การประเมินประสิทธิภาพแคปช่า

นายภาสกร ยูถะสุนทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Evaluation of CAPTCHA Efficiency

Mr. Passzarkorn Youthasoontorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Computer Science
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินประสิทธิภาพแคปช่า
โดย	นายภาสกร ยูถะสุนทร์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร. อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาสกร ยูถะสุนทร์ : การประเมินประสิทธิภาพแคปช่า (Evaluation of CAPTCHA Efficiency) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. เกริก ภิรมย์โสภา, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช, 58 หน้า.

ผู้วิจัยได้นำเสนอการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าโดยการนำวิธีทางสถิติมาประยุกต์ใช้ คนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าจักรกลไม่สามารถอ่านตัวอักษรจากรูปภาพได้ ข้อเท็จจริงบางส่วนนี้นำมาสู่การประดