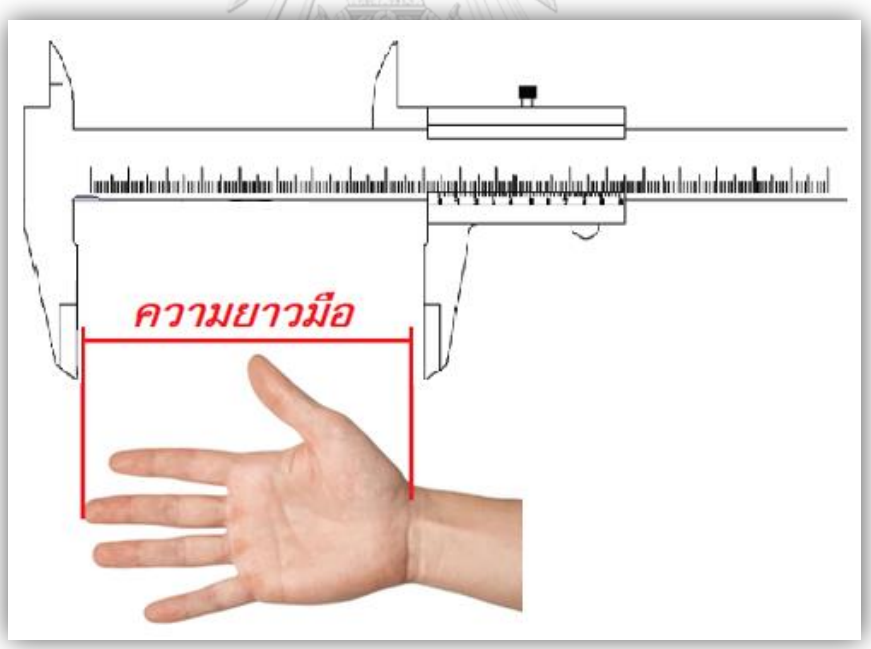
คุณสมบัติของอาสาสมัคร

1. เพศชาย อายุระหว่าง 15 – 40 ปี

2. ขนาดมือวัดจากเส้นข้อมือจนถึงปลายนิ้วกลางอยู่ที่ระหว่าง 17.5 -20 ซม. วัดด้วยเวอร์เนียร์ คาลิเปอร์ ขนาด 30 ซม.

3. ต้องไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงปลายมือ

4. มีประสบการณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.8 การวัดความยาวมือ

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาทดลองและเปรียบเทียบระหว่างแป้นพิมพ์ที่ออกแบบมาเพื่อเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะกับแป้นพิมพ์แบบมาตรฐานที่นำมาใช้ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ แป้นพิมพ์มาตรฐาน

รูปที่ 3.9 แป้นพิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบในภาพมุมสูงและมุมด้านหน้า

แป้นพิมพ์มาตรฐาน

จะใช้รุ่น Redragon K-565 (RUDRA) RGB Mechanical Gaming Keyboard มีลักษณะรูปทรง ขนาดและตำแหน่งปุ่มกดตามมาตรฐานทั่วไปของแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์และได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก.820-2538 มีจำนวนปุ่มอักขระทั้งหมด 108 ปุ่มและทุกปุ่มมีกลไกการเปิดรับสัญญาณด้วยกลไกสปริง เป็นกลไกเดียวกันกับแป้นพิมพ์ในยุคแรกๆ และเพิ่มความสวยงามด้วยแสงไฟ LED ที่อยู่ใต้ปุ่มอักขระทุกปุ่ม และแยะวงจรไฟฟ้าต่อกันอย่างอิสระ ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนแสงไฟให้ปรากฏขึ้นได้ตามความต้องการ มีสายต่อโยงเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสายประเภทสายทอด้วยเส้นใยโพลิเมอร์ ให้ความแข็งแรงทนทานต่อการเคลื่อนย้ายและการใช้งาน ไม่ทำให้สายขาดหรือชำรุดได้ง่าย หัวเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นประเภท USB connection ที่สามารถใช้งานได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกรุ่นทุประเภท แม้กระทั้งโทรทัศน์รุ่นใหม่บางรุ่นที่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเตอร์เน็ทได้ ก็จะสามารถเชื่อมต่อแป้นพิมพ์ได้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้งานของโทรทัศน์เองอีกด้วย

รูปที่ 3.10 แป้นพิมพ์รุ่น Redragon K-565 (RUDRA) RGB Mechanical Gaming Keyboard

เกม Speedrunners

คือเกมวิ่งแข่งโดยมีผู้เข้าแข่งขัน 4 คนในแต่ละรอบโดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดกำหนดไว้อย่างชัดเจน กติกาคือผู้ที่สามารถวิ่งเข้าเส้นชัยได้ก่อนคือผู้ชนะในรอบนั้น ระบบจะบันทึกเวลา เมื่อผู้เล่นได้เข้าเส้นชัยในแต่ละรอบ เกมนี้สามารถใช้มือซ้ายเพียงข้างเดียวเล่นบนแป้นพิมพ์ มีรูปแบบการบังคับควบคุมที่ไม่ซับซ้อน มีเพียงการบังคับทิศทางซ้าย, ขวา, ขึ้น, ลง, กระโดด และหมอบคลาน อีกทั้งผู้ทดสอบสามารถปรับระดับความยากง่ายของเกมได้ จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในการทดสอบการใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัย และเป็นไปตามหลักการของฟิตต์ว่าด้วยการปรับระดับความยากของงาน

ระดับความยากของเกมจะขึ้นอยู่กับสภาพของด่านภายในเกม และระยะทางถึงเส้นชัย ระดับที่ยากมากขึ้น เส้นทางในการวิ่งของผู้เล่นจะแคบขึ้น และไกลขึ้น ทำให้ผู้เล่นต้องใช้เวลามากขึ้นในการเล่น แต่องค์ประกอบด่าน ความคมชัดของภาพและแสงสว่างยังคงเดิม ไม่มีผลต่อการเล่นหรือเวลาที่ใช้ในการเล่นแต่อย่างใด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 3.11 เกม Speedrunners

เกม Overwatch

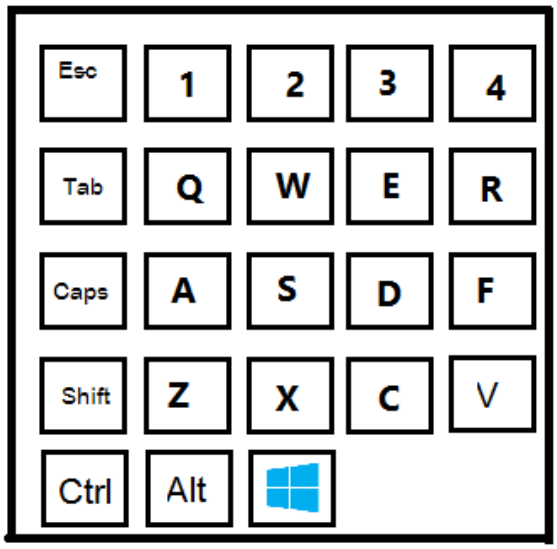
คือเกมประเภทเดินยิงที่เปิดตัวมาในปี พ.ศ. 2559 รูปแบบของเกมจะเป็นภาพในมุมมองบุคคลที่หนึ่ง คือหน้าจอคอมพิวเตอร์จะเปรียบเสมือนดวงตาของผู้เล่น โดยผู้เล่นจะเห็นอาวุธประจำกายที่ตนถือ และการบังคับเม้าส์คือการหันหน้าไปในทิศทางต่างๆ ผู้เล่นจะแบ่งออกเป็นสองฝ่ายแล้วบุกเข้าโจมตีกัน ฝ่ายที่สามารถกำจัดฝ่ายตรงข้ามได้หมดก่อนจะเป็นฝ่ายชนะ เกมนี้มีความซับซ้อนในการเล่นสูง และมีลูกเล่นกลยุทธ์ในการเอาชนะฝ่ายตรงข้ามอย่างหลากหลาย ผู้เล่นสามารถพลิกแพลงรูปแบบการเล่นหรือกลยุทธ์ได้ตลอดเวลา จนได้รับการบรรจุเข้าเป็นหนึ่งในรายการแข่งขัน eSports ตั้งแต่ปี พ.ศ.2559

รูปที่ 3.12 เกม Overwatch

a) แป้นพิมพ์แบบมาตรฐานทั่วไป ซึ่งจะใช้แป้นพิมพ์ที่มีลักษณะเดียวกับแป้นพิมพ์อักขระที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไปตามสำนักงาน ไม่มีการออกแบบตามการยศาสตร์แต่อย่างใด แป้นพิมพ์ชนิดนี้นิยมใช้กันมากในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์เนื่องจากมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย และใช้ร่วมกับการพิมพ์งานเอกสารทั่วไปได้อีกด้วย

b) แป้นพิมพ์ที่ออกแบบสำหรับงานวิจัยนี้โดยเฉพาะ ซึ่งจะออกแบบตามหลักการยศาสตร์ และออกแบบโดยให้ใช้มือซ้ายเพียงข้างเดียวในการใช้งาน เพราะโดยปกติผู้เล่นเกมจะใช้มือซ้ายวางประจำแป้นพิมพ์ และใช้มือขวาในการวางประจำที่เม้าส์

c) โปรแกรม *ErgoEyeSkill.exe* ใช้สำหรับการจับเวลาการตอบสนองของผู้ทดลอง โดยผู้วิจัยจะตั้งค่าให้โปรแกรมทำการทดลองแค่เฉพาะบางปุ่มกดบนแป้นพิมพ์เท่านั้น เนื่องจากแป้นพิมพ์ที่ใช้ในการทดลองมีปุ่มอักขระไม่ครบเหมือนแป้นพิมพ์แบบมาตรฐานที่ใช้ในการพิมพ์ทั่วไป โดยจะมีเพียงปุ่มกดที่อยู่ภายใต้การควบคุมของมือข้างซ้ายเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แบบปุ่มกดบนแป้นพิมพ์งานวิจัย

3.4 วิธีการทดสอบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบโดยในแต่ละการทดสอบมีการควบคุมปัจจัยการทดสอบต่างกันไป เนื่องจากแป้นพิมพ์งานวิจัยออกแบบมาเพื่อใช้ในการเล่นเกมเท่านั้น จึงต้องใช้หรือมีเกมเป็นส่วนร่วมในการทดสอบ อ้างอิงจากการทดสอบการจัดเรียงตำแหน่งของปุ่มอักขระ {Geary, 2018 #22} โดยทั่วไปจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 วิธีการ คือ การสุ่มอักขระใดๆให้ผู้ทดสอบกดตามอักขระที่ปรากฏ, การสุ่มคำใดๆให้ผู้ทดสอบพิมพ์ตามคำที่ปรากฏ และการสุ่มหน้าหนังสือใดๆ แล้วให้ผู้ทดสอบพิมพ์หน้าดังกล่าวตามที่กำหนด

การทดสอบแบบควบคุม หรือการสุ่มอักขระ

การทดสอบแบบนี้จะสามารถควบคุมระดับความยากของงานที่กำหนดให้ผู้ทดสอบทำได้ โดยความยากจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของอักขระที่ปรากฏขึ้น หากอักขระอยู่ไกลจากแป้นเหย้า หรืออักขระที่ไม่ค่อยถูกใช้งาน ก็จะมีความยากมากกว่าอักขระที่อยู่ใกล้แป้นเหย้าและถูกใช้งานบ่อย เพราะฉะนั้นความยากของงานจะแปรผันกับระดับความยากของปุ่มอักขระโดยตรง หน่วยของเวลาที่ใช้วัดคือ มิลลิวินาที

การทดสอบแบบกึ่งควบคุม หรือการสุ่มคำ

การทดสอบแบบสุ่มคำนี้จะสามารถควบคุมระดับความยากได้ยาก เนื่องจากการทดสอบจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ทดสอบ เช่น คำที่สุ่มมาใช้ในการทดสอบนั้น อาจจะเป็นคำที่ผู้ทดสอบบางคนคุ้นเคยอยู่แล้ว ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการทดสอบสั้นกว่าผู้ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จักคำๆนั้น หน่วยของเวลาที่ใช้วัดคือ วินาที เพราะฉะนั้นความยากของงานในการทดสอบนี้ จะสามารถควบคุมได้เพียงจำนวนอักขระที่ประกอบอยู่ในคำที่นำมาใช้ในการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

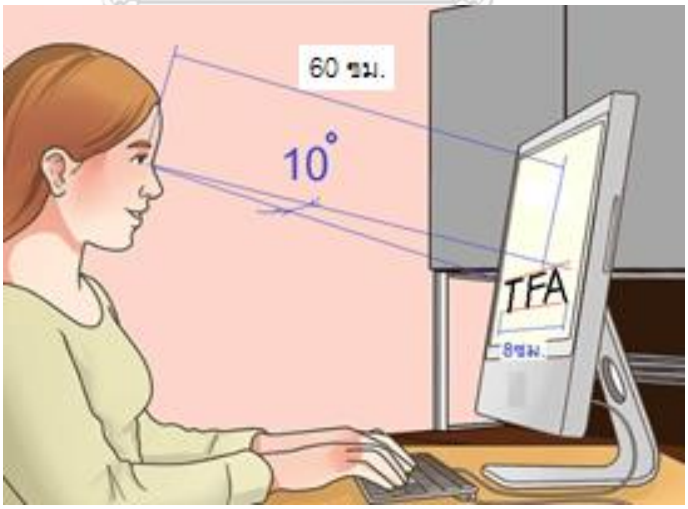
การทดสอบแบบอิสระ หรือการสุ่มหน้าหนังสือ

การทดสอบแบบสุ่มหน้าหนังสือนี้จะควบคุมความยากของงานได้ยากมาก และความยากของงานจะขึ้นอยู่กับประเภทหน้าหนังสือดังกล่าวที่ถูกนำมาใช้ในการทดสอบ จับเวลาการทดสอบตั้งแต่ผู้ทดสอบเริ่มพิมพ์ตามหน้าหนังสือต้นฉบับ และหยุดเวลาเมื่อพิมพ์เสร็จทั้งหน้า โดยหน่วยของเวลาที่ใช้วัดคือ นาที มีงานวิจัยใช้การสุ่มหน้าหนังสือจากหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยแบ่งหมวดหนังสือออกเป็นหมวดๆเพื่อที่จะพยายามควบคุมระดับความยากของงาน ด้วยเหตุผลคือหนังสือที่จัดอยู่ในหมวดเดียวกันมีความน่าจะเป็นที่ระดับความยากของงานจะใกล้เคียงกัน {รุ่งโรจน์, #3}

3.4.1 จัดสถานีการทดลอง

โดยให้ผู้ทดลองนั่งตามหลักการยศาสตร์ เพื่อให้การทดสอบมีประสิทธิภาพและค่าผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกบิดเบียน เพราะสภาพทำงานที่ไม่สบายตัว โดยจะต้องจัดสถานีทำงานให้ผู้ทดสอบรู้สึกผ่อนคลาย และอยู่ในท่าทางที่เหมาะสมกับการทำงาน ดังต่อไปนี้

1. โต๊ะทำงาน มีความสูงวัดจากพื้นเป็นระยะ 80 เซนติเมตร ตามมาตรฐานสากล {Saarni, 2007 #20}
2. เก้าอี้ สามารถปรับระดับความได้เพื่อจัดท่าทางการนั่งได้พอดีกับความสูงของแต่ละคน โดยเท้าของผู้ทดสอบต้องสามารถวางราบไปกับพื้นได้โดยที่หัวเข่าทำมุมประมาณ 90 องศาหรือท่อนขาส่วนบนตั้งฉากกับขาส่วนล่าง หากเก้าอี้เตี้ยเกินไปสามารถนำเบาะเสริมมารองนั่งได้
3. หน้าจอคอมพิวเตอร์ จัดวางให้พอดีกับระดับสายตา และหน้าจอหันตรงกับผู้ทดสอบ ไม่ก้ม ไม่เงย ไม่เอียง และไม่เบี้ยวไปทางใดทางหนึ่ง และจัดวางแป้นพิมพ์ที่ออกแบบมานี้ให้อยู่เรียงกันกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน และต้องอยู่ในระนาบเดียวกัน ระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบและหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยมุมการมองเห็นของผู้ทดสอบไปจนถึงตัวอักษรจะต้องอยู่ระหว่าง 5-10 องศา (งานวิจัยนี้ใช้ 10 องศา) และขนาดตัวอักษรที่ปรากฏขึ้นจะมีขนาดความกว้าง 8 ซม. ตาของผู้ทดสอบจะต้องอยู่ห่างจากหน้าจอเป็นระยะ 60 ซม.โดยประมาณ
4. ความเข้มของแสงส่องสว่างไม่ต่ำกว่า 600 ลักซ์ เป็นไปตามกฎกระทรวงแรงงานว่าด้วยการทำงานหน้าคอมพิวเตอร์ในสำนักงาน



รูปที่ 3.14 ระยะห่างระหว่างตาของผู้ทดสอบถึงหน้าจอ

รูปที่ 3.15 ความสูงมาตรฐานโต๊ะสถานีทดสอบและท่าทางการนั่งทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

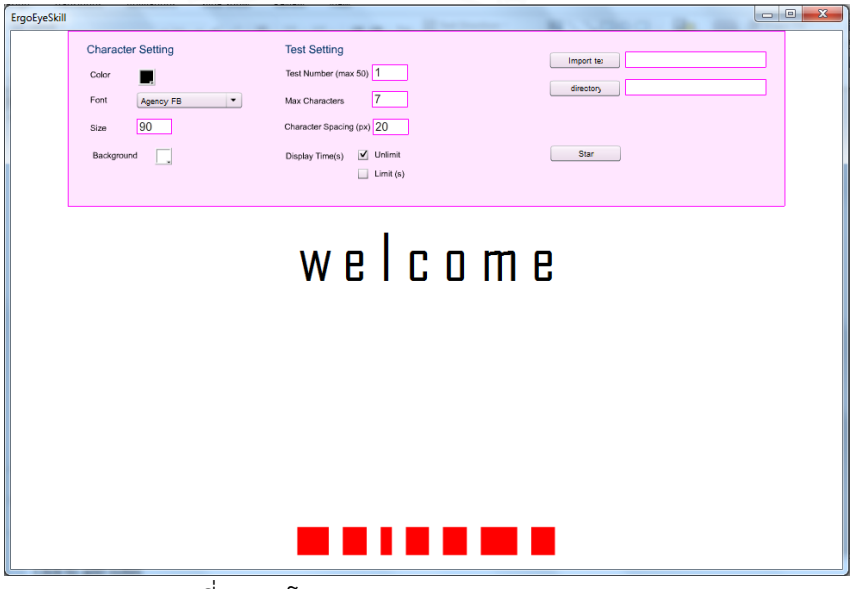
3.4.2 การฝึกฝนก่อนเริ่มการทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบฝึกใช้แป้นพิมพ์ของงานวิจัยและแป้นพิมพ์มาตรฐานกับโปรแกรมและเกมที่จะใช้ทดสอบ เพื่อให้ผู้ทดสอบเกิดความคุ้นเคยก่อนการเริ่มทดสอบทุกๆครั้ง
2. ผู้วิจัยเริ่มต้นโปรแกรมทดสอบ ผู้ทดลองจะเห็นตัวอักษรปรากฏขึ้นบนหน้าจอ ในระยะเวลาต่างๆ และตัวอักษรจะปรากฏขึ้นมาอย่างสุ่ม เมื่อตัวอักษรใดๆปรากฏขึ้น โปรแกรมจะเริ่มนับเวลา และจะหยุดเวลาเมื่อผู้ทดลองกดปุ่มอักขระของอักษรนั้นถูกต้อง หากกดปุ่มอักขระไม่ถูกต้องเวลาจะยังคงเดินต่อไป การทดลองนี้จะให้ผู้ทดลองทำการกดปุ่มตามตัวอักษรที่ปรากฏขึ้นอย่างน้อย 30 ตัวอักษรต่อ 1 การทดลอง เพื่อให้ผู้ทดลองเกิดการเรียนรู้การใช้งานแป้นพิมพ์กับการตอบสนองต่ออักขระที่ปรากฏขึ้นบนหน้าจอ
3. ทดสอบ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จะทดสอบด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน และครั้งที่ 2 จะทดสอบด้วยแป้นพิมพ์ที่ออกแบบสำหรับเล่นเกมคอมพิวเตอร์ของงานวิจัยนี้

รูปแบบที่ 1 ทดสอบ Reaction times ด้วยโปรแกรม ErgoEyeSkill

ทดสอบรูปแบบที่ 1 นี้เพื่อดูการตอบสนองของการกดปุ่มแต่ละปุ่ม เปรียบเทียบความเร็วในการกดอักขระใดๆระหว่างการใช้งานบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน และบนแป้นพิมพ์งานวิจัย ทดสอบหาความแตกต่างที่อาจมีนัยสำคัญ

1. เริ่มทดสอบโดยจับเวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการตอบสนองโดยโปรแกรมจะแสดงตัวอักษรให้ปรากฏขึ้นมาบนจอแสดงภาพ แล้วให้ผู้ทดสอบกดปุ่มอักขระนั้นบนแป้นพิมพ์ และทำการทดสอบโดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน 3 ครั้ง และใช้แป้นพิมพ์ที่ออกแบบโดยงานวิจัยนี้อีก 3 ครั้ง ในแต่ละครั้งจะแสดงตัวอักขระทั้งหมด 50 รอบ รอบละ 1 ตัวอักขระ และมีเวลาให้ผู้ทดสอบพัก 10 นาทีเพื่อลดความเหนื่อยล้าของสายตาและมือ
2. ผู้วิจัยจะชี้แจงรายการที่จะทดสอบแก่ผู้ทดสอบ โดยจะกำหนดตัวอักขระที่จะใช้ทดสอบทั้งหมด 19 ตัวอักขระ (รายการตัวอักชระทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ในบทที่ 4)
3. ระดับความยากจะแบ่งระดับจากเวลาเฉลี่ยในการพิมพ์และใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับ เมื่อนำเทคนิค Cluster Analysis มาช่วยแบ่งกลุ่มเวลาตอบสนองเฉลี่ยของการกดปุ่มอักขระแต่ละปุ่มจะได้กลุ่มของข้อมูล ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้กลุ่มดังกล่าวมาเป็นกลุ่มระดับความยากโดยเรียงจากง่ายไปยาก
4. โปรแกรมจะเก็บผลการทดสอบในรูปแบบของ Text file ที่สามารถนำไปถ่ายลงในโปรแกรม Microsoft Excel ได้ โดยผลการทดสอบจะเป็นหน่วยมิลลิวินาที แสดงถึงระยะเวลาตั้งแต่ที่ตัวอักษรปรากฏขึ้นบนหน้าจอจนกระทั่งผู้ทดสอบกดอักษรปุ่มดังกล่าว เวลาจึงหยุดเดิน และถูกบันทึกต่อไป



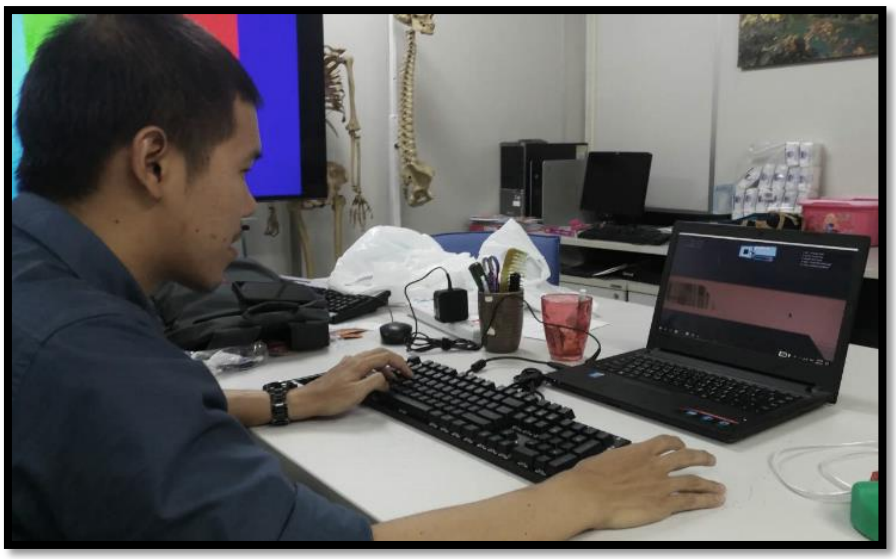
รูปที่ 3.16 โปรแกรม ERGOEYESKILL.exe

รูปแบบที่ 2 ทดสอบด้วยเกม Speedrunners

การทดสอบในรูปแบบที่ 2 นี้จะทดสอบการประสานงานการใช้งานของแป้นพิมพ์ทั้งแป้นพิมพ์มาตรฐาน และแป้นพิมพ์งานวิจัย แล้วจับเวลาเป็นรอบการเล่น ทดสอบหาความแตกต่างที่อาจมีนัยสำคัญของเวลาในแต่ละรอบการเล่น เนื่องจากเกมนี้มีความซับซ้อนต่ำ คือมีเพียงการบังคับทิศทางการวิ่งของตัวละคร จุดประสงค์ของเกมมีเพียงให้ผู้เล่นวิ่งไปให้ถึงเส้นชัยในเวลาที่สั้นที่สุด

1. เนื่องจากเกมนี้มีการบังคับควบคุมโดยใช้มือซ้ายเพียงข้างเดียวก็เพียงพอ
2. วิธีการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบเล่นเกมนี้ 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ให้ใช้แป้นพิมพ์แบบมาตรฐาน และครั้งที่ 2 ให้ใช้แป้นพิมพ์ที่ออกแบบโดยงานวิจัยนี้
3. ให้ผู้ทดสอบได้ทดลองเล่นเกมเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ผู้ทดสอบได้เรียนรู้และเพื่อให้ Learning curve เข้าสู่ Steady stage
4. เริ่มทดสอบโดยจับเวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการเล่นผ่านด่านที่ 1 และทำการทดสอบโดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน 30 ครั้ง และใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยนี้อีก 30 ครั้ง โดยแต่ละการทดสอบ จะมีเวลาให้ผู้ทดสอบพัก 10 นาทีเพื่อลดความเหนื่อยล้าของสายตาและมือ
5. เมื่อทดสอบในด่านที่ 1 เสร็จสิ้น จะเพิ่มระดับความยากในการทดสอบโดยกำหนดให้ผู้ทดสอบเล่นในด่านที่ 2 ทำการทดสอบโดยใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน 3 ครั้ง และใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยนี้อีก 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีเวลาให้ผู้ทดสอบพัก 10 นาทีเพื่อลดความเหนื่อยล้าของสายตาและมือ
6. บันทึกเวลาที่ใช้ในการเล่นลงในตารางบันทึกผลการเล่น
7. เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากประสบการณ์ของผู้ทดสอบ ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้ทดสอบจะต้องทดสอบแป้นพิมพ์ทั้ง 2 สลับกันในแต่ละการทดสอบ และจะต้องสลับด่านที่ใช้ในการทดสอบ เช่น การทดสอบที่ 1 ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน กับด่านที่ 1 การทดสอบครั้งถัดไปจะใช้แป้นพิมพ์งานวิจัย และเปลี่ยนด่านไปเป็นด่านอื่น เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.17 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม SPEEDRUNNERS ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน

รูปที่ 3.18 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม SPEEDRUNNERS ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปแบบที่ 3 Survey

การทดสอบในรูปแบบที่ 3 นี้จะทดสอบเพื่อยืนยันการใช้งานจากผู้เชี่ยวชาญ โดยการทดสอบจะไม่สามารถวัดค่าออกมาในเชิงปริมาณได้ แต่จะใช้ประสบการณ์ของผู้ทดสอบในการประเมินและให้คะแนนในหมวดต่างๆ ซึ่งในแต่ละหมวดจะสื่อความหมายถึงศักยภาพด้านต่างๆของแป้นพิมพ์งานวิจัย

1. การทดลองด้วยเกม Counter Strike หรือ OVERWATCH เนื่องจากเกมนี้มีการบังคับควบคุมที่ซับซ้อนและมีลูกเล่นมากมายให้ผู้เล่นได้แสดงความสามารถ และยังเป็นที่นิยมของนักเล่นเกมในปัจจุบัน
2. ก่อนเริ่มการทดสอบ จะให้ผู้ทดสอบฝึกใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัยโดยการเล่นเกม Speedrunners เป็นระยะเวลาประมาณ 15 นาทีขึ้นอยู่กับจำนวนรอบการเล่นที่ผู้วิจัยกำหนด เพื่อให้ผู้ทดสอบเกิดการเรียนรู้การใช้งานแป้นพิมพ์ใหม่ ซึ่งจำนวนรอบการฝึกจะกล่าวในบทที่ 4 เรื่อง การประเมินความคุ้นเคยในการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้งสองกับการใช้เล่นเกม
3. วิธีการทดสอบ ให้ผู้ทดสอบเล่นเกมนี้เป็นเวลา 45 – 60 นาที โดยให้ใช้แป้นพิมพ์ที่ออกแบบโดยงานวิจัยนี้เท่านั้น
4. การทดสอบนี้จะไม่จับเวลาใดๆ แต่จะบันทึกผลด้วยการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม เพื่อประเมินการใช้งานแป้นพิมพ์ที่ออกแบบโดยงานวิจัยนี้
5. ตัวอย่างแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ง
6. ผู้ทดสอบจะถูกคัดเลือกโดยจะต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ จะต้องมีประสบการณ์การเล่นเกมสูงในระดับที่เคยเข้าร่วมแข่งขันกีฬา Esport รายการระดับองกาณ์หรือระดับมหาวิทยาลัยขึ้นไป

คุณสมบัติของอาสาสมัครในการทดสอบรูปแบบที่ 3

1. เพศชาย อายุระหว่าง 15 – 40 ปี
2. ขนาดมือวัดจากเส้นข้อมือจนถึงปลายนิ้วกลางอยู่ที่ระหว่าง 17.5 -20 ซม.
3. ต้องไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆตั้งแต่ข้อศอกไปจนถึงปลายมือ
4. มีประสบการณ์ในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์สูง เช่น เคยเข้าร่วมการแข่งขันในรายการ Esport ระดับองค์กรหรือระดับมหาวิทยาลัยขึ้นไปอย่างน้อย 1 รายการ

รูปที่ 3.19 ดำเนินการทดสอบด้วยเกม OVERWATCH ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย

ตารางที่ 3.1 รายการในแบบสอบถามที่ใช้ในการประเมิน

กิจกรรม	ดีมาก [5]	ดี [4]	ปานกลาง [3]	แย่ [2]	แย่ที่สุด [1]
การควบคุม: การเคลื่อนที่ทั่วไป					
การควบคุม: การเปลี่ยนอาวุธ					
การควบคุม: การวิ่งหลบหลีก					
การควบคุม: การกระโดดหลบหลีก					
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษ					
การควบคุม: การหมอบคลาน					
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษต่อเนื่อง					
การใช้งาน: ความสบายในการวางมือ					
การใช้งาน: ความแม่นยำการกดปุ่ม					
การใช้งาน: ความเร็วในการกดปุ่ม					
การใช้งาน: การสนองของแป้นพิมพ์					

จากตารางที่ 3.1 ใช้ในแนะแนวการประเมินแก่ผู้ทดสอบและผู้วิจัยถึงการใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัย และเพิ่มเติมด้วยประเด็นย่อย เช่น รูปลักษณ์ทางกายภาพที่ที่เปลี่ยนแปลงไป มีอิทธิพลต่อการใช้งานมากหรือน้อยเพียงใด เมื่อประสบการณ์ของอาสาสมัครที่เป็นผู้เชี่ยวชาญมาทดสอบใช้งานแป้นพิมพ์ ที่เคยใช้งานแป้นพิมพ์ในการเล่นเกมมาอย่างหลากหลาย จะสามารถบ่งชี้ถึงจุดเด่นและจุดด้อยของการออกแบบงานแป้นพิมพ์ได้ ความหมายของแต่ละกิจกรรมที่จะประเมินโดยผู้ทดสอบแสดงใน ตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.2 ความหมายของแต่ละกิจกรรมที่ประเมิน

กิจกรรม	ความหมาย
การควบคุม: การเคลื่อนที่ทั่วไป	ความเหมาะสมของการวางตำแหน่งแป้นเหย้า
การควบคุม: การเปลี่ยนอาวุธ	การเอื้อมนิ้วถึงปุ่มที่อยู่ไกล
การควบคุม: การวิ่งหลบหลีก	การประสานการใช้งานด้วยนิ้วทั้ง 4
การควบคุม: การกระโดดหลบหลีก	การใช้งานด้วยนิ้วทั้ง 4 ร่วมกับนิ้วหัวแม่มือ
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษ	ปุ่มที่ใช้บ่อยมีเพียงพอกับการใช้งาน
การควบคุม: การหมอบคลาน	ตำแหน่งปุ่มสำหรับนิ้วก้อย
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษต่อเนื่อง	การวางรูปแบบปุ่มแบบตาราง
การใช้งาน: ความสบายในการวางมือ	การยศาสตร์
การใช้งาน: ความแม่นยำการกดปุ่ม	ความเหมาะสมของตำแหน่งปุ่มต่างๆ
การใช้งาน: ความเร็วในการกดปุ่ม	การวางรูปแบบปุ่มแบบตาราง
การใช้งาน: การสนองของแป้นพิมพ์	ความเร็วการตอบสนองของแป้นพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการวิจัย

4.1 ผลจากการสร้างแป้นพิมพ์ต้นแบบ

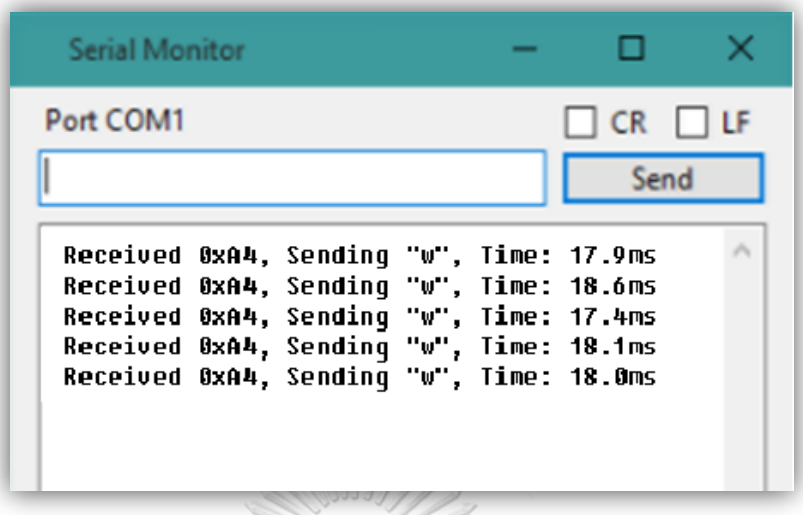
หลังจากออกแบบและพิมพ์ส่วนประกอบต่างๆรวมทั้งแผงวงจรไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว แป้นพิมพ์งานวิจัยได้เสร็จสมบูรณ์ในด้านกายภาพ แต่ก่อนจะนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป ยังคงต้องมีการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นและการทดสอบการตอบสนองพื้นฐานของการส่งคำสั่งก่อน การทดสอบพื้นฐานนี้เพื่อยืนยันการใช้งานของแป้นพิมพ์ต้นแบบที่ประดิษฐ์ออกมาใช้งานได้จริง จะทดสอบ 2 รูปแบบคือ ความเร็วในการตอบสนองระหว่างแป้นพิมพ์กับคอมพิวเตอร์ และการส่งคำสั่งที่ถูกต้องไปยังคอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.1 แป้นพิมพ์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบในภาพมุมสูงและมุมด้านหน้า

1. ความเร็วในการส่งสัญญาณคำสั่ง

แป้นพิมพ์มาตรฐาน แบบ Rubber dome จะมีความเร็วตอบสนองหลังจากที่กดปุ่มใดๆอยู่ที่ 15-20 ms [17] และปุ่มแบบ Cherry switch ที่ใช้ในงานวิจัยมีความเร็วตอบสนองที่ < 20 ms ตรวจสอบจากโปรแกรม Arduino.exe มีความเร็วที่ต่างกันน้อยมากจนไม่มีผลกระทบต่อการทดลองเปรียบเทียบการใช้งานดังกล่าว



รูปที่ 4.2 การทดสอบความเร็วของการส่งสัญญาณคำสั่ง

2. การส่งคำสั่งสัญญาณ

คือการแสดงผลของคอมพิวเตอร์จะต้องตรงกับคำสั่งที่ผู้ทดสอบกดลงไป เช่น ผู้ทดสอบกดปุ่ม “W” เป็นจำนวน 10 ครั้ง คอมพิวเตอร์ควรจะต้องรับสัญญาณทั้ง 10 ครั้ง และแสดงผลบนหน้าจอครบทั้งหมด ซึ่งผลการทดสอบไม่ปรากฏความผิดปกติ หรือความผิดพลาดใดๆจากการส่งคำสั่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์เลย

ตารางที่ 4.1 รายการการทดสอบการส่งสัญญาณคำสั่ง

การทดสอบ	จำนวนครั้ง	ภายในเวลา (วินาที)	ผลการทดสอบ
กดปุ่มใดๆ	10	-	ปกติ
กดปุ่มใดๆค้าง	1	2	ปกติ
กดปุ่มใดๆสลับกัน	10	-	ปกติ
กดปุ่มใดๆรัว	10	2	ปกติ
กดปุ่มใดๆสลับกันและรัว	10	2	ปกติ
กดปุ่ม Shift ค้างแล้วกดปุ่มใดๆ	1	-	ปกติ

ผลการทดสอบแป้นพิมพ์งานวิจัยเปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน

จากการทดลองของผู้ทดสอบ 10 คนที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ในบทที่แล้ว จึงนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ความเหมือนหรือแตกต่างกันของเวลาที่ใช้ในการเล่นเกม และเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ตัวอักษรของแต่ละปุ่มอักขระ เนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของแป้นพิมพ์อุปกรณ์การป้อนคำสั่งที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีผลต่อการเวลาในการเล่นอย่างไร เมื่อระดับความยากของงานเปลี่ยนแปลงไป จะสามารถนำเวลาที่ใช้ในแต่ละระดับความยากมาแสดงเป็นกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้และระดับความยากของงาน แล้วจึงคำนวณเพื่อหาสมการเชิงเส้นของความสัมพันธ์ดังกล่าว เปรียบเทียบค่าสมรรถนะโดยอ้างอิงจากค่าความชันของสมการเชิงเส้นระหว่างความชันของกราฟของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และความชันของกราฟของแป้นพิมพ์งานวิจัย

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลของผู้ทดสอบ

ผู้ทดสอบ	เพศ	อายุ (ปี)	ความยาวมือซ้าย (.ซม)	อาการบาดเจ็บใดๆตั้งแต่ข้อศอกถึงปลายมือ
S-01	ชาย	31	18.5	ไม่มี
S-02	ชาย	33	17.8	ไม่มี
S-03	ชาย	24	18	ไม่มี
S-04	ชาย	23	17.5	ไม่มี
S-05	ชาย	23	17.9	ไม่มี
S-06	ชาย	33	20	ไม่มี
S-07	ชาย	31	19.5	ไม่มี
S-08	ชาย	32	19	ไม่มี
S-09	ชาย	31	20	ไม่มี
S-10	ชาย	31	19	ไม่มี
S-11	ชาย	28	18.5	ไม่มี
S-12	ชาย	27	18	ไม่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

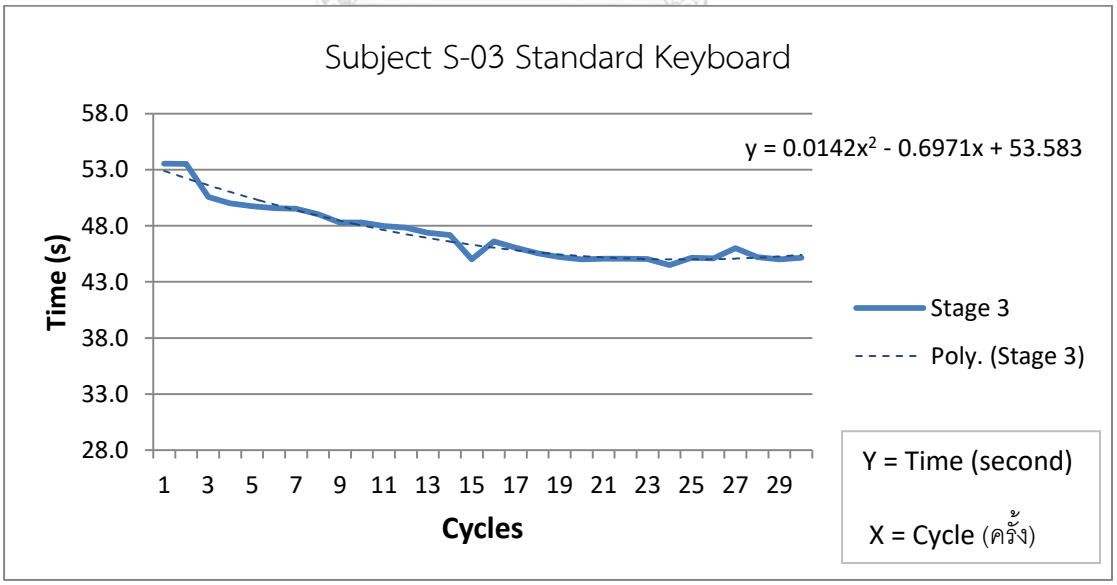
4.2 การประเมินความคุ้นเคยในการใช้งานแป้นพิมพ์ทั้งสองกับการใช้เล่นเกม

การประเมินความคุ้นเคยนั้น จะให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบใช้งานแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิดโดยการเล่นเกม Speedrunners ในด่านชื่อ Practice Stage โดยด่านดังกล่าวจะมีความยากในระดับต่ำที่สุด เนื่องผู้พัฒนาเกมต้องการใช้ด่านดังกล่าวในการฝึกสอนผู้เล่นเกมให้เข้ารูปแบบการเล่นของเกม เรียนรู้วัตถุประสงค์ของเกม และเกิดความคุ้นเคยในการป้อนคำสั่งเพื่อบังคับและควบคุมตัวละครภายในเกม โดยจะให้ผู้ทดสอบเล่นด่านดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง และจับเวลาในการเล่นในแต่ละ

รอบ หลังจากผู้ทดสอบ ทดสอบตั้งแต่ 10 รอบด่านเป็นต้นไป พิจารณาหาจุดร่วมที่ค่าเริ่มคงที่ แล้วจึงนำค่าเริ่มคงที่ทั้งหมดมีหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของเวลาที่สภาวะคงที่ กราฟที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของผู้ทดสอบคนที่ 1 กับการพิจารณาข้อมูล โดยนำข้อมูลการทดสอบมาแสดงบนกราฟ แล้วคำนวณหาสมการของ trend line แบบโพลีโนเมียล (Polynomial 2nd order) จุดที่ค่าความชันของกราฟเริ่มมีค่าเข้า 0 หรือเส้นกราฟเริ่มจะเป็นเส้นตรง คือจุดที่ผู้ทดสอบเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ของการใช้งานแป้นพิมพ์

จากสมการ trend line คือ $y = 0.0142x^2 - 0.6971x + 53.583$ เมื่อแทนค่า จำนวนรอบการทดสอบ X ตั้งแต่ X = 1 ไปจนถึง X = 30 เพื่อพิจารณาอัตราการลดลงของเวลาค่า Y ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งผู้วิจัยจะกำหนดให้ค่าคงที่ของการทดสอบของผู้ทดสอบนั้น จะเริ่มคงที่เมื่อค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง มีค่ามากกว่า -0.1 จะถือว่าเพียงพอ เนื่องจากความชันจะเข้าใกล้ศูนย์ไปเรื่อยๆจนเป็นศูนย์ในครั้งที่อนันต์

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลง} = \frac{(y_{t+1} - y_t)}{(x_{t+1} - x_t)}$$



กราฟที่ 4.1 จำนวนรอบในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของผู้ทดสอบ S-03 ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน

ตารางที่ 4.3 ค่า Y ในสมการ Regression เมื่อ X มีค่าต่างๆ

ด่านที่ 3					
สมการ Regression	x	y	$Y_{t-1} - Y_t$	$X_{t-1} - X_t$	**อัตราการเปลี่ยนแปลง**
$y = 0.0142x^2 - 0.6971x + 53.583$	1	52.90			
	2	52.25	0.65	-1	-0.65
	3	51.62	0.63	-1	-0.63
	4	51.02	0.60	-1	-0.60
	5	50.45	0.57	-1	-0.57
	6	49.91	0.54	-1	-0.54
	7	49.40	0.51	-1	-0.51
	8	48.92	0.48	-1	-0.48
	9	48.46	0.46	-1	-0.46
	10	48.03	0.43	-1	-0.43
	11	47.63	0.40	-1	-0.40
	12	47.26	0.37	-1	-0.37
	13	46.92	0.34	-1	-0.34
	14	46.61	0.31	-1	-0.31
	15	46.32	0.29	-1	-0.29
	16	46.06	0.26	-1	-0.26
	17	45.84	0.23	-1	-0.23
	18	45.64	0.20	-1	-0.20
	19	45.46	0.17	-1	-0.17
	20	45.32	0.14	-1	-0.14
	21	45.21	0.11	-1	-0.11
	22	45.12	0.09	-1	-0.09
	23	45.06	0.06	-1	-0.06
	24	45.03	0.03	-1	-0.03
	25	**45.03**	**<0.01**	**-1**	**< -0.01**
	26	45.03	<0.01	-1	< -0.01
	27	45.03	<0.01	-1	< -0.01
	28	45.03	<0.01	-1	< -0.01
	29	45.03	<0.01	-1	< -0.01
	30	45.03	<0.01	-1	< -0.01

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าความความชันของกราฟมีค่ามากกว่า -0.01 ณ ครั้งที่ 25 มีความชันมากกว่า -0.01 แสดงว่าค่าความชันระหว่างรอบที่ 24 และ 25 เริ่มคงที่แล้ว ดังนั้นจะพิจารณาค่าคงที่ของการทดสอบ จะถือว่าที่จำนวนรอบที่ 25 รอบดังกล่าวได้เข้าสู่สภาวะคงที่แล้ว ตารางที่ 4.4 จะแสดงจำนวนรอบที่ผู้ทดสอบเข้าสู่สภาวะคงที่

ตารางที่ 4.4 จำนวนรอบในการเล่นที่ผู้ทดสอบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงที่

ผู้ทดสอบ	แป้นพิมพ์มาตรฐาน (รอบ)	เวลาที่สภาวะคงที่ (วินาที)	แป้นพิมพ์งานวิจัย (รอบ)	เวลาที่สภาวะคงที่ (วินาที)
S-03	25	45.12	25	42.75
S-04	25	47.48	22	47.30
S-05	16	49.64	19	45.53
S-06	19	46.83	21	42.90
S-07	27	46.31	26	45.64
S-08	24	48.31	30	47.38
S-09	24	47.62	26	43.90
S-10	23	49.60	23	50.01
S-11	24	51.48	20	50.80
S-12	26	47.97	24	47.72

จากผลการทดสอบดังแสดงในตารางข้างต้น จำนวนครั้งที่ใช้น้อยที่สุด ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานคือ 16 รอบการเล่น โดยผู้ทดสอบหมายเลข S-05 และจำนวนครั้งที่ใช้น้อยที่สุด ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์งานวิจัยคือ 19 รอบการเล่น โดยผู้ทดสอบหมายเลข S-05 จำนวนครั้งที่ใช้มากที่สุด ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานคือ 27 รอบการเล่น โดยผู้ทดสอบหมายเลข S-07 และจำนวนครั้งที่ใช้มากที่สุด ในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์งานวิจัยคือ 30 รอบการเล่น โดยผู้ทดสอบหมายเลข S-08 เมื่อเปรียบเทียบจำนวนรอบในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิดด้วย Paired simple t-test โดยมีระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 โดยค่า p-value ของความแตกต่างของจำนวนรอบจะต้องอยู่ระหว่าง 0.025 ไปถึง 0.975 หากค่าความน่าจะเป็น (Probability) มีค่านอกช่วงดังกล่าว จะปฏิเสธสมมติฐาน คือจำนวนรอบในการเข้าสู่สภาวะคงที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการคำนวณ จะได้ค่า p-value = 0.28 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน กล่าวคือ จำนวนรอบในการเข้าสู่สภาวะคงที่ของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในงานวิจัยนี้ใช้จำนวนรอบการอ้างอิงคือ **ไม่ต่ำกว่า 30 รอบ** เพื่อป้องกันไม่ให้มีผู้ทดสอบคนใดที่ทดสอบโดยยังไม่เกิดความคุ้นเคยกับแป้นพิมพ์และตัวเกมที่ใช้ทดสอบ

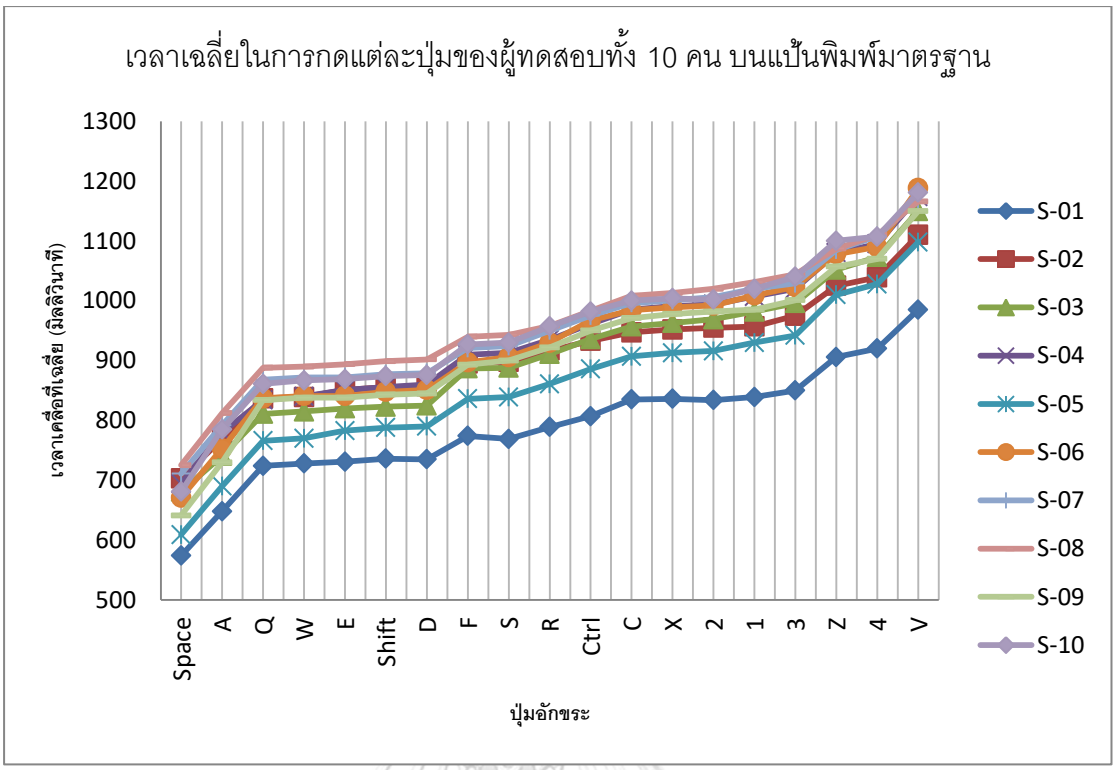
4.3 การเปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานของแป้นพิมพ์ทั้งสอง

การประเมินสมรรถนะของแป้นจะแบ่งออกเป็น 3 การทดสอบดังที่กล่าวไว้ข้างต้น คือการทดสอบการด้วยโปรแกรม Ergoeyeskill.exe การทดสอบด้วยเกม Speedrunners และทดสอบด้วยเกม Overwatch แล้วตอบแบบสอบถาม เนื่องจากโปรแกรม Ergoeyeskill.exe สามารถบันทึกเวลาการตอบสนองได้ โดยเวลาในการตอบสนองนั้นจะเป็นการตอบสนองโดยตรงจากคำสั่งที่โปรแกรมสั่งให้ผู้ทดสอบทำ สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้มีความอิสระต่ำ จะแตกต่างจากการเล่นเกม เพราะการเล่นเกมหนึ่งๆนั้น มีสภาวะปัจจัยที่ควบคุมได้ยาก เช่น ความสามารถของผู้เล่น รวมถึงเทคนิคการเล่นและรูปแบบการเล่นเฉพาะตัวของแต่ละคน และแต่ละเกมจะมีคำสั่งหรือเป้าหมายที่หลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น กำหนดให้ผู้ทดสอบผ่านด่านที่หนึ่งของเกมใดๆ หรือกำหนดให้ผู้ทดสอบทำคะแนนให้ได้สูงที่สุดในรอบการเล่นเกมนั้นๆ เช่นเดียวกันกับการทดสอบเชิงอิสระด้วยเกม Overwatch ซึ่งมีเป้าหมายหรือคำสั่งของการทดสอบคือ กำหนดให้ผู้เล่นต้องชนะฝ่ายตรงข้าม โดยการเอาชนะฝ่ายตรงข้ามนั้นมีหลากหลายรูปแบบอย่างอิสระ และเกม Speedrunners นี้เองที่เป็นเกมที่มีรูปแบบการเล่นไม่ซับซ้อน และเป้าหมายหรือคำสั่งของเกม คือ กำหนดให้ผู้ทดสอบเข้าเส้นชัย ไม่มีการแข่งขันกับผู้เล่นคนอื่น ไม่มีลูกเล่นที่ทำให้รูปแบบการเล่นซับซ้อน และจับเวลาในการเล่นแต่ละรอบนับตั้งแต่ผู้ทดสอบเริ่มออกจากจุดเริ่มต้น และเวลาหยุดลงเมื่อผู้ทดสอบเข้าถึงเส้นชัย จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการประเมินสมรรถนะและเปรียบเทียบระหว่างผลของการใช้งานแป้นพิมพ์มาตรฐานในการเล่นเกมกับผลของการใช้แป้นพิมมพ์งานวิจัยในการเล่นเกม เนื่องจากแป้นพิมพ์งานวิจัยออกแบบมาเพื่อใช้ในการเล่นเกมโดยเฉพาะ จึงต้องประเมินด้วยการเล่นเกม

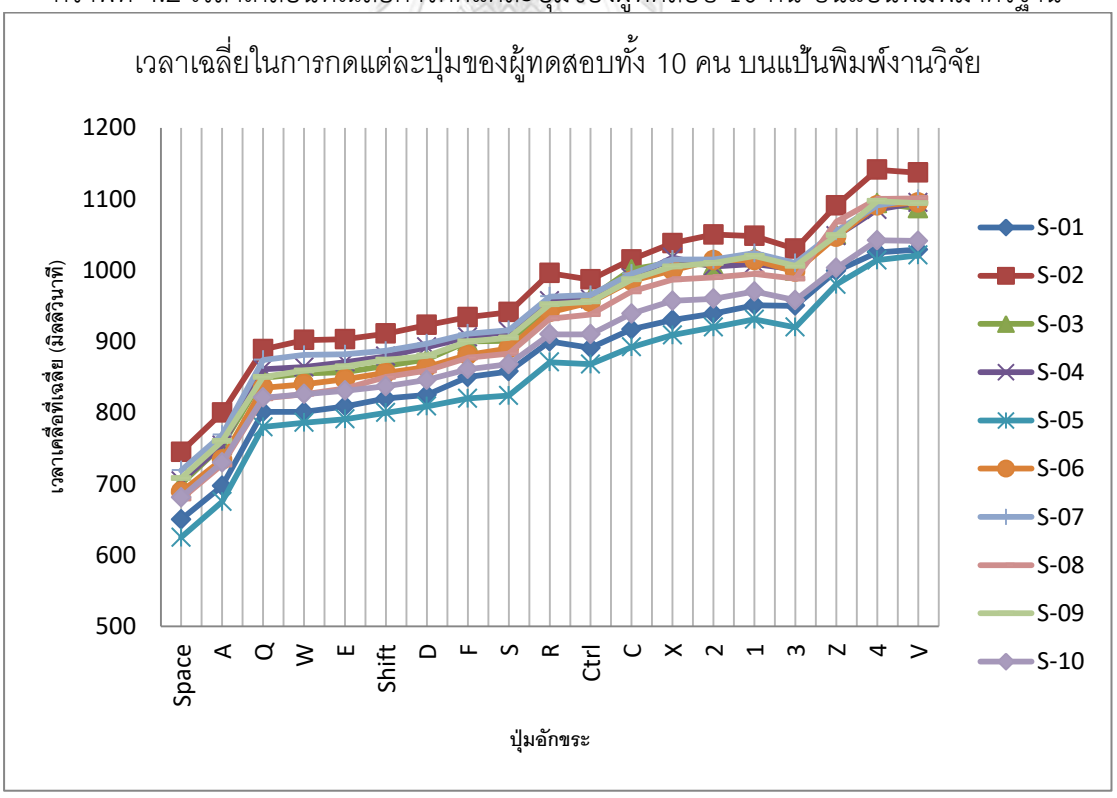
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4 การทดสอบด้วยโปรแกรม Ergoeyeskill.exe

จากการทดสอบโดยผู้ทดสอบทั้ง 10 คน คือ S-01 ถึง S-10 ได้ผลการทดสอบเป็นเวลาในการกดปุ่มอัขระที่โปรแกรมกำหนดขึ้นมา มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที โดยแต่ละอักขระจะถูกแสดงผลออกมาอย่างสุ่มโดยรวมแล้ว 9 ครั้ง หรือคือผู้ทดสอบจะต้องกดปุ่มอักขระแต่ละปุ่มถึง 9 ครั้ง มีทั้งหมด 19 ปุ่มที่ใช้ในการทดสอบ (ปุ่มที่ไม่ได้ถูกใช้ทดสอบคือ Caps Lock, Window, Alt และ Esc เนื่องจากปุ่มต่างๆเหล่านี้ไม่ได้ถูกใช้งานในเกมที่งานวิจัยนี้ใช้ในการทดสอบ)



กราฟที่ 4.2 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบ 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน



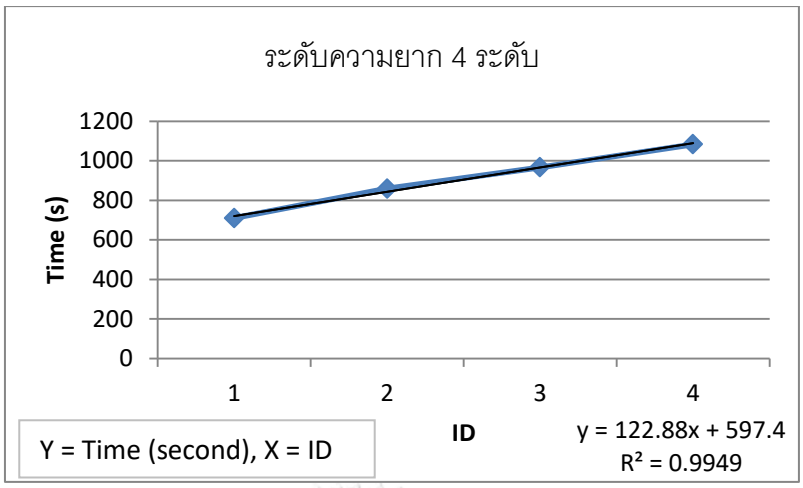
กราฟที่ 4.3 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบ 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย

โดยจะแบ่งระดับความยากของงานด้วยตำแหน่งของปุ่มต่างๆ บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน โดยประเมินจากระยะเวลาเคลื่อนที่ในการกดปุ่มนั้นๆ โดยผู้ทดสอบทั้ง 10 คนด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน แล้วนำค่าระยะเวลาที่ได้มาแบ่งกลุ่มด้วย Cluster Analysis จึงได้ระดับความยากออกมา 4 ระดับดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แบ่งกลุ่มระดับความยากของปุ่มอักขระด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน

ปุ่มอักขระ	เวลาตอบสนองเฉลี่ย (มิลลิวินาที)	กลุ่ม (Case)	ระดับความยาก (ID)	เวลาเฉลี่ยของแต่ละระดับ
Space bar	669	Case1	ID1	709.7
A	750	Case1		
Q	826	Case2	ID2	858.7
W	830	Case2		
E	835	Case2		
Shift	840	Case2		
D	842	Case2		
F	888	Case2		
S	891	Case2		
R	913	Case2		
Ctrl	938	Case3	ID3	966.7
C	959	Case3		
X	964	Case3		
2	967	Case3		
1	978	Case3		
3	992	Case3		
Z	1048	Case4	ID4	1083.3
4	1064	Case4		
V	1137	Case4		

จากการแบ่งกลุ่มระดับความยากของแต่ละปุ่มอักขระมีค่า R^2 สูงถึง 0.99 แสดงว่าค่าระดับความยากมีความใกล้เคียงกับสมการเชิงเส้นดังกล่าวมาก แสดงในกราฟที่ 4.4



กราฟที่ 4.4 ความสัมพันธ์กลุ่มระดับความยากกับเวลาเคลื่อนที่เฉลี่ย

สมการแบบถดถอยของแป้นพิมพ์มาตรฐาน Movement time=a + b*ID และ IP=1/b

$Y = 597.4 + 122.88\ X$

$IP = 1/122.88$

$= 8.14 \times 10^{-3} = 0.00814$

$R^2 = 0.9949$

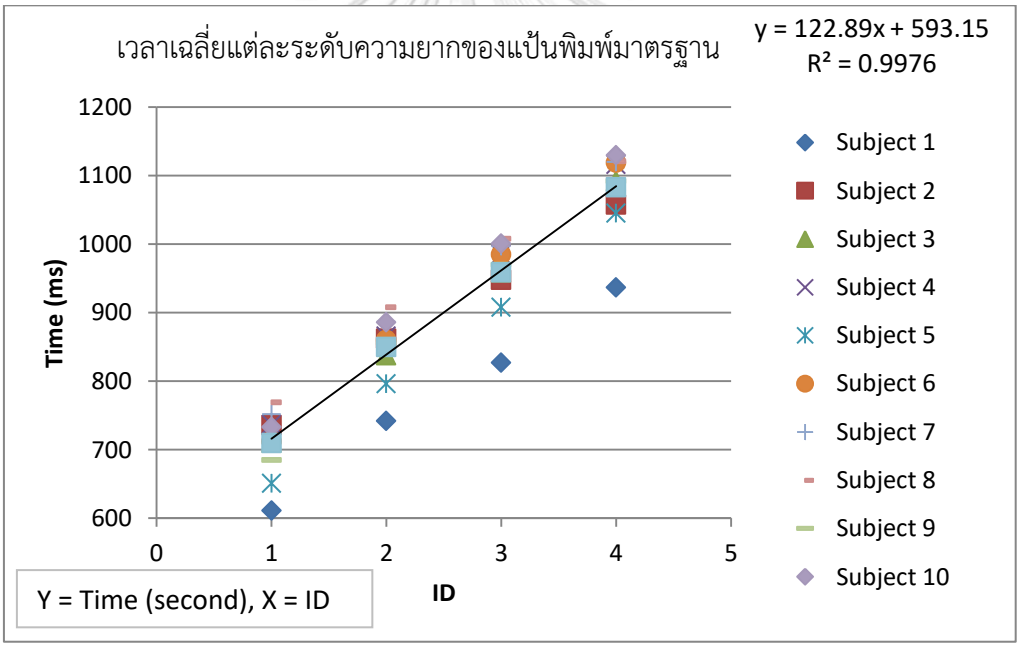
จากการทดสอบของผู้ทดสอบ 10 คนที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ดังกล่าว ทดสอบการใช้งานของแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัย แสดงในตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากเมื่อใช้แป้นพิมพ์มาตรฐาน

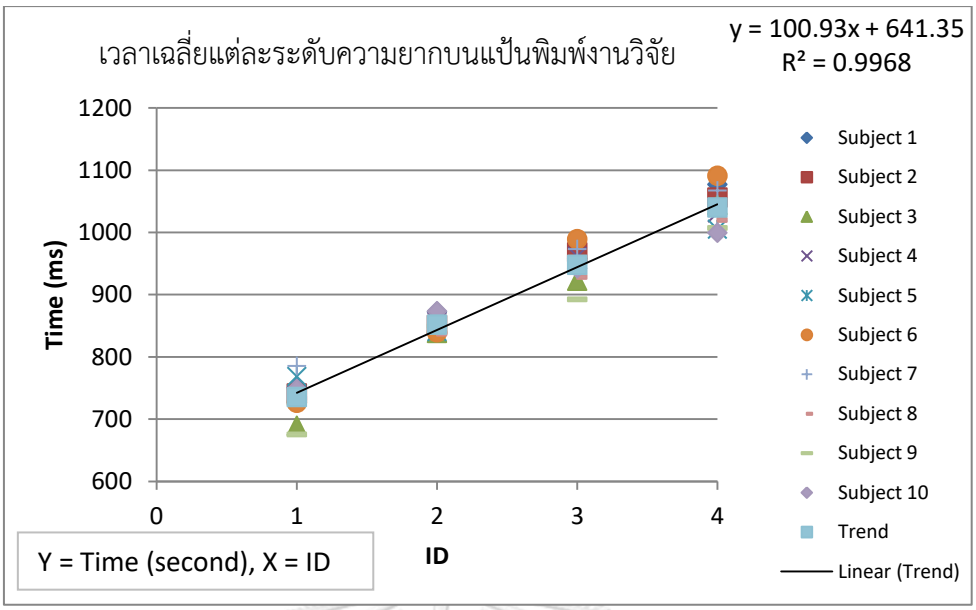
Subject	Average time (ms)				Regression	R^2	IP
	ID1	ID2	ID3	ID4			
S-01	611	742	827	937	y = 106.3x + 513.5	R^2 = 0.9936	0.0094
S-02	736	862	948	1058	y = 105.2x + 638	R^2 = 0.9952	0.0095
S-03	710	838	959	1092	y = 126.7x + 583	R^2 = 0.9997	0.0079
S-04	737	866	985	1116	y = 125.6x + 612	R^2 = 0.9997	0.0080
S-05	651	796	908	1045	y = 129.4x + 526.5	R^2 = 0.9978	0.0077
S-06	712	860	985	1119	y = 134.6x + 582.5	R^2 = 0.9989	0.0074
S-07	752	887	997	1120	y = 121.4x + 635.5	R^2 = 0.9985	0.0082
S-08	769	908	1008	1121	y = 115.6x + 662.5	R^2 = 0.9955	0.0087
S-09	685	856	970	1092	y = 133.5x + 567	R^2 = 0.991	0.0075
S-10	733	886	1001	1130	y = 130.6x + 611	R^2 = 0.9967	0.0077

ตารางที่ 4.7 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากเมื่อใช้แป้นพิมพ์งานวิจัย

Subject	Average time (ms)				Regression	R^2	IP
	ID1	ID2	ID3	ID4			
S-01	750	872	958	1077	y = 106.7x + 647.5	0.9958	0.009372
S-02	741	851	968	1056	y = 106.2x + 638.5	0.9967	0.009416
S-03	689	838	922	1044	y = 114.9x + 586	0.9893	0.008703
S-04	739	856	961	1031	y = 98.1x + 651.5	0.9881	0.010194
S-05	768	840	947	1005	y = 81.8x + 685.5	0.9881	0.012225
S-06	726	839	989	1091	y = 124.5x + 600	0.9950	0.008032
S-07	785	861	973	1067	y = 95.8x + 682	0.9951	0.010438
S-08	733	837	928	1020	y = 95.2x + 641.5	0.9990	0.010504
S-09	675	849	892	1007	y = 103.9x + 596	0.9485	0.009625
S-10	748	873	942	999	y = 82.2x + 685	0.9642	0.012165



กราฟที่ 4.5 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน



กราฟที่ 4.6 เวลาเคลื่อนที่เฉลี่ยของปุ่มอักขระแต่ละระดับความยากบนแป้นพิม์งานวิจัย

4.4.1 วิจารณ์ผลการทดสอบ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีการแบ่งระดับความยากออกเป็นเพียง 4 ระดับ และมีอาสาสมัครผู้ร่วมการทดสอบเพียง 10 คน จึงสามารถเปรียบเทียบเชิงสถิติรายบุคคลในแต่ละระดับความยากได้ โดยงานวิจัยนี้จะใช้การเปรียบเทียบเชิงสถิติด้วย Paired-Sample t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐานให้ค่าเฉลี่ยของประชากรระหว่างเวลาเฉลี่ยในระดับความยากใดๆ ของผู้ทดสอบคนหนึ่งๆมีค่าเท่ากัน โดยกำหนดให้ μ1 คือเวลาเฉลี่ยของประชากรของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และ μ2 คือเวลาเฉลี่ยของประชากรของแป้นพิมพ์งานวิจัย และจะปฏิเสธสมมติฐานหากค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.025 (2 tails)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมมติฐาน H_0: μ1 - μ2 = 0

H_1: μ1 - μ2 ≠ 0

หาก t_0 มีค่าเป็นบวกหมายความว่า เวลาเฉลี่ยในการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานมีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์งานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญ หาก t_0 มีค่าเป็นลบหมายความว่า เวลาเฉลี่ยในการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานมีค่าน้อยกว่าแป้นพิมพ์งานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญซึ่งค่า t และ P-Value แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ของแต่ละผู้ทดสอบกับระดับความยาก

Subject	ID1		ID2		ID3		ID4	
	t	P-Value	t	P-Value	t	P-Value	t	P-Value
S-01	-13.76	<0.001	-56.37	<0.001	-54.48	<0.001	-14.93	<0.001
S-02	-13.07	<0.001	30.69	<0.001	-34.98	<0.001	10.24	<0.001
S-03	4.00	0.001	15.98	<0.001	15.55	<0.001	2.03	0.053
S-04	-1.41	0.177	8.44	<0.001	2.98	0.004	6.73	<0.001
S-05	-0.15	0.883	-2.64	0.010	3.54	0.001	7.49	<0.001
S-06	-0.30	0.771	0.65	0.516	-0.82	0.418	5.23	<0.001
S-07	-1.69	0.109	2.93	0.005	0.70	0.484	8.42	<0.001
S-08	11.42	<0.001	34.00	<0.001	22.29	<0.001	6.21	<0.001
S-09	8.57	<0.001	11.59	<0.001	10.81	<0.001	1.75	0.091
S-10	-3.67	0.002	22.25	<0.001	27.03	<0.001	16.28	<0.001

เมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติในรายระดับความยากทั้ง 4 ระดับดังตารางที่ 4.8 พบว่ามีเพียง 8 ค่า (ค่าที่ถูกขีดเส้นใต้) ที่บ่งบอกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสที่จะช้ากว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และมี 23 ค่าที่บ่งบอกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสที่จะเร็วกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์มาตรฐาน (ค่าในช่องที่ถูกแรเงา) และค่าที่เหลือคือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบค่าสมรรถนะ (IP) ระหว่างการทดสอบแป้นพิมพ์งานวิจัยกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน ตารางที่ 4.9 ผลปรากฏว่าค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์งานวิจัยจากผู้ทดสอบ 9 คน มีค่าสูงกว่าค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์มาตรฐาน ที่ 0.00814 และมีเพียงหนึ่งคน (ผู้ทดสอบคนที่ 6) ที่มีค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์มาตรฐานสูงว่าแป้นพิมพ์งานวิจัย ซึ่งอยู่ที่ 0.008 เมื่อนำค่ารวมของเวลาเฉลี่ยของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิดมาเปรียบเทียบกันเพื่อพิจารณาภาพรวมของค่าสมรรถนะจะได้ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์งานวิจัยคือ 0.00991 มีค่ามากกว่าค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์มาตรฐาน 0.00814 คิดเป็น 21.74%

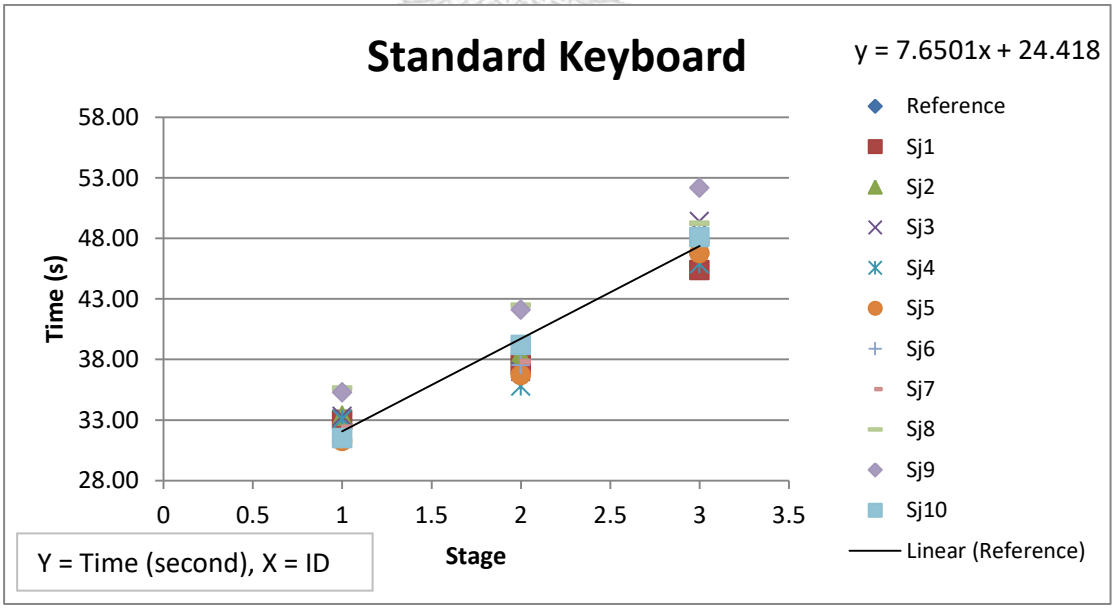
ตารางที่ 4.9 ค่าสมรรถนะของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิด

ชนิดของแป้นพิมพ์	สมการถดถอย	R^2	สมรรถนะ IP
แป้นพิมพ์มาตรฐาน	Y= 122.89x + 593.15	0.9976	0.00814
แป้นพิมพ์งานวิจัย	Y= 100.93x + 641.35	0.9968	0.00991

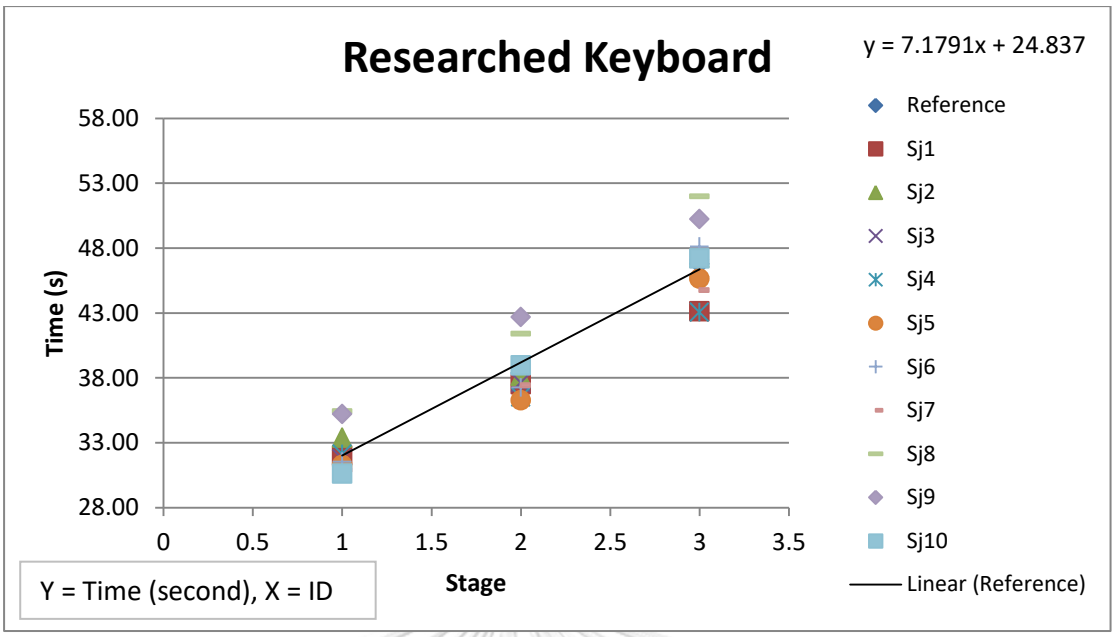
4.5 การทดสอบด้วยเกม Speedrunners

ในเกมดังกล่าว ทางผู้พัฒนาเกมได้จำแนกระดับความยากของเกมเอาไว้อยู่แล้ว โดยแบ่งระดับความยากออกเป็นด่านๆ ในการทดสอบจะทดสอบทั้งหมด 3 ด่าน โดยระดับความยากเหล่านี้ขึ้นอยู่กับระยะทางของด่านในแต่ละรอบที่ผู้เล่นจะต้องวิ่ง และทางวิ่งก็จะมีการปรับความโค้ง และความแคบ ซึ่งความยากจะแปรผันตรงกับเวลามาตรฐานที่ใช้ในการเล่นในแต่ละรอบ จึงสามารถใช้ด่านต่างๆมาช่วยในการกำหนดระดับความยากของการทดสอบ โดยการทดสอบนี้จะใช้การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเล่นในแต่ละด่าน

จากการทดสอบของผู้ทดสอบ 10 คนที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดไว้ดังกล่าว ทดสอบการใช้งานของแป้นพิมพ์งานวิจัย เปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐาน โดยให้ทดสอบเกิดความคุ้นเคยในการป้อนคำสั่งเพื่อบังคับและควบคุมตัวละครภายในเกม โดยจะให้ผู้ทดสอบเล่นด่านดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง และจับเวลาในการเล่นในแต่ละรอบ หลังจากผู้ทดสอบ ทดสอบตั้งแต่ 28 รอบด่านเป็นต้นไป พิจารณาหาจุดร่วมที่ค่าเริ่มคงที่ แล้วจึงนำค่าเริ่มคงที่ทั้งหมดมีหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของเวลาที่สภาวะคงที่ กราฟที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของผู้ทดสอบคนที่ S-03 กับการพิจารณาข้อมูล โดยนำข้อมูลการทดสอบมาแสดงบนกราฟ แล้วคำนวณหาสมการของ trend line แบบโพลีโนเมียล (Polynomial 2nd order) จุดยอดของกราฟ (ความชันมีค่าเป็นศูนย์) คือจุดที่ผู้ทดสอบเริ่มเข้าสู่ภาวะคงที่ของการใช้งานแป้นพิมพ์



กราฟที่ 4.7 ผลการทดสอบในแต่ละด่านด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน



กราฟที่ 4.8 ผลการทดสอบในแต่ละระดับความยากด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย

ตารางที่ 4.10 เวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการผ่านแต่ละด่านที่สภาวะคงที่ด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน

Subject	Steady time (s)		
	ด่านที่ 1	ด่านที่ 2	ด่านที่ 3
S-03	32.75	37.47	45.12
S-04	33.18	38.37	47.48
S-05	32.46	37.21	49.64
S-06	32.85	36.42	46.83
S-07	31.12	36.65	46.31
S-08	31.43	37.56	48.31
S-09	31.85	37.42	47.62
S-10	34.59	41.87	49.6
S-11	34.98	42.37	51.48
S-12	31.65	39.47	47.97
AVG	32.69	38.48	48.04

ตารางที่ 4.11 เวลาที่ผู้ทดสอบใช้ในการผ่านแต่ละด่านที่สภาวะคงที่ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย

Subject	Steady time (s)		
	ด่านที่ 1	ด่านที่ 2	ด่านที่ 3
S-03	32.32	37.64	42.75
S-04	33.42	38.04	47.3
S-05	31.7	37	45.53
S-06	31.45	36.45	42.9
S-07	31.16	36.45	45.64
S-08	31.54	36.99	47.38
S-09	30.45	37.45	43.9
S-10	34.82	41.74	50.01
S-11	34.83	41.94	50.8
S-12	30.2	38.81	47.72
AVG	32.19	38.25	46.4

4.5.1 วิจารณ์ผลการทดสอบ

เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผ่านด่านแต่ละด่านของผู้ทดสอบแต่ละคน ด้วย paired simple t-test เนื่องจากการทดสอบของงานวิจัยนี้มีอาสาสมัครเพียง 10 คน และทดสอบคนละ 3 ด่านการเล่น ซึ่งมีการทดสอบทั้งหมดรวมแล้วที่ 30 ครั้งการทดสอบต่อแป้นพิมพ์หนึ่งๆ จึงสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในแต่ละด่านได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ของแต่ละผู้ทดสอบกับด่านแต่ละด่าน และกำหนดระดับความเชื่อมั่น 95% โดยตั้งสมมติฐานให้ค่าเฉลี่ยของประชากรระหว่างเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในด่านใดๆ ของผู้ทดสอบคนหนึ่งๆมีค่าเท่ากัน โดยกำหนดให้ μ1 คือเวลาเฉลี่ยของประชากรที่ใช้ในการผ่านด่านของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และ μ2 คือเวลาเฉลี่ยของประชากรที่ใช้ในการผ่านด่านของแป้นพิมพ์งานวิจัย และจะปฏิเสธสมมติฐานหากค่า P-Value มีค่าน้อยกว่า 0.025 (2 tails)

สมมติฐาน H_0: $\mu1 - \mu2 = 0$

H_1: $\mu1 - \mu2 \neq 0$

หาก t_0 มีค่าเป็นบวกหมายความว่า เวลาเฉลี่ยในการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานมีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์งานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญ หาก t_0 มีค่าเป็นลบหมายความว่า เวลาเฉลี่ยในการใช้แป้นพิมพ์

มาตรฐานมีค่าน้อยกว่าแป้นพิมพ์งานวิจัยอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่า t และ P-Value แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ของแต่ละผู้ทดสอบในแต่ละด่าน

Subject	ด่านที่ 1			ด่านที่ 2			ด่านที่ 3		
	Standard	Research	**P-value**	Standard	Research	**P-value**	Standard	Research	**P-value**
S-03	32.75	32.32	< 0.001	37.47	37.64	< 0.001	45.01	42.75	< 0.001
S-04	33.18	33.42	**0.184**	38.37	38.04	< 0.001	47.39	47.30	0.020
S-05	32.46	31.70	< 0.001	37.21	37.00	< 0.001	49.60	45.53	< 0.001
S-06	32.85	31.45	< 0.001	36.42	36.45	< 0.001	46.55	42.90	< 0.001
S-07	31.12	31.16	< 0.001	36.65	36.45	**0.313**	46.77	45.64	< 0.001
S-08	31.43	31.54	**0.691**	37.56	36.99	< 0.001	48.25	47.38	< 0.001
S-09	31.85	30.45	< 0.001	37.42	37.45	**0.078**	47.55	43.90	< 0.001
S-10	34.59	34.82	< 0.001	41.87	41.74	< 0.001	49.59	50.01	< 0.001
S-11	34.98	34.83	< 0.001	42.37	41.94	< 0.001	51.09	50.80	< 0.001
S-12	31.65	30.20	< 0.001	39.47	38.81	< 0.001	48.02	47.72	< 0.001

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่า P-Value เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเวลาคงที่ในแต่ละด่านของผู้ทดสอบแต่ละคน ซึ่งที่ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 (อธิบายความหมายของ ค่า P-value คือ หาก ค่า P-value มีค่ามากกว่า 0.975 แสดงว่าเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสใช้เวลามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรอย่างมีนัยสำคัญ หาก P-value มีค่าระหว่าง 0.025 – 0.975 แสดงว่าเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์ทั้งสองชนิด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และหาก P-value มีค่าน้อยกว่า 0.025 แสดงว่าเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสใช้เวลาน้อยกว่าแป้นพิมพ์มาตรอย่างมีนัยสำคัญ) พบว่า ไม่มีการทดสอบใดเลยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.975 คือแป้นพิมพ์งานวิจัยไม่ได้ใช้เวลามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ และมีเพียง 4 การทดสอบที่มีค่า P-value อยู่ระหว่าง 0.025 - 0.975 คือ ด่านที่ 1 ของผู้ทดสอบ S-04 กับผู้ทดสอบ S-08 ด่านที่ 2 ของผู้ทดสอบ S-07 กับผู้ทดสอบ S-09

เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ANOVA พิจารณาความแปรปรวนของเวลาคงที่ในแต่ละด่าน ด้วยผู้ทดสอบทั้งสิบคน ดังตารางที่ 4.13 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีปัจจัยคือ เวลาคงที่จากการใช้งานแป้นพิมพ์มาตรฐาน และเวลาคงที่จากการใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัย ผลปรากฏว่า ค่า P-Value ในทุกด่านที่ทดสอบมีความแปรปรวนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value > 0.05) แสดงการวิเคราะห์ในภาคภนวก จ

ตารางที่ 4.13 วิเคราะห์ ANOVA ของเวลาคงที่ในแต่ละด่าน

ผู้ทดสอบ	ด่านที่ 1		ด่านที่ 2		ด่านที่ 3	
	Standard	Research	Standard	Research	Standard	Research
S-03	32.75	32.32	37.47	37.64	45.01	42.75
S-04	33.18	33.42	38.37	38.04	47.39	47.30
S-05	32.46	31.70	37.21	37.00	49.60	45.53
S-06	32.85	31.45	36.42	36.45	46.55	42.90
S-07	31.12	31.16	36.65	36.45	46.77	45.64
S-08	31.43	31.54	37.56	36.99	48.25	47.38
S-09	31.85	30.45	37.42	37.45	47.55	43.90
S-10	34.59	34.82	41.87	41.74	49.59	50.01
S-11	34.98	34.83	42.37	41.94	51.09	50.80
S-12	31.65	30.20	39.47	38.81	48.02	47.72
ค่า P-Value	**0.46**		**0.80**		**0.14**	

4.6 การทดสอบด้วยเกม Overwatch และวิจารณ์ผลการทดสอบ

การทดสอบที่ผ่านมาเป็นการทดสอบเชิงปริมาณ ซึ่งประเมินผลการทดสอบด้วยหลักสถิติสามารถบ่งชี้ผลการทดสอบได้ในทางวิศวกรรม ถึงแม้ว่าผลการทดสอบจะออกมาดีเพียงใด แต่การประเมินเชิงคุณภาพก็มีความสำคัญเช่นกันในการเติมเต็มข้อบกพร่องที่ผู้วิจัยอาจจะมองข้ามไป โดยการทดสอบด้วยการใช้เล่นคู่กับเกมที่มีความซับซ้อนของบังคับควบคุม ที่ผู้เล่นต้องใช้ทักษะทางด้านเกมสูงกว่าการทดสอบที่ผ่านมา และไม่สามารถประเมินออกมาในเชิงปริมาณได้ เพื่อกำจัดปัจจัยด้านทักษะความชำนาญในการเล่นเกม งานวิจัยจึงคัดเลือกผู้ทดสอบในส่วนนี้ เป็นผู้เชี่ยวชาญการเล่นเกมโดยของความร่วมมือจากอาสาสมัคร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มนักกีฬาเล่นเกมที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันกีฬา Esport ประเภทเกมยิงบุคคลที่หนึ่งจำนวนหนึ่งคน และกลุ่มนักเล่นเกมสมัครเล่นอีก 2 คน ก่อนการทดสอบผู้วิจัยได้สอบถามประวัติส่วนตัวเกี่ยวกับการใช้งานแป้นพิมพ์ทั่วไป และประวัติการเล่นเกมของผู้ทดสอบ เพื่อยืนยันคุณสมบัติของผู้ทดสอบให้ตรงตามข้อกำหนดที่ตั้งเอาไว้ ข้อมูลสำคัญประการ

หนึ่งคือขนาดของฝ่ามือของผู้ทดสอบ จะต้องมีขนาดตามที่ระบุไว้ คือระหว่าง 17.5 – 20 ซม. วัดด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ เนื่องจากผู้วิจัยออกแบบแป้นพิมพ์มาในขนาดเฉพาะเจาะจง

ผลการประเมิน

คิดคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 ในแต่ละหัวข้อ โดย ดีมาก = 5 คะแนน, ดี = 4 คะแนน, ปานกลาง = 3 คะแนน, แย่ = 2 คะแนน และแย่มาก = 1 คะแนน กำหนดคะแนนของแป้นพิมพ์มาตรฐาน เท่ากับ 3 คะแนน คือปานกลาง

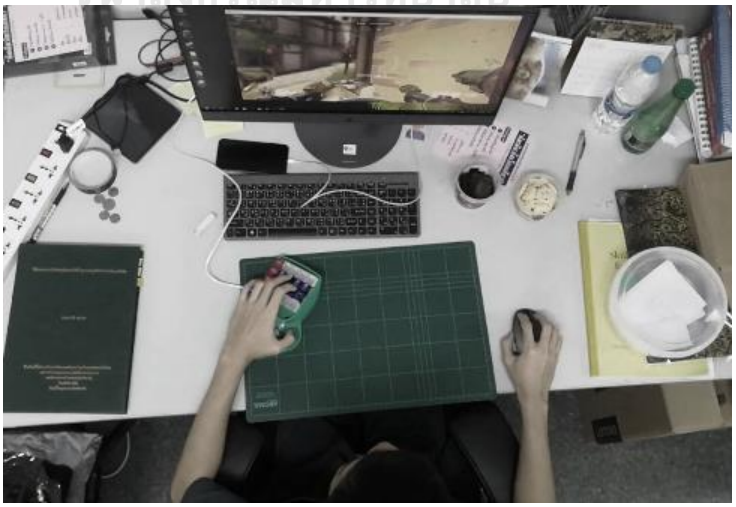
ตารางที่ 4.14 ผลการประเมินโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มมือสมัครเล่น

กิจกรรม	คะแนน		
	ผู้เชี่ยวชาญ	สมัครเล่น 1	สมัครเล่น 2
การควบคุม: การเคลื่อนที่ทั่วไป	5	5	5
การควบคุม: การเปลี่ยนอาวุธ	5	4	3
การควบคุม: การวิ่งหลบหลีก	3	4	4
การควบคุม: การกระโดดหลบหลีก	4	3	4
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษ	4	4	4
การควบคุม: การหมอบคลาน	3	3	5
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษต่อเนื่อง	4	3	3
การใช้งาน: ความสบายในการวางมือ	5	4	4
การใช้งาน: ความแม่นยำการกดปุ่ม	4	4	3
การใช้งาน: ความเร็วในการกดปุ่ม	4	4	4
การใช้งาน: การสนองของแป้นพิมพ์	5	5	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

อาสาสมัครเป็นหนึ่งในผู้เล่นที่คว้ารางวัลชนะเลิศรายการแข่งขัน Overwatch ชิงแชมป์ประเทศไทยในระดับมหาวิทยาลัย ชื่อรายการ Overwatch Thailand University 2017 เมื่อเดือนตุลาคม 2560 ชื่อ นายพีรวิชญ์ วิเศษชาติ (ได้รับอนุญาตให้เปิดเผยชื่อจากผู้ทดสอบแล้ว) ผู้ทดสอบรายดังกล่าวมีขนาดฝ่ามือที่ 18.3 ซม. อายุ 20 ปี กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ใช้เวลาแต่ละวันในการเล่นหรือฝึกซ้อมเกมมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ และไม่เคยมีประวัติอาการบาดเจ็บหรือกล้ามเนื้ออักเสบบริเวณข้อมือ หลังและไหล่อันสืบเนื่องมาจากการใช้งานแป้นพิมพ์ หลังจากการทดสอบเสร็จสิ้นระยะเวลากว่า 60 นาที พบว่า ผู้ทดสอบดังกล่าวใช้เวลาประมาณ 15 นาทีในการเรียนรู้และปรับตัวเพื่อการใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัย และไม่พบอาการบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าใดๆที่บริเวณข้อมือ หลัง และไหล่ ซึ่งอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมในการทดสอบไม่มีปัจจัยใดๆเป็นอุปสรรคในการทดสอบ (เช่น การตอบสนองของแป้นพิมพ์ หรือการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ท) ประสิทธิภาพที่ประเมินจากการทดสอบพบว่า ไม่แตกต่างจากการเล่นเกมด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน และผู้ทดสอบให้ข้อเสนอแนะคือ ขนาดของปุ่ม Shift ของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีขนาดเล็กกว่าขนาดมาตรฐาน อันเนื่องมาจากข้อจำกัดเรื่องการจัดหาวัตถุดิบฝาครอบปุ่มที่มีขายอย่างจำกัดในท้องตลาด ส่งผลให้ผู้ทดสอบเอื้อมนิ้วยากขึ้นกว่าที่คุ้นเคย และน้ำหนักของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีน้ำหนักเบาเกินไป เนื่องจากแป้นพิมพ์ทำจากวัสดุพลาสติก เมื่อผู้ทดสอบกดปุ่มเร็วและแรง ทำให้แป้นพิมพ์มีการขยับเล็กน้อย เบื้องต้นผู้วิจัยได้แก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำแผ่นยางมารองใต้แป้นพิมพ์เพื่อความเสถียรให้แป้นพิมพ์อยู่กับที่ไม่เคลื่อนคลอน และสุดท้ายคือขนาดและรูปทรงของแป้นพิมพ์งานวิจัยที่พอดีกับมือของผู้ทดสอบ ทำให้ใช้งานได้อย่างคล่องแคล่ว และประทับใจเป็นอย่างมาก



รูปที่ 4.3 ภาพมุมสูงของการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัยโดยอาสาสมัครนักกีฬา

รูปที่ 4.4 ปุ่ม Shift ของแป้นพิมพ์งานวิจัยเทียบกับขนาดปุ่ม Shift ของแป้นมาตรฐาน

กลุ่มนักเล่นเกมสมัครเล่น

อาสาสมัครมี 2 คนโดยทั้งคู่มีคุณสมบัติดังเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และมีประสบการณ์ในการเล่นเกมมาไม่ต่ำกว่า 10 ปี ใช้เวลาเล่นเกมไม่ต่ำกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน เพียงแต่ไม่เคยเข้าร่วมแข่งขันในรายการใด ถือเป็นนักกีฬาเกมสมัครเล่น โดยทั้ง 2 คนเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีและปริญญาโท และไม่เคยมีประวัติอาการบาดเจ็บหรือกล้ามเนื้ออักเสบบริเวณข้อมือ หลังและไหล่อันสืบเนื่องมาจากการใช้งานแป้นพิมพ์ อาสาสมัครคนแรกมีขนาดฝ่ามือ 18.5 ซม. และคนที่สองมีขนาดฝ่ามือ 20 ซม. เป็นไปตามข้อกำหนดข้างต้น หลังจากอาสาสมัครทดลองเล่นเกม Overwatch ด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัยเป็นเวลา 60 นาที แล้วตอบแบบสอบถามทันที พบว่าอาสาสมัครไม่พบอาการบาดเจ็บใดๆที่บริเวณตั้งแต่ข้อมือไปจนถึงหัวไหล่ เช่นเดียวกับอาสาสมัครกลุ่มนักกีฬาเล่นเกม ยังรู้สึกผ่อนคลายที่บริเวณข้อมือ และไม่รู้สึกถึงความแตกต่างในการใช้งานระหว่างแป้นพิมพ์มาตรฐานกับแป้นพิมพ์ของงานวิจัย ข้อตำหนิหนึ่งที่ได้จากการทดสอบคือ บริเวณที่วางฝ่ามือของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีขนาดใหญ่และนูน ทำให้มือถูกกำจัดตำแหน่งและเคลื่อนที่ได้อย่างไม่เป็นอิสระ ส่งผลให้การเอื้อมนิ้วไปกดปุ่มแถวบนสุดไม่ถึงได้โดยง่าย อันเนื่องมาจากการออกแบบเพื่อจำกัดตำแหน่งของมือให้อยู่ในท่าทางที่เหมาะสม ไม่ต้องการให้มือมีการเคลื่อนที่มาก (Form-fit) และเช่นเดียวกับกลุ่มนักกีฬาเล่นเกมคือ เรื่องของน้ำหนักของแป้นพิมพ์งานวิจัยที่เบากว่าแป้นพิมพ์มาตรฐาน อันเนื่องมาจากวัสดุที่ใช้ในการประดิษฐ์ทำให้แป้นพิมพ์มีการขยับเล็กน้อย จึงแก้ปัญหาโดยการนำแผ่นยางมารองฐานของแป้นพิมพ์เช่นเดียวกันก็ช่วยให้หมดปัญหาดังกล่าวไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.5 มือถูกจำกัดตำแหน่งที่บริเวณฝ่ามือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้งานแป้นพิมพ์ในลักษณะงานที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะงาน คืองานพิมพ์ดีดหรือพิมพ์อักขระตัวหนังสือ และงานการป้อนคำสั่งในการเล่นเกม งานทั้งสองงานนี้มีความแตกต่างกันในเชิงการทำงาน กล่าวคือการพิมพ์ดีดจะอาศัยความคุ้นเคยของตำแหน่งอักขระและการจัดเรียงลำดับอักขระของคำศัพท์แต่ละคำ แต่งานการป้อนคำสั่งในการเล่นเกมจะอาศัยทักษะในการเล่นเกมของผู้เล่น ผู้เล่นจะไม่คำนึงถึงลำดับของปุ่มที่จะต้องกด แต่จะคำนึงถึงคำสั่งที่ต้องการป้อนให้กับเกมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของเกม จากผลการทดสอบและศึกษาการใช้งานแป้นพิมพ์ของผู้ทดสอบอาสาสมัครทั้ง 10 คน พบว่าสรรถนะในการทำงานจากการพิมพ์ตัวอักขระของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีค่ามากกว่าแป้นพิมพ์มาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติในรายระดับความยากทั้ง 4 ระดับดังตารางที่ 4.5 พบว่ามีเพียง 8 ค่าที่บ่งบอกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสที่จะช้ากว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และมี 23 ค่าที่บ่งบอกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์งานวิจัยมีโอกาสที่จะเร็วกว่าความเร็วเฉลี่ยของแป้นพิมพ์มาตรฐาน และค่าที่เหลือคือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทดสอบกับการเล่นเกมพื้นฐานที่ไม่มีความซับซ้อน พบว่าสมรรถนะในการใช้งานแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และการทดสอบด้วยเกมที่มีความซับซ้อนและไม่สามารถประเมินค่าในเชิงปริมาณได้ โดยนักเล่นเกมระดับมืออาชีพพบว่า รูปทรงที่แปลกไปและการใช้งานโดยรวมแล้วไม่แตกต่างจากแป้นพิมพ์มาตรฐานทั้งด้านของความเร็วในการตอบสนอง และการวางตำแหน่งมือบนแป้นพิมพ์ ในการทดสอบของงานวิจัยนี้พิสูจน์ให้เห็นว่าแป้นพิมพ์งานวิจัยสามารถใช้งานได้โดยไม่แตกต่างจากแป้นพิมพ์มาตรฐาน แต่เพิ่มเติมด้วยการป้องกันอาการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการใช้งานแป้นพิมพ์เป็นระยะเวลานาน โดยอาศัยหลักการยศาสตร์ในการออกแบบลักษณะรูปทรงของตัวแป้นพิมพ์ แต่ทั้งนี้งานวิจัยนี้ไม่ได้พิสูจน์ในด้านความปลอดภัยดังกล่าว เนื่องจากอาการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการใช้งานนี้ จะต้องใช้ระยะเวลาหลายปีและวิจัยอย่างต่อเนื่องจึงจะสามารถสังเกตเห็นถึงอาการที่อาจจะเกิดขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ปัญหาในการดำเนินการ

อุปสรรคที่พบในการทำงานวิจัยนี้คือ การหาอาสาสมัครมาช่วยในการทำการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบต้องใช้เวลานานในการฝึกฝนและเรียนรู้การใช้งานแป้นพิมพ์ของงานวิจัย ซึ่งแป้นพิมพ์งานวิจัยเป็นอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นเองตามหลักการยศาสตร์ ผู้ทดสอบทั้งหมดไม่เคยใช้งานพิมพ์การยศาสตร์มาก่อน และยังเป็นแป้นพิมพ์ที่ใช้กับมือซ้ายเพียงข้างเดียว จึงต้องเรียนรู้และทำความคุ้นเคยใหม่ รวมไปถึงเกมที่ผู้วิจัยนำมาทดสอบ ถึงแม้ว่าจะเป็นเกมที่ไม่มีความซับซ้อนในการเล่น และผู้ทดสอบทุกคนมีความสามารถในการเล่นเกมทั่วไปอยู่แล้ว แต่ผู้ทดสอบก็ยังจำเป็นต้องเรียนรู้กลไก การป้อนคำสั่งและเป้าหมายของเกมใหม่ เนื่องจากไม่มีผู้ทดสอบคนใดเคยเล่นเกมดังกล่าวมาก่อน เพราะฉะนั้นผู้ทดสอบจึงต้องใช้เวลากว่า 4 ชั่วโมงในการทำการทดสอบตั้งแต่การเรียนรู้จนจบการทดสอบ แม้จะมีผู้เล่นเกมอยู่มากมายในปัจจุบัน แต่มีเพียงน้อยคนที่สามารถสละเวลามาอาสาทำการทดสอบได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ออกแบบมาสำหรับผู้เล่นที่มีขนาดมืออยู่ระหว่าง 17.5 – 20 ซม. เนื่องจากอ้างอิงจากขนาดมือของวัยรุ่นชาย ทำให้ผู้เล่นที่ขนาดมือเล็กกว่าขนาดดังกล่าวไม่สามารถใช้งานได้อย่างคล่องมือ ซึ่งปัจจุบันผู้เล่นเกมคอมพิวเตอร์ที่เป็นเพศหญิงก็มีไม่น้อยเช่นกันและมีขนาดมือเล็กกว่าผู้ชาย อาจเพิ่มเติมการศึกษาการออกแบบลักษณะของแป้นพิมพ์เพื่อให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

ภาษาอังกฤษ

Bridger, Robert S. *Introduction to Ergonomics*. 2. ed. London ; New York: Taylor & Francis, 2003.

Cross, Jason. "Set up as Ergonomic Workspace." [In English]. *PCworld* 29, no. 9 (Sep2011 2011).

DINGMAN, HAYDEN. "

The 10 Best Pc Games You Haven't Played in 2016." [In English]. 34, no. 8 (Aug2016 2016).

Dix, Alan. "Human-Computer Interaction." In *Encyclopedia of Database Systems*, 1327-31: Springer, 2009.

Guins, Raiford. *Game After: A Cultural Study of Video Game Afterlife*. MIT Press, 2014.

Kim, Ji Eun, and Sunju Park. "Enemy or Friend? Understanding the Social Aspects of Cheaters in an Online First-Person Shooter Game." *한국컴퓨터게임학회논문지* 31, no. 3 (2018): 11-18.

Lee, Donghun, and Linda J Schoenstedt. "Comparison of Esports and Traditional Sports Consumption Motives." *ICHPER-SD Journal Of Research* 6, no. 2 (2011): 39-44.

McLoone, Hugh, Chau Hegg, and Peter W Johnson. "Evaluation of Microsoft's Comfort Curve Keyboard." Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2005.

Ogawa, Masanori, and Fujio Kayama. "Journal of Occupational Medicine and Toxicology." (2015).

Poornapushpakala, S, C Gomathy, JI Sylvia, and B Babu. "Design, Development and Performance Testing of Fast Response Electronics for Eddy Current Flowmeter in Monitoring Sodium Flow." *Flow Measurement and Instrumentation* 38 (2014): 98-107.

Rempel, David, Alan Barr, David Brafman, and Ed Young. "The Effect of Six Keyboard Designs on Wrist and Forearm Postures." *Applied ergonomics* 38, no. 3 (2007):

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

293-98.

Saarni, L, C-H Nygård, ANNELI Kaukiainen, and ARJA Rimpelä. "Are the Desks and Chairs at School Appropriate?". *Ergonomics* 50, no. 10 (2007): 1561-70.

Salva-Coll, G, M Garcia-Elias, MT Leon-Lopez, M Llusa-Perez, and A Rodríguez-Baeza. "Effects of Forearm Muscles on Carpal Stability." *Journal of Hand Surgery (European Volume)* 36, no. 7 (2011): 553-59.

Zapata, Luz MS. "Integration of Ergonomics in the Design Process: Conceptual, Methodological, and Practical Foundations." *Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques, Taylor & Francis (Ed.)* (2011): 155-75.

Zeng, Jinhua, Fang Wang, and Yaoru Sun. "A Natural Hand Gesture System for People with Brachial Plexus Injuries." *Computing and Informatics* 34, no. 2 (2015): 367-82.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาไทย

กระทรวงอุตสาหกรรม, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. "รายงานการสำรวจและวิจัยขนาดโครงสร้างร่างกายคนไทย." 74, 2548.

ค์, พงศ์ ภัทร อุไร วง. "การ ประเมิน สมรรถนะ การ ใช้ แป้น พิมพ์ การ ย ศาสตร์ โดย อาศัย หลักการ กฎ ของ ฟิต ส์." จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ธรรม, ภัทร พร เกียรติ. "ความ สัมพันธ์ ระหว่าง ลักษณะ ทาง กายภาพ ของ เมาส์ และ สมรรถนะ การ ใช้ งาน ของ ผู้ ใช้." จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2009.

ภาสุระ, จรัณ. เออร์โกโนมิกส์ ศาสตร์เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการทำงานประจำวัน [in THAI]. 1 vols. Vol. 1: SE-EDUCATION, 1997. Non-fiction.

รุ่งโรจน์, นพปฎล เหลือง. "การ วิเคราะห์ และ ออกแบบ ตำแหน่ง อักขระ ภาษา ไทย บน แผง แป้น พิมพ์ คอมพิวเตอร์." จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

แป้นพิมพ์มาตรฐานใช้ในการเปรียบเทียบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แป้นพิมพ์ Redragon K-565

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเกมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

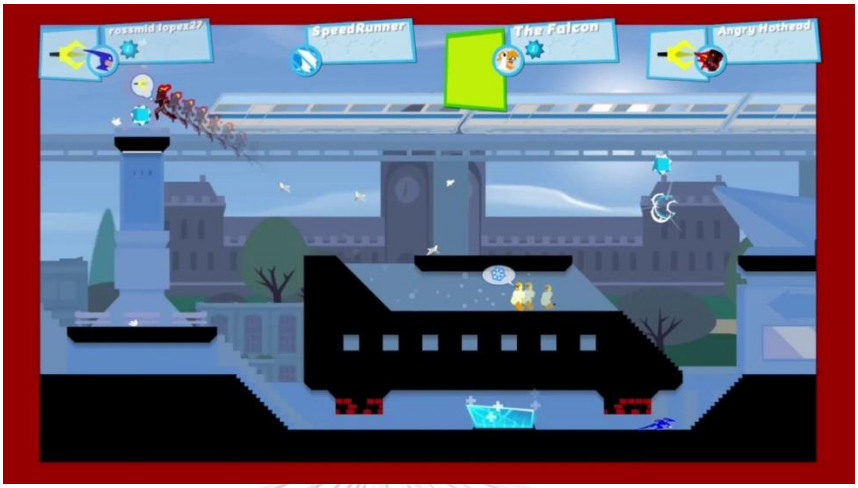
เกม DOTA 2

GAME STATS
TIDEHUNTER
SHOP

EHOME
NA`VI
STASH
EARTHSHAKER
SHOP

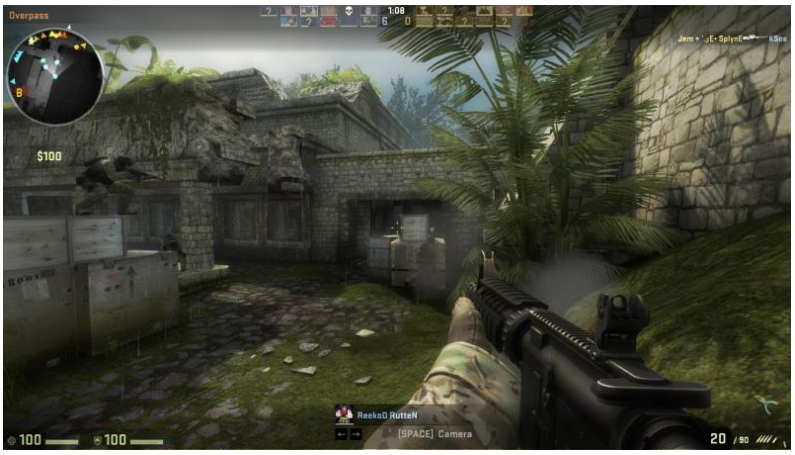
เกม OVERWATCH

เกม SPEEDRUNNERS



เกม CS:GO

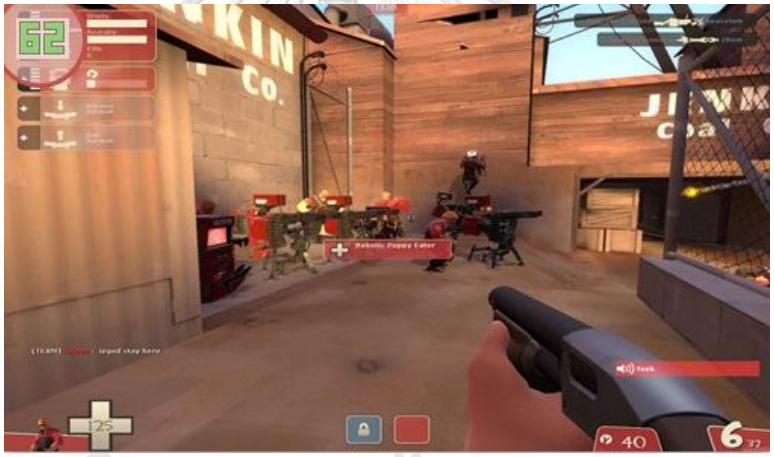
CHULALONGKORN UNIVERSITY



เกม Half Life

เกม Call of Duty

เกม Team Fortress



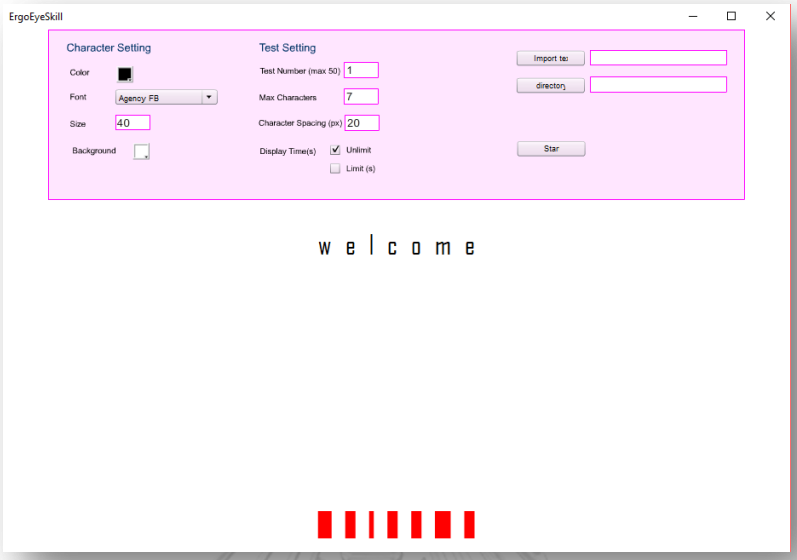
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างคู่มือการบังคับควบคุมภายในเกม

เกม CS:GO

เกม Speedrunners

โปรแกรม ErgoEyeSkill



answer1	answer2	answer3	answer4	answer5	answer6	answer7	answer8	answer9	answer10	time1	time2	time3	time4	time5	time6	time7	time8	time9	time10
e	4	r	s	z	a		2	e	1	1256	872	791	681	599	752	560	624	497	264
r	z	z	w	4	r	4	2	3	q	1193	527	544	616	600	936	608	1449	679	760
w	z	v	z	c	s		c	w	x	985	1216	985	983	1288	656	505	759	488	664
1	e	w	2			c	2	2		1113	647	569	600	800	735	585	712	280	272
f	e	e	w	a	1	e	r	z	x	1154	768	792	663	513	1032	584	1752	880	504
d	a		1	q		3	e		z	1041	472	416	504	728	696	760	800	472	801
x	2	s	x	a	c	2	f		f	1144	552	921	448	791	808	704	680	248	223
q		s	d	e	r	x	z	a	z	1548	945	768	849	720	655	1120	672	545	455
s	4	1	r	r	1		w	q	x	993	616	680	1128	360	512	280	1008	832	736
f		1	z		2	x	x	f	2	1552	640	640	904	657	1007	696	297	503	264
3	c	r	a	v	3	r	a		c	1465	688	897	1086	681	1112	760	912	817	807
w		q	2	4	z	4	a	f	s	1090	1504	679	792	856	865	368	1287	576	352
z	e		z	e	r	r	f	v	q	1224	768	736	664	712	569	391	656	512	584
2	z		4	e	r	v		2	q	1242	767	616	839	745	887	505	807	577	288
d		3	r	x	s	f	x	e	d	1324	721	1072	1280	1048	856	888	680	1008	704

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาในการกดแต่ละปุ่มบนแป้นพิมพ์มาตรฐาน

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	574	697	684	715	580	670	724	742	659	660
	590	688	672	674	619	671	708	731	641	680
	558	712	658	715	615	669	698	719	622	702
	584	693	712	688	620	667	723	706	634	689
	557	691	668	710	608	660	704	708	634	700
	574	720	666	676	606	683	713	739	631	708
	570	701	674	656	613	681	709	741	662	656
	582	707	712	708	612	662	702	710	625	667
SPACE	578	717	683	704	607	684	719	729	661	666
	660	761	736	788	682	748	790	809	722	780
	628	768	734	772	697	751	786	816	725	793
	656	772	735	785	700	757	792	812	734	781
	657	769	747	771	697	761	788	811	739	787
	660	757	742	779	689	751	790	817	721	790
	643	778	742	783	694	753	802	801	731	788
	649	774	749	785	696	757	789	815	739	779
	655	777	744	774	684	760	793	819	721	787
A	627	766	739	785	690	743	802	811	735	776
	720	844	821	831	760	828	875	888	840	869
	730	832	807	826	769	841	875	888	822	867
	728	832	813	844	764	828	865	878	838	856
	721	847	812	827	756	838	878	898	832	868
	717	834	802	837	775	847	866	883	842	853
	714	842	801	836	766	836	868	878	826	867
	731	840	815	827	767	840	862	898	828	855
	732	840	805	844	775	832	861	892	841	852
Q	721	830	819	832	765	846	859	890	840	861
	722	847	822	845	775	840	867	888	850	863
	731	835	807	835	777	846	880	887	848	877
	728	833	818	841	769	854	873	894	841	867
	725	832	822	850	766	835	879	894	835	874
	728	836	817	840	770	849	864	896	828	862
	734	838	817	836	769	838	867	887	830	864
	731	844	809	837	767	837	871	891	835	858
	722	840	815	838	768	831	875	891	843	874
W	734	848	810	836	771	843	871	884	829	862
	739	860	827	845	789	838	867	897	840	860
E	725	843	814	845	781	841	869	903	837	864

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	728	840	813	845	782	839	862	885	831	878
	732	860	814	847	783	838	882	900	837	871
	729	847	823	854	776	832	874	910	845	872
	730	860	829	860	780	844	871	903	830	869
	738	851	827	854	778	849	877	875	842	868
	723	845	813	856	785	833	862	890	839	876
	733	857	820	851	789	852	881	886	837	878
	734	865	828	855	779	840	876	890	839	894
	745	862	827	857	789	843	899	893	860	870
	730	856	822	865	799	842	876	928	836	875
	746	862	819	864	780	848	869	899	835	875
	734	859	822	829	788	849	873	890	855	878
	725	859	830	854	783	839	885	890	834	870
	733	850	820	855	795	857	869	889	834	866
	742	866	818	864	787	854	870	900	839	869
Shift	737	823	819	863	789	857	872	908	851	867
	734	854	819	868	788	851	886	900	848	870
	730	873	834	852	787	853	870	904	852	879
	745	853	817	855	781	846	890	901	852	869
	726	853	821	869	790	857	873	911	838	886
	744	848	826	860	785	852	891	900	850	880
	736	856	818	865	793	854	871	895	845	875
	727	868	833	857	799	843	874	909	836	879
	737	859	827	859	793	860	871	899	845	883
D	735	852	833	857	790	844	881	902	836	867
	766	899	880	920	829	898	930	940	902	921
	778	895	896	907	839	901	927	950	885	917
	774	903	893	904	829	888	918	935	888	930
	771	893	891	910	833	889	928	950	886	927
	767	870	881	907	842	894	920	945	902	942
	769	887	893	901	848	895	929	937	896	919
	795	900	895	920	841	905	900	941	901	930
	771	905	881	911	834	898	916	931	885	921
F	774	900	875	910	827	902	925	930	896	933
	767	901	894	910	837	911	908	931	897	927
	761	891	884	903	831	894	934	950	900	924
	786	905	896	923	829	915	924	933	898	955
	769	901	898	914	848	911	934	945	892	923
	771	893	881	919	834	901	919	948	908	925
S	780	905	874	909	848	901	915	941	893	922

CHULALONGKORN UNIVERSITY

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	762	894	881	918	836	903	925	949	903	926
	759	903	891	911	844	911	934	948	910	929
	763	890	896	912	846	907	922	944	898	939
	780	917	912	938	852	933	975	962	915	959
	797	914	902	945	864	936	954	960	917	970
	798	926	894	933	868	940	942	958	922	949
	787	908	918	929	861	930	940	951	924	949
	788	911	900	925	863	928	943	967	917	957
	787	915	919	930	870	930	942	953	940	960
	793	917	921	925	855	917	942	952	927	952
	783	925	916	941	862	937	966	959	916	961
R	786	917	920	945	854	921	943	964	922	953
	812	939	929	965	870	962	968	981	957	970
	810	927	941	970	890	977	965	991	951	990
	814	940	931	955	896	969	984	988	947	991
	802	925	927	965	882	970	974	988	959	981
	817	928	941	967	895	959	980	977	957	980
	804	939	937	961	884	971	984	979	946	990
	804	930	939	953	881	971	973	984	952	980
	804	926	946	951	895	962	983	987	941	992
CTRL	798	940	931	958	880	963	967	974	942	968
	828	951	959	982	910	993	1010	1006	961	998
	831	955	962	987	897	979	1003	1001	985	998
	826	951	960	985	916	981	996	1009	964	995
	826	946	956	983	907	977	987	1001	969	1015
	832	950	949	989	911	992	1004	1015	977	992
	843	939	958	983	909	993	998	1012	969	1011
	841	938	951	989	902	985	989	1013	974	1001
	845	941	966	991	905	978	990	1006	970	993
C	841	953	955	980	906	976	988	1012	966	993
	841	957	953	989	900	979	1006	1004	988	1006
	830	958	971	984	921	979	1011	1007	988	1008
	836	951	967	990	914	996	1001	1011	971	985
	846	955	968	998	918	985	999	1009	971	1004
	843	946	960	981	910	995	1000	1016	968	1003
	841	952	969	985	912	991	1006	1010	985	1008
	830	948	956	996	907	995	992	1021	968	1005
	826	957	972	1000	912	997	999	1017	984	1008
X	835	945	954	1000	922	983	997	1018	975	1011
2	841	952	974	985	912	989	1011	1013	981	1009

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	835	956	974	1002	922	986	1016	1027	988	1000
	828	947	970	1002	910	992	997	1010	983	999
	830	954	968	994	909	1015	1004	1025	972	1008
	843	961	962	986	923	983	1002	1027	976	1006
	834	951	969	991	912	986	1005	1027	975	1000
	836	961	965	1001	924	988	1007	1022	991	1006
	832	964	973	998	919	1008	1009	1014	987	999
	828	953	963	987	917	982	1005	1017	988	993
	840	957	986	1003	937	1016	1019	1029	983	1001
	841	955	980	1001	931	1010	1014	1040	979	1023
	831	952	982	1010	940	1019	1010	1028	976	1014
	838	953	980	1017	924	1012	1021	1024	983	1027
	836	960	979	1004	937	1005	1030	1035	998	1013
	830	954	984	1005	924	1000	1016	1034	988	1029
	843	958	991	1006	923	1014	1027	1025	980	1024
	845	958	977	1000	933	1003	1027	1032	987	1023
1	846	966	975	1014	921	1005	1013	1029	994	1024
	847	979	1006	1023	934	1014	1030	1043	998	1044
	853	977	997	1015	943	1018	1024	1040	1011	1037
	847	980	986	1029	950	1025	1033	1054	1004	1032
	850	966	989	1030	932	1022	1033	1048	985	1050
	838	978	991	1010	943	1027	1029	1036	992	1035
	855	977	1000	1013	948	1013	1028	1051	1007	1050
	859	975	1001	1014	941	1032	1022	1034	998	1047
	845	974	998	1021	941	1021	1037	1044	1007	1032
3	856	966	996	1029	950	1031	1029	1046	1010	1035
	911	1025	1060	1071	1007	1086	1078	1094	1055	1108
	900	1032	1054	1081	1007	1083	1087	1077	1051	1105
	905	1018	1051	1088	1017	1077	1083	1085	1066	1110
	906	1030	1043	1078	1001	1085	1081	1085	1047	1099
	896	1030	1045	1071	1019	1069	1094	1085	1067	1092
	901	1031	1059	1089	1014	1080	1083	1090	1062	1103
	915	1016	1043	1083	1005	1079	1083	1085	1067	1094
	914	1015	1054	1083	1016	1069	1088	1096	1052	1090
Z	903	1031	1059	1076	1004	1073	1092	1084	1047	1101
	930	1044	1078	1094	1029	1100	1101	1113	1064	1114
	911	1029	1081	1085	1024	1091	1117	1120	1075	1090
	927	1032	1083	1092	1019	1098	1109	1105	1069	1108
	915	1045	1070	1093	1034	1091	1100	1119	1067	1114
4	914	1040	1050	1093	1030	1080	1104	1101	1065	1117

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	928	1045	1076	1112	1033	1087	1107	1103	1077	1101
	915	1031	1077	1096	1030	1085	1113	1104	1072	1116
	930	1036	1074	1087	1035	1090	1111	1118	1072	1098
	911	1045	1068	1102	1020	1091	1106	1103	1066	1109
	977	1113	1145	1165	1101	1180	1170	1157	1152	1179
	986	1106	1146	1174	1090	1185	1166	1174	1155	1187
	976	1110	1153	1179	1103	1190	1178	1169	1147	1171
	987	1119	1146	1183	1096	1179	1177	1163	1143	1183
	994	1118	1146	1184	1106	1190	1159	1166	1142	1189
	988	1100	1155	1164	1101	1193	1170	1176	1143	1187
	991	1101	1157	1178	1096	1195	1168	1158	1156	1182
	986	1109	1156	1167	1095	1179	1160	1157	1155	1182
V	984	1117	1146	1170	1090	1198	1165	1173	1155	1171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เวลาในการกดแต่ละปุ่มบนแป้นพิมพ์งานวิจัย

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	649	751	704	705	626	687	716	671	702	681
	660	736	705	714	630	696	721	682	712	687
	650	742	703	697	625	687	729	678	703	681
	648	741	700	704	616	688	709	688	703	680
	653	748	704	700	618	695	725	678	711	690
	644	748	708	706	628	690	722	677	715	675
	652	750	690	697	630	692	717	678	698	674
	644	735	690	703	620	683	712	687	713	679
SPACE	647	750	696	708	632	681	720	674	716	682
	688	796	748	763	672	731	770	727	759	732
	695	792	750	747	667	738	771	731	757	732
	699	797	750	760	682	738	768	728	749	723
	702	818	758	749	681	732	779	719	752	726
	702	796	754	763	671	725	767	722	761	723
	695	801	753	756	684	744	773	724	758	738
	689	800	765	750	668	732	765	731	771	732
	697	799	743	749	675	740	763	733	766	736
A	702	797	765	751	671	723	764	731	764	729
	796	883	859	859	788	838	870	815	852	827
	795	892	857	869	789	834	871	815	845	815
	800	888	842	865	778	842	883	816	857	812
	801	894	839	856	777	830	866	820	841	830
	810	885	858	868	771	842	868	829	845	828
	795	885	848	857	781	830	884	821	859	829
	799	890	842	857	788	837	872	824	846	811
	807	894	844	854	761	831	889	823	854	822
Q	802	886	848	868	790	829	864	814	848	811
	799	895	861	863	781	830	881	833	866	832
	793	911	851	884	783	848	875	835	857	823
	804	892	850	864	796	832	875	817	866	823
	804	897	859	854	784	850	877	824	860	817
	798	905	851	861	796	846	888	818	850	826
	792	910	865	856	793	837	877	825	863	832
	808	893	861	871	785	831	880	830	852	820
	806	907	853	859	768	836	887	833	858	832
W	807	904	845	864	790	848	889	820	856	826
	802	909	848	864	784	855	880	831	868	841
E	801	900	870	877	783	853	889	838	859	833

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	819	906	855	869	793	841	874	842	871	838
	806	894	854	881	788	839	884	836	856	832
	818	905	863	879	801	850	872	831	875	825
	807	896	857	864	790	856	889	828	856	822
	811	896	847	868	786	837	882	832	866	835
	806	913	863	877	794	838	883	834	867	826
	810	904	855	862	801	855	883	836	868	829
	830	904	862	870	797	861	877	851	884	828
	822	919	872	884	793	845	889	855	868	829
	807	916	857	875	805	865	888	847	875	840
	831	900	863	886	802	857	896	859	863	843
	831	908	864	875	809	857	886	842	885	846
	809	907	864	886	801	852	878	853	863	829
	819	917	874	882	794	845	898	851	872	845
	804	916	866	875	791	862	890	844	867	837
Shift	824	915	875	879	808	859	880	844	885	834
	827	923	883	891	819	869	888	865	886	844
	834	925	872	894	819	858	890	867	886	853
	817	924	872	897	816	858	904	850	871	841
	830	925	883	900	805	859	887	849	876	854
	824	932	865	897	808	871	905	867	889	850
	821	918	877	876	803	855	900	850	887	837
	821	915	881	890	799	874	902	855	873	851
	830	926	868	884	807	872	891	863	873	845
D	822	917	877	901	804	859	906	864	876	838
	853	937	894	901	818	881	912	881	903	866
	854	927	892	915	820	885	897	876	896	857
	855	943	910	896	819	874	920	870	902	852
	844	935	901	902	814	882	910	871	909	864
	846	925	895	898	821	879	921	876	895	853
	844	938	894	915	822	881	901	878	892	871
	847	939	910	902	826	874	907	872	899	862
	860	927	909	916	830	889	914	886	909	857
F	843	938	894	906	811	884	918	879	897	867
	858	942	901	918	829	899	910	885	913	873
	850	935	899	920	831	898	923	873	914	871
	858	950	907	907	820	880	917	888	904	858
	853	941	899	914	821	896	922	884	909	871
	861	951	906	911	827	894	920	883	897	866
S	856	944	900	917	824	898	912	881	898	875

CHULALONGKORN UNIVERSITY

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	859	939	899	909	814	870	913	890	895	859
	863	932	901	907	824	898	911	874	914	866
	868	939	898	922	824	879	920	889	901	869
	904	994	940	962	874	950	959	940	959	920
	907	986	946	953	871	939	966	926	947	916
	898	1004	956	967	868	949	971	934	948	910
	910	986	942	947	871	933	956	940	953	917
	892	990	948	966	864	933	961	925	961	908
	908	998	954	959	871	934	954	926	950	905
	894	1001	953	957	874	947	972	929	947	901
	890	998	940	947	869	951	973	942	953	911
R	893	1005	952	959	878	932	956	925	951	905
	902	998	950	962	866	966	957	927	952	900
	885	991	960	950	865	953	973	961	947	919
	894	997	956	964	862	954	971	942	967	911
	885	993	964	960	873	946	966	937	957	906
	897	977	971	968	870	951	971	932	955	914
	892	976	962	966	872	958	968	940	956	901
	896	984	957	965	868	962	959	929	950	911
	887	976	960	941	878	952	967	942	957	910
CTRL	880	992	966	954	859	950	957	929	966	917
	918	1024	1007	987	896	988	995	979	980	939
	911	1009	992	992	901	984	986	962	987	949
	910	1017	1005	986	893	992	1004	967	994	929
	919	1019	1010	997	900	992	991	975	996	940
	930	1013	1001	992	884	978	995	964	977	933
	920	1021	998	994	889	989	987	971	997	945
	907	1009	994	984	890	976	989	975	985	931
	911	1006	996	983	891	981	1004	970	991	937
C	923	1019	1006	984	883	985	1002	967	978	945
	937	1045	1007	1010	906	999	1018	980	1002	965
	935	1037	1016	1019	905	1002	1009	991	997	954
	933	1044	1012	1015	917	994	1015	979	996	952
	934	1037	1009	1023	920	995	1016	982	1013	948
	924	1029	1012	1011	909	1005	1015	998	1016	949
	920	1027	1003	1012	903	1004	1013	990	997	968
	935	1042	1021	1020	906	1001	1013	996	1009	965
	933	1037	1001	1023	905	997	1006	979	1000	968
X	923	1044	1022	1028	909	1003	1026	988	1011	947
2	932	1060	1005	1001	927	1017	1023	980	1020	955

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	933	1048	994	1007	927	1007	1022	984	1007	966
	936	1049	1014	999	914	1019	1018	989	1009	969
	942	1056	999	1015	914	1006	1008	1010	1013	953
	936	1042	1005	1010	924	1018	1006	986	1008	966
	953	1042	1008	1003	930	1013	1019	988	1013	958
	943	1043	1014	1009	916	1006	1019	981	1012	959
	931	1051	1015	1005	914	1024	1006	984	1003	963
	942	1055	1008	1000	912	1012	1012	1008	1005	951
	958	1056	1023	1003	937	1024	1019	993	1019	974
	960	1048	1023	1019	935	1016	1023	999	1013	965
	951	1041	1015	1015	926	1007	1023	995	1014	973
	951	1055	1020	1007	934	1017	1019	997	1030	973
	955	1038	1008	1008	931	1008	1021	998	1011	973
	945	1043	1016	1007	931	1010	1028	999	1013	975
	944	1043	1023	1009	925	1020	1031	987	1025	962
	942	1055	1016	1005	937	1017	1033	997	1016	975
1	951	1049	1018	1004	927	1009	1019	989	1035	960
	940	1023	994	1010	910	1008	1018	989	1013	968
	957	1025	993	992	927	1004	1000	979	1016	954
	953	1025	993	992	927	998	1008	992	1001	961
	949	1022	1008	1005	930	989	1016	989	1005	965
	948	1038	1006	1009	920	1006	1009	985	997	958
	943	1031	1004	994	911	988	1012	981	1014	950
	949	1040	997	996	923	1007	1002	990	1003	962
	951	1031	993	1008	911	988	1007	998	998	948
3	956	1035	1005	1000	924	994	1018	988	1009	960
	1005	1089	1053	1053	979	1038	1054	1067	1058	994
	1005	1087	1045	1056	970	1049	1058	1062	1044	994
	989	1094	1057	1038	987	1042	1050	1062	1056	1012
	995	1089	1055	1039	986	1045	1053	1064	1042	1006
	992	1087	1043	1050	974	1043	1062	1075	1059	1000
	1006	1096	1053	1048	986	1056	1054	1073	1042	1008
	998	1089	1051	1055	980	1045	1059	1062	1052	1007
	999	1096	1046	1043	978	1057	1058	1069	1053	1000
Z	1004	1094	1046	1051	979	1045	1046	1075	1039	1005
	1035	1148	1092	1091	1015	1083	1094	1102	1091	1047
	1028	1141	1096	1075	1018	1096	1091	1092	1100	1042
	1033	1135	1103	1084	1019	1089	1091	1097	1096	1035
	1029	1143	1089	1085	1022	1087	1092	1105	1105	1040
4	1015	1132	1091	1083	1008	1092	1086	1103	1090	1042

อักขระ	เวลาในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)									
	S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08	S-09	S-10
	1016	1145	1086	1084	1015	1086	1090	1096	1096	1037
	1029	1135	1092	1078	1011	1101	1095	1103	1102	1051
	1023	1146	1095	1095	1010	1099	1082	1104	1095	1046
	1020	1147	1104	1091	1004	1090	1095	1095	1100	1037
	1020	1147	1089	1094	1024	1094	1094	1102	1092	1046
	1035	1133	1093	1091	1025	1092	1102	1096	1085	1042
	1022	1138	1086	1097	1017	1096	1101	1092	1087	1036
	1036	1131	1095	1090	1030	1088	1090	1110	1089	1048
	1038	1129	1081	1094	1016	1090	1110	1091	1103	1046
	1025	1127	1082	1101	1026	1099	1103	1100	1099	1047
	1030	1147	1084	1091	1019	1098	1097	1107	1087	1033
	1030	1130	1081	1101	1012	1096	1109	1109	1103	1035
V	1028	1147	1094	1097	1017	1099	1093	1103	1098	1035

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เวลาเฉลี่ยในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน (มิลลิวินาที)

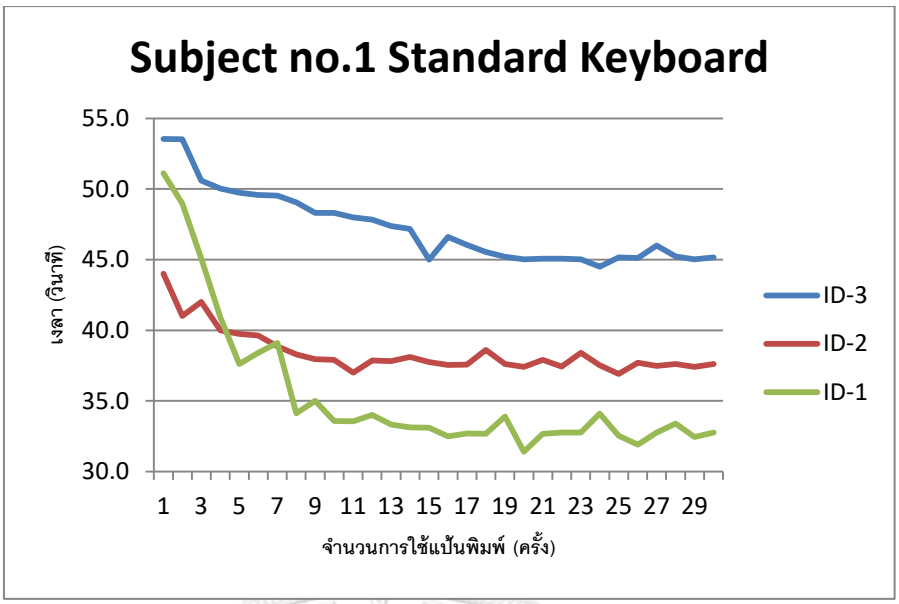
อักขระ	เวลาเฉลี่ยในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์มาตรฐาน										เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	
Space	574	703	681	694	609	671	711	725	641	681	669
a	648	769	741	780	690	753	792	812	730	785	750
q	724	837	811	834	766	837	868	888	834	861	826
w	728	839	815	840	770	841	872	890	838	867	830
e	731	851	820	851	783	841	872	894	838	869	835
Shift	736	856	823	856	788	848	877	899	843	874	840
d	735	857	825	860	790	851	879	902	845	876	842
f	774	895	887	910	836	897	921	940	893	927	888
s	769	898	888	913	839	906	924	943	900	930	891
r	789	917	911	935	861	930	950	958	922	957	913
Ctrl	807	933	936	961	886	967	975	983	950	982	938
c	835	947	957	985	907	984	996	1008	971	1000	959
x	836	952	963	991	913	989	1001	1013	978	1004	964
2	834	955	969	994	916	992	1006	1020	982	1002	967
1	839	957	982	1007	930	1009	1020	1031	985	1020	978
3	850	975	996	1020	942	1023	1029	1044	1001	1040	992
z	906	1025	1052	1080	1010	1078	1085	1087	1057	1100	1048
4	920	1039	1073	1095	1028	1090	1108	1110	1070	1107	1064
v	985	1110	1150	1174	1098	1188	1168	1166	1150	1181	1137

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

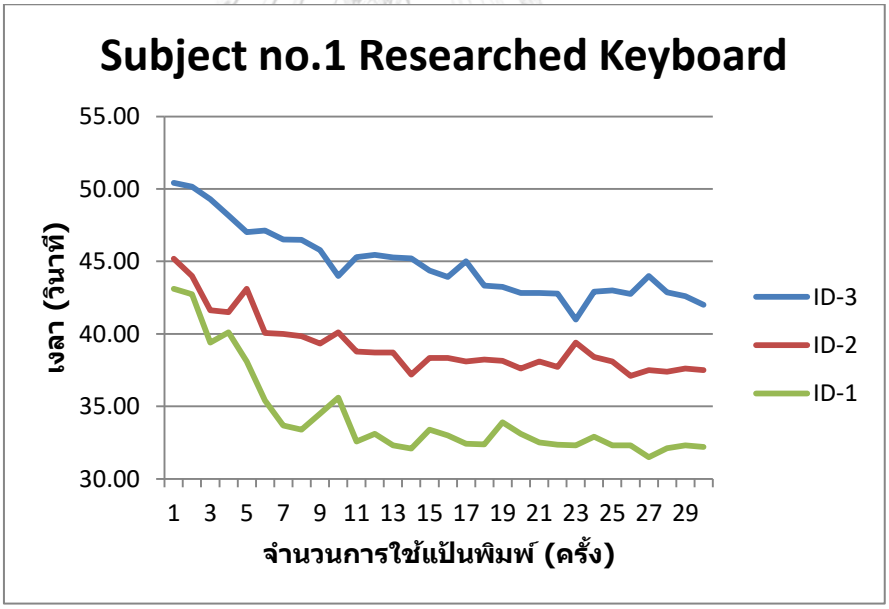
เวลาเฉลี่ยในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย (มิลลิวินาที)

อักขระ	เวลาเฉลี่ยในการกดแต่ละปุ่มของผู้ทดสอบทั้ง 10 คน บนแป้นพิมพ์งานวิจัย										เวลาเฉลี่ย (มิลลิวินาที)
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	คนที่ 6	คนที่ 7	คนที่ 8	คนที่ 9	คนที่ 10	
Space	650	745	700	704	625	689	719	679	708	681	690
a	697	800	754	754	675	734	769	727	760	730	740
q	801	889	849	861	780	835	874	820	850	821	838
w	801	902	855	864	786	840	881	826	859	826	844
e	809	903	857	871	791	847	882	834	865	831	849
Shift	820	911	866	879	800	856	887	850	874	837	858
d	825	923	875	892	809	864	897	859	880	846	867
f	850	934	900	906	820	881	911	877	900	861	884
s	858	941	901	914	824	890	916	883	905	868	890
r	900	996	948	957	871	941	963	932	952	910	937
Ctrl	891	987	961	959	868	955	965	938	956	910	939
c	917	1015	1001	989	892	985	995	970	987	939	969
x	930	1038	1011	1018	909	1000	1015	987	1005	957	987
2	939	1050	1007	1005	920	1014	1015	990	1010	960	991
1	951	1048	1018	1009	931	1014	1024	995	1020	970	998
3	950	1030	999	1001	920	998	1010	988	1006	958	986
z	999	1091	1050	1048	980	1047	1055	1068	1049	1003	1039
4	1025	1141	1094	1085	1014	1091	1091	1100	1097	1042	1078
v	1029	1137	1087	1095	1021	1095	1100	1101	1094	1041	1080

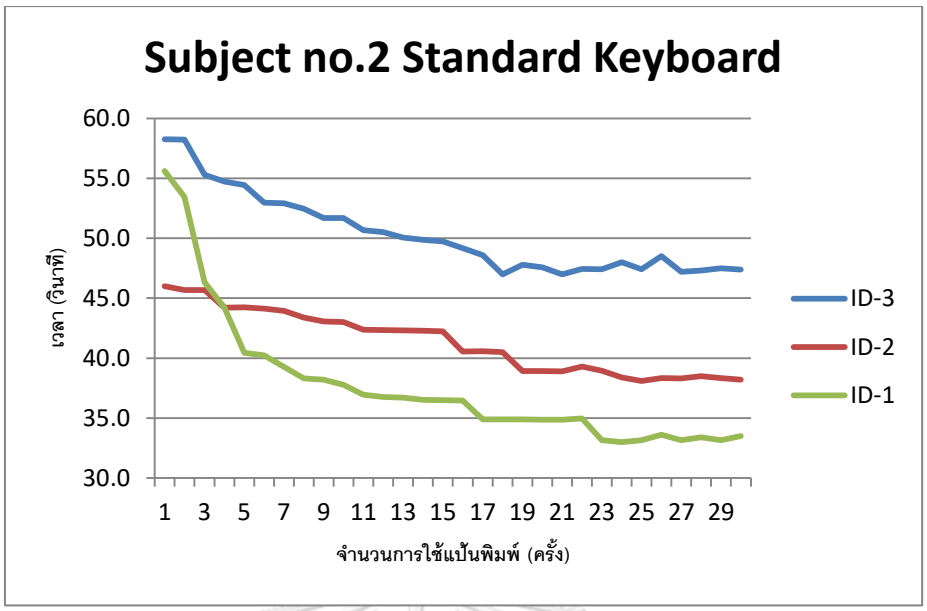
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



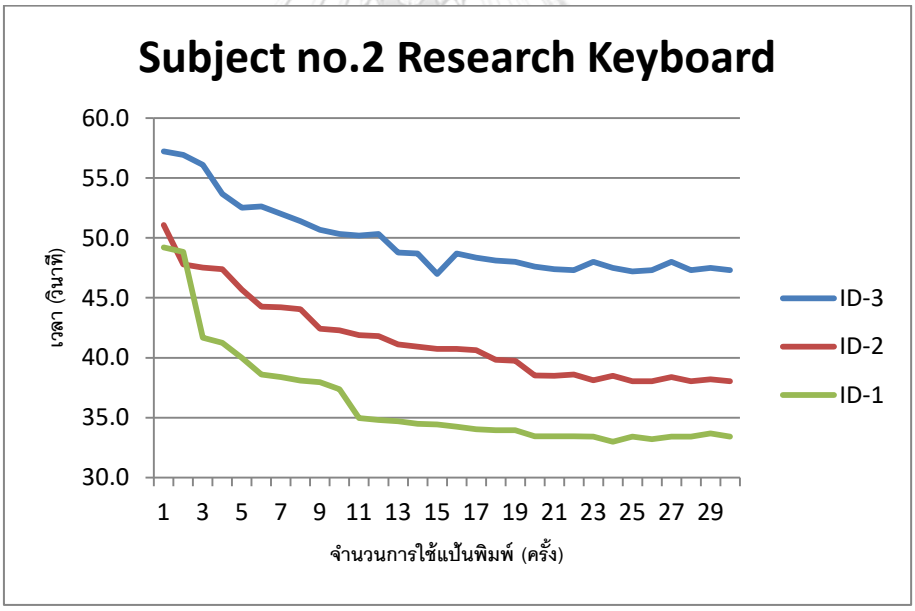
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 1



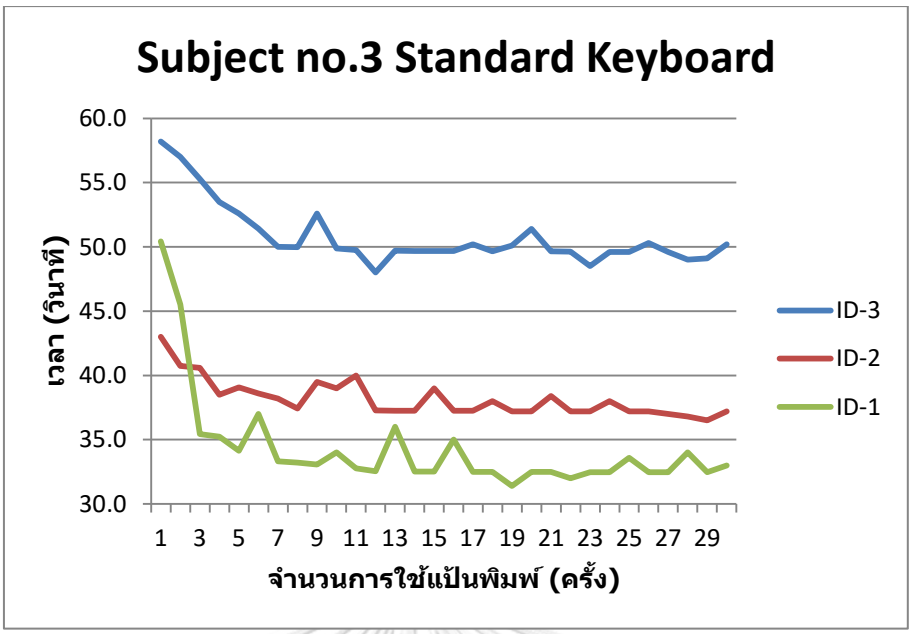
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 1



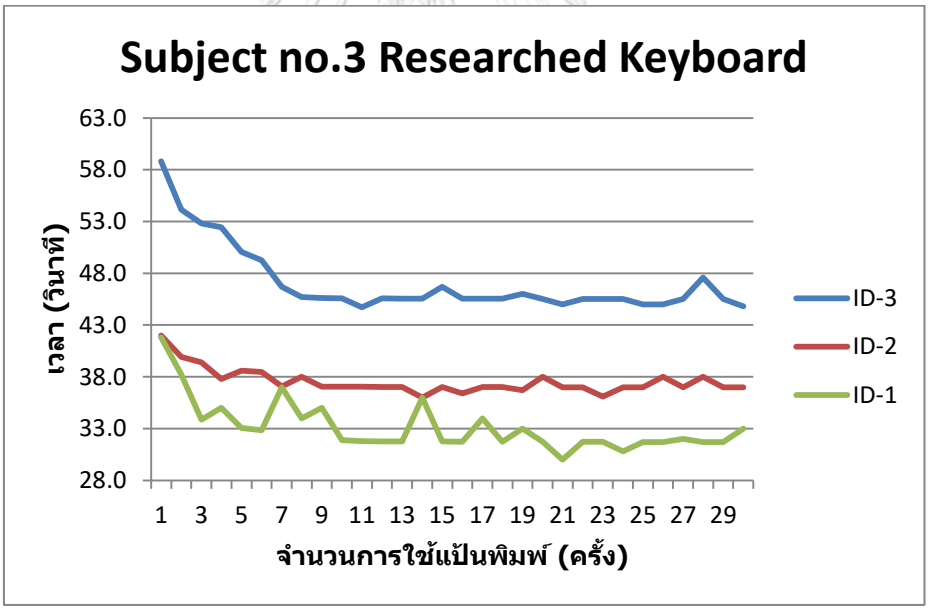
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 2



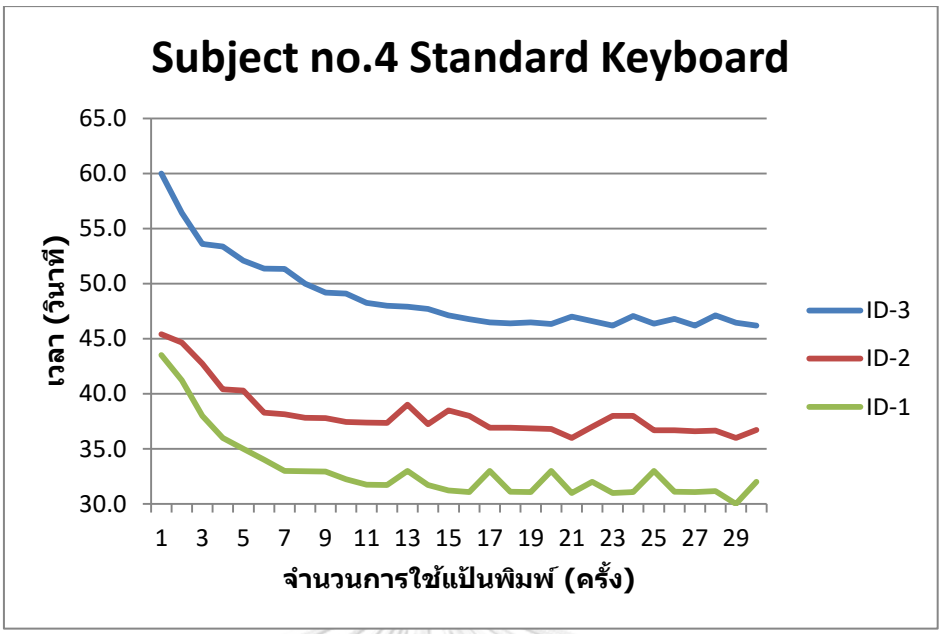
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 2



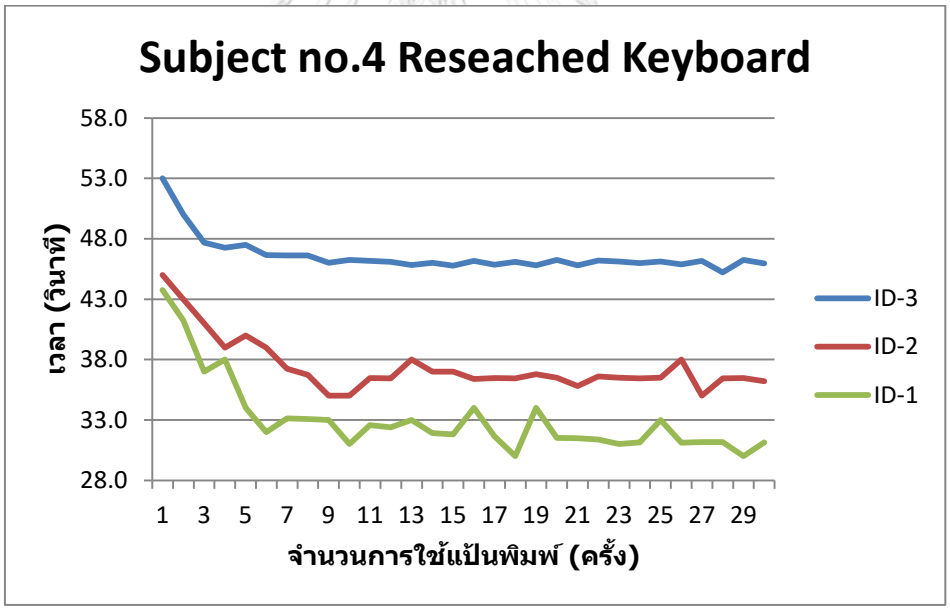
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 3



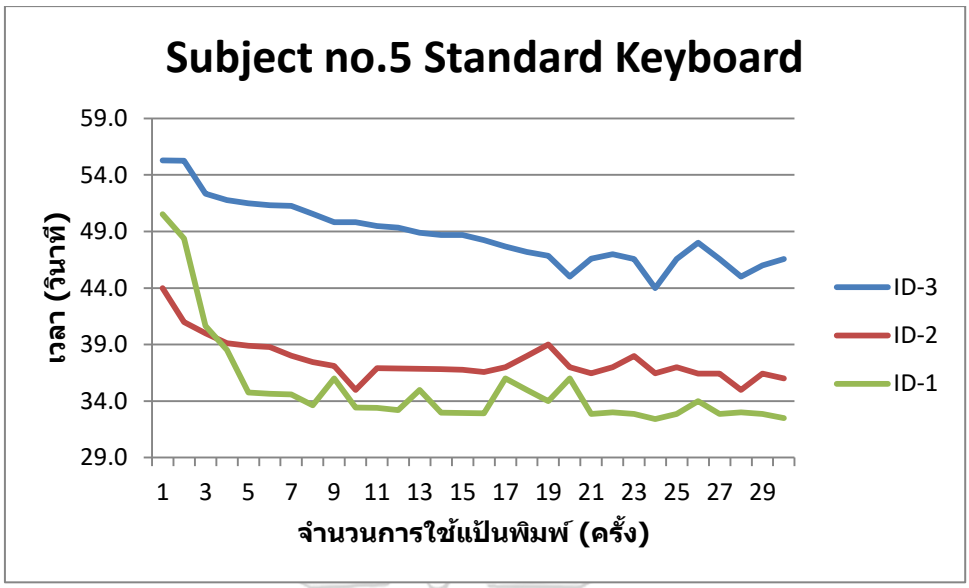
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 3



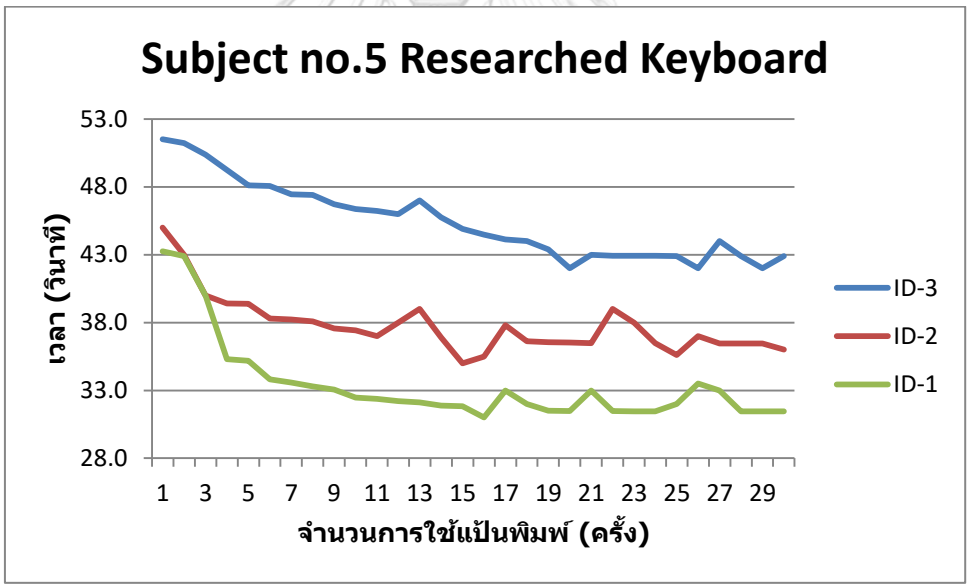
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 4



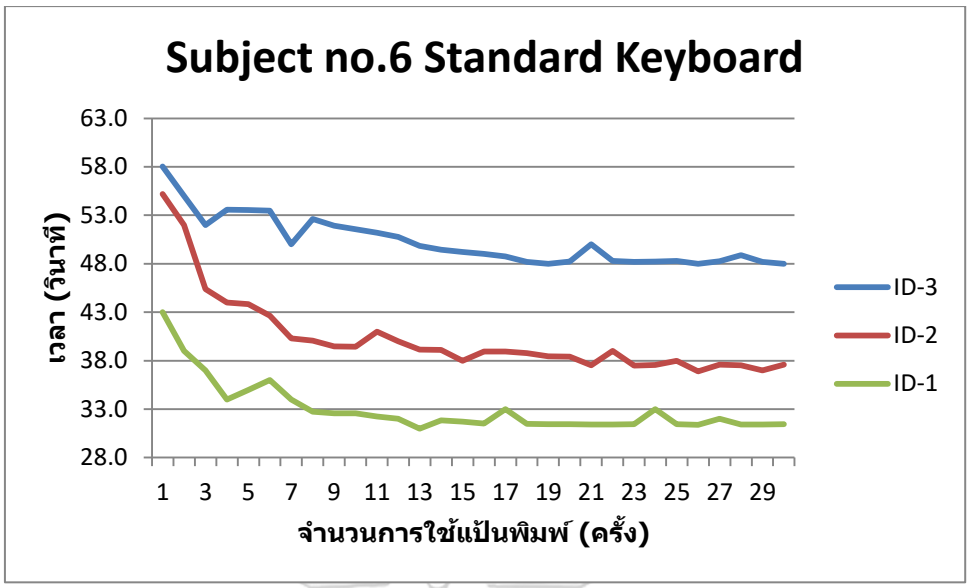
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 4



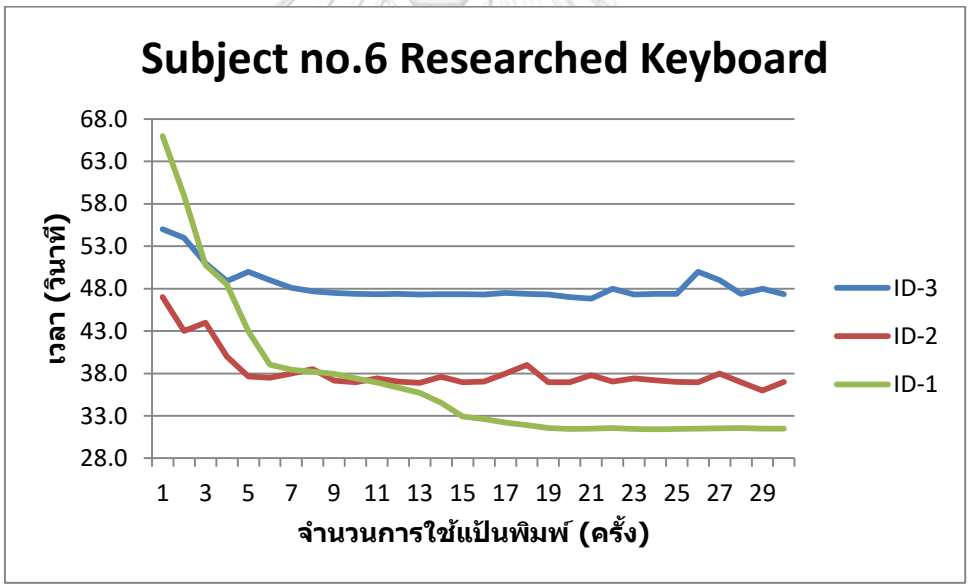
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 5



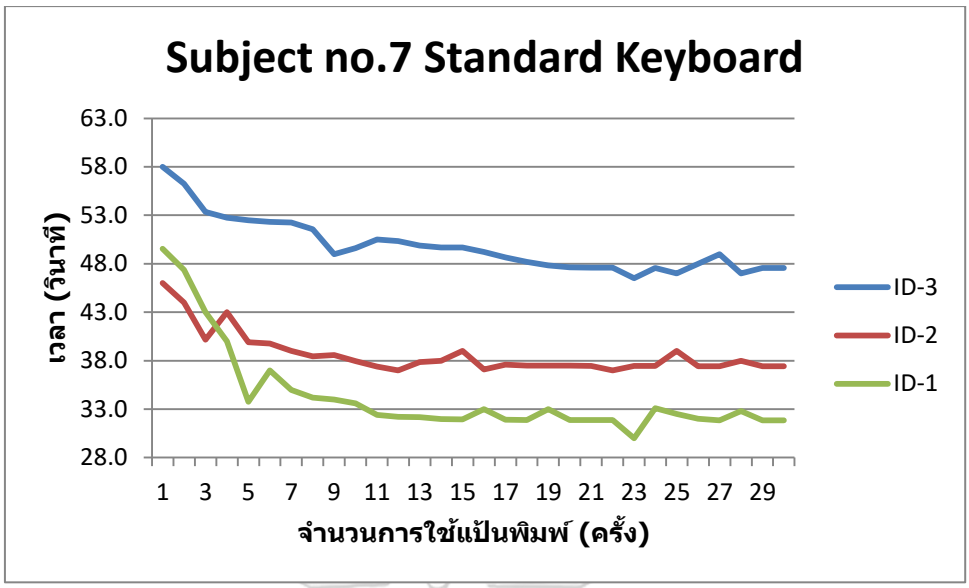
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 5



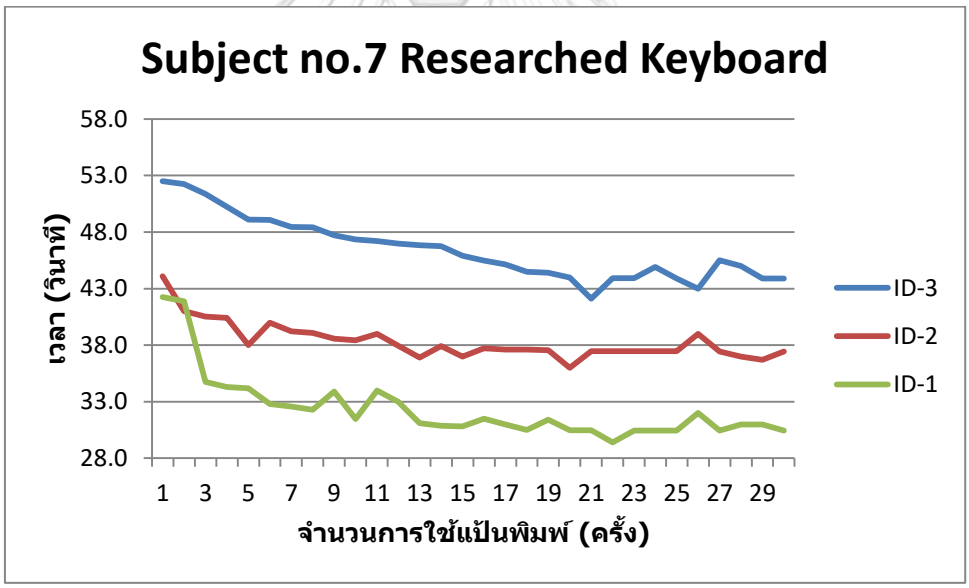
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 6



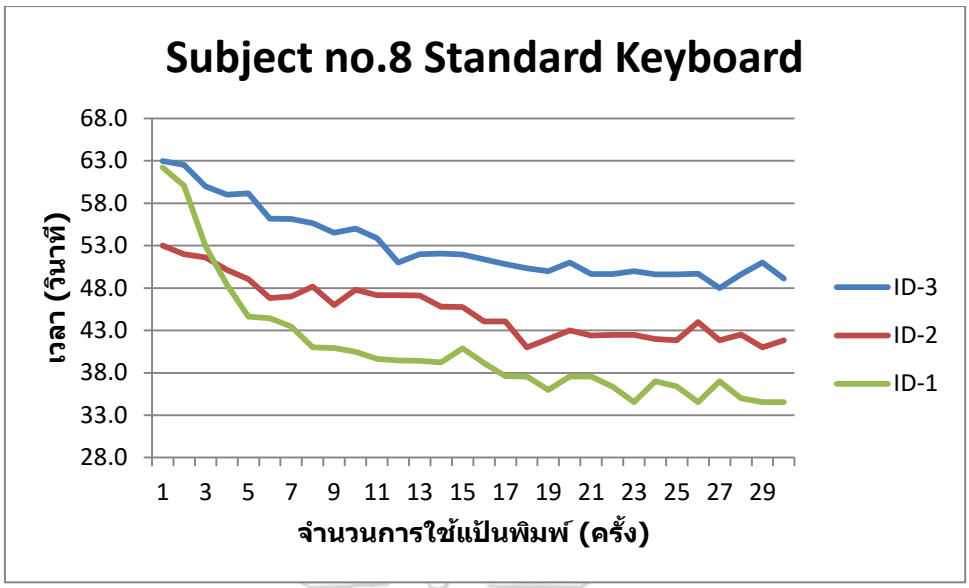
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 6



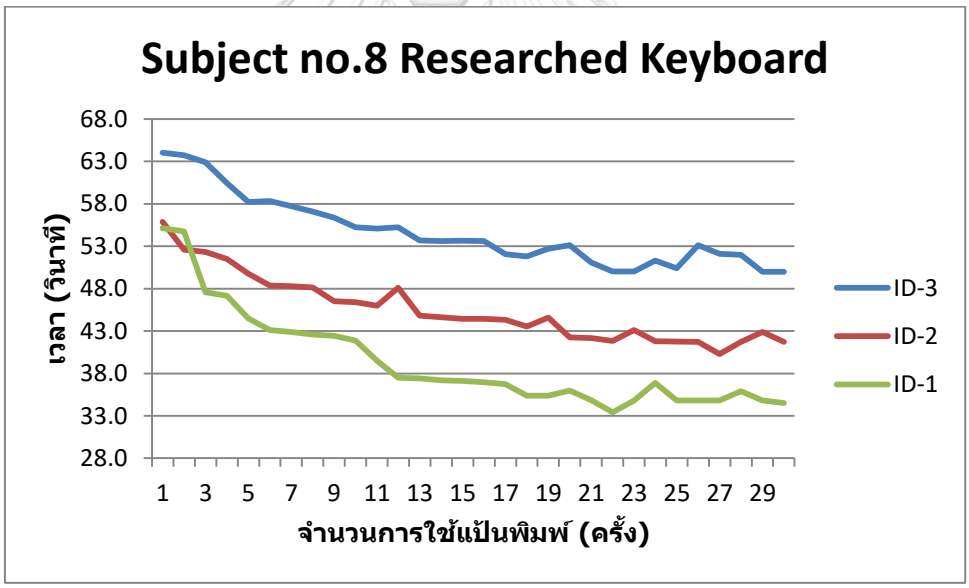
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 7



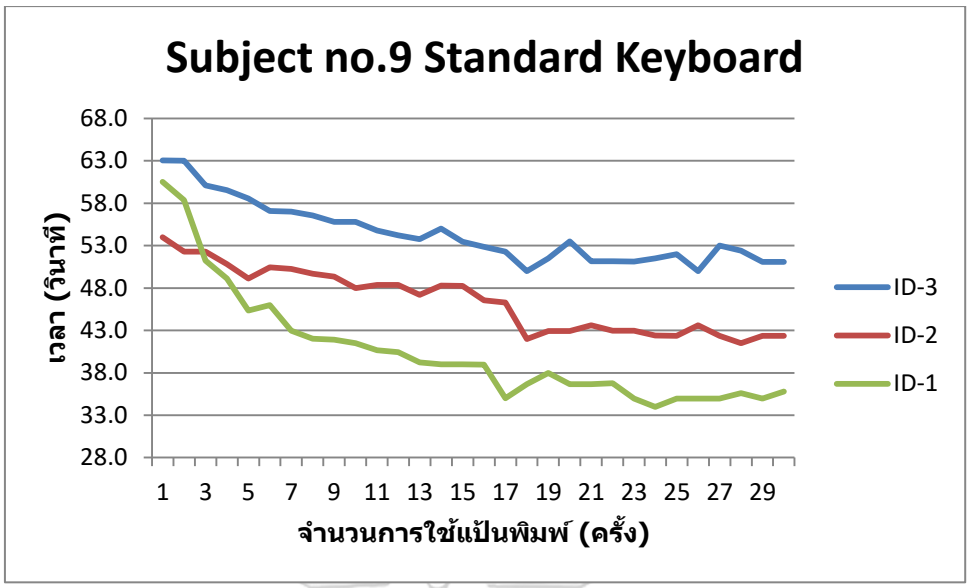
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 7



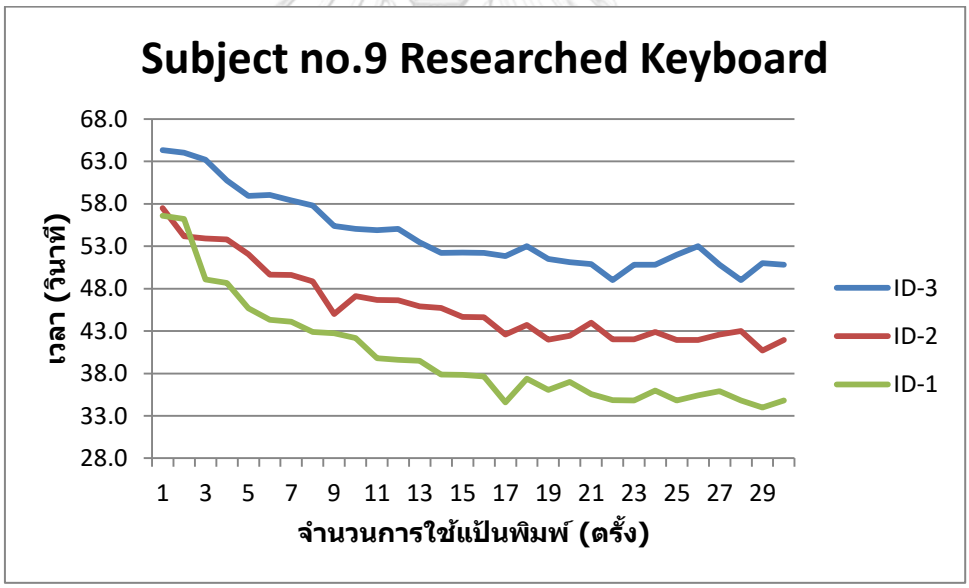
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 8



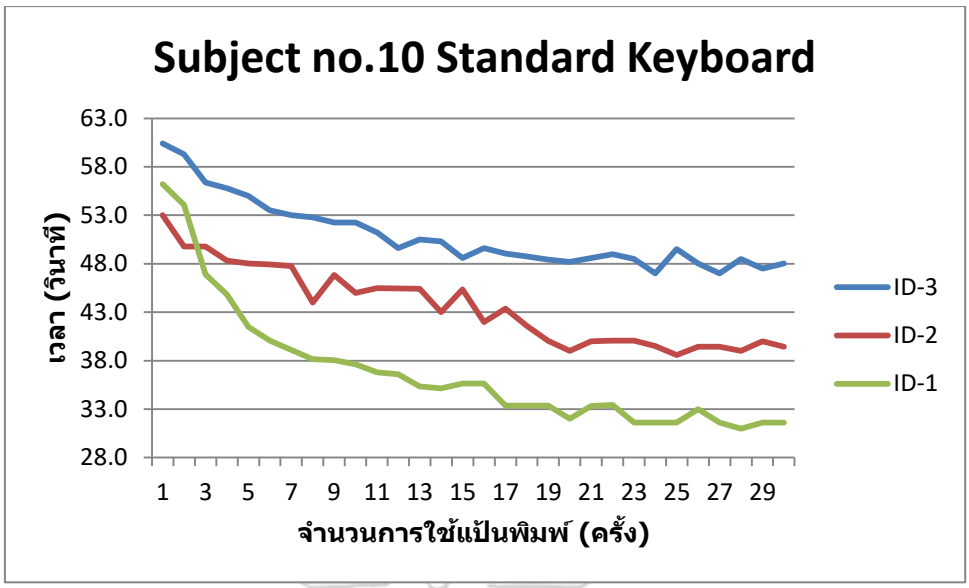
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 8



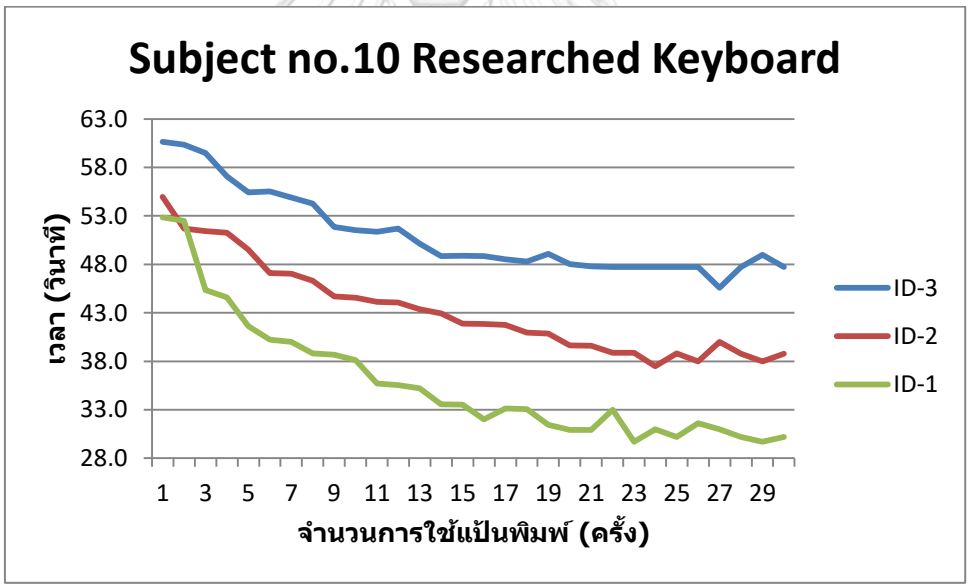
จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 9



จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 9



จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์มาตรฐานเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 10



จำนวนครั้งการใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเกม Speedrunners ของผู้ทดสอบที่ 10

ภาคผนวก ง
แบบสอบถามการใช้งานแป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเล่นเกมคอมพิวเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม

เรื่อง การทดลองใช้งานแป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเล่นเกมคอมพิวเตอร์ แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริง และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

กรุณาใส่เครื่องหมาย X ในช่อง ( ) หน้าข้อความและเติมคำที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ ( ) ต่ำกว่า 15 ปี ( ) 26 – 30 ปี

( ) 15 – 20 ปี ( ) 31 – 40 ปี

( ) 21 – 25 ปี ( ) มากกว่า 40 ปี

3. จบการศึกษาระดับสูงสุด

( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช. ( ) อนุปริญญา / ปวส.

( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพปัจจุบัน

( ) กำลังศึกษา ( ) ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ

( ) พนักงานบริษัทเอกชน ( ) ประกอบธุรกิจส่วนตัว

( ) อื่นๆ ระบุ.....

5. ขนาดความยาวมือ วัดจากเส้นข้อมือถึงปลายนิ้วกลาง

ระบุ..... ซม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ส่วนที่ 2</u> พฤติกรรมการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน

6. ท่านเล่นเกมคอมพิวเตอร์กี่ชั่วโมงต่อวัน

( ) ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง ( ) 2 - 4 ชั่วโมง

( ) 1 – 2 ชั่วโมง ( ) มากกว่า 4 ชั่วโมง

7. ประเภทของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เล่นเกม

( ) คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop)( ) คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Laptop)

8. ประเภทของแป้นพิมพ์ที่ท่านใช้เล่นเกมเป็นประจำ

( ) แป้นพิมพ์มาตรฐาน ชนิดปุ่มยาง ( ) แป้นพิมพ์การยศาสตร์

( ) แป้นพิมพ์มาตรฐาน ชนิดสปริง ( ) แป้นพิมพ์มือซ้ายสำหรับเล่นเกม

( ) อื่นๆ ระบุ .....

9. ประเภทของเกมที่ท่านเล่นเป็นประจำ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) First Person Shooting (FPS) ( ) Strategy

( ) Simulation ( ) Sports

( ) Role-Playing (RPG) ( ) Adventure

( ) Puzzle ( ) อื่นๆ ระบุ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. ท่านเคยมีประวัติอาการกล้ามอักเสบบริเวณข้อมือ หลัง และไหล่ อันสืบเนื่องมาจากการใช้งานแป้นพิมพ์หรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

หลังจากนี้ผู้วิจัยจะขอความร่วมมือจากท่านในการทดลองใช้งานแป้นพิมพ์ของงานวิจัย ที่ออกแบบมาเพื่อเล่นเกมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะ ด้วยเกม OVERWATCH ท่านสามารถทดลองเล่นเกมดังกล่าวได้อย่างอิสระเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรุณาตอบแบบสอบถามในส่วนที่ 3

<u>ส่วนที่ 3</u> หลังการทดลองใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยในการเล่นเกม

11. ท่านใช้เวลาในการเรียนรู้และปรับตัวเพื่อใช้งานแป้นพิมพ์งานวิจัย นานเท่าไหร่

( ) ใช้งานได้ทันทีไม่ต้องปรับตัว ( ) ประมาณ 30 นาที

( ) ประมาณ 15 นาที ( ) ไม่สามารถปรับตัวได้ภายใน 1 ชั่วโมง

13. ขณะและหลังการทดลอง ท่านมีอาการเมื่อยล้าเกิดขึ้นที่บริเวณข้อมือ หลัง และไหล่ หรือไม่

( ) ไม่มีอาการบาดเจ็บใดๆ

( ) มีอาการ ระบุ.....

12. ขณะที่ท่านทดสอบมีปัจจัยใดดังต่อไปนี้เป็นอุปสรรคในการทดสอบหรือไม่

( ) แป้นพิมพ์งานวิจัยตอบสนองช้ากว่าปกติ ( ) การแสดงผลหน้าจอผิดปกติ

( ) การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ทผิดปกติ ( ) เมาส์ผิดปกติ

( ) อื่นๆ ระบุ .....

13. ประสิทธิภาพในการเล่นเกมของท่านเมื่อใช้แป้นพิมพ์งานวิจัยเทียบกับแป้นพิมพ์มาตรฐานดีขึ้นหรือแย่ลงอย่างไร จงอธิบายลงในพื้นที่ด้านล่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

( ) ดีขึ้น ( ) ไม่แตกต่าง

( ) แย่ลง

อธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

14. ประเมินประสิทธิภาพในรายกิจกรรมในการเล่นเกมของท่านเมื่อใช้แป้นพิมพ์งานวิจัย จงให้คะแนนโดยทำเครื่องหมาย [X] ในช่องประเมิน

กิจกรรม	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	แย่	แย่ที่สุด
การควบคุม: การเคลื่อนที่ทั่วไป					
การควบคุม: การเปลี่ยนอาวุธ					
การควบคุม: การวิ่งหลบหลีก					
การควบคุม: การกระโดดหลบหลีก					
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษ					
การควบคุม: การหมอบคลาน					
การควบคุม: การใช้พลังพิเศษต่อเนื่อง					
การใช้งาน: ความสบายในการวางมือ					
การใช้งาน: ความแม่นยำการกดปุ่ม					
การใช้งาน: ความเร็วในการกดปุ่ม					
การใช้งาน: การสนองของแป้นพิมพ์					

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

15. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก จ
การวิเคราะห์ ANOVA ระหว่างของเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัยในแต่ละด่านของเกม Speedrunners

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณ ANOVA ระหว่างของเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัยในด่านที่ 1

Factor 1: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน (Standard)
Factor 2: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย (Research)
N: 20

SUMMARY Stage 1

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Standard	10	326.8569	32.68569	1.667684
Research	10	321.8941	32.18941	2.742327

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1.231427	1	1.231427	0.558469	0.464529	4.413873
Within Groups	39.6901	18	2.205006			
Total	40.92153	19				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณ ANOVA ระหว่างของเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัยในด่านที่ 2

Factor 1: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน (Standard)
Factor 2: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย (Research)
N: 20

SUMMARY Stage 2

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Standard	10	384.8297	38.48297	4.4259
Research	10	382.5165	38.25165	4.090949

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0.267541	1	0.267541	0.062826	0.804922	4.413873
Within Groups	76.65164	18	4.258424			
Total	76.91918	19				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคำนวณ ANOVA ระหว่างของเวลาคงที่ของแป้นพิมพ์มาตรฐานและแป้นพิมพ์งานวิจัยในด่านที่ 3

Factor 1: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์มาตรฐาน (Standard)
Factor 2: เวลาคงที่จากการทดสอบด้วยแป้นพิมพ์งานวิจัย (Research)
N: 20

SUMMARY Stage 3

Groups	*Count*	*Sum*	*Average*	*Variance*
Standard	10	479.8587	47.98587	3.091646
Research	10	463.9511	46.39511	7.672509

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	12.65273	1	12.65273	2.3509	0.142599	4.413873
Within Groups	96.8774	18	5.382078			
Total	109.5301	19				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ณัฐพล จิระรัตนานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	17 กรกฎาคม 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 35/145 ถนนติวานนท์ ตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี
ผลงานตีพิมพ์	สัมมนาเครือข่ายอุตสาหการ 2561 IE Network 2018 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University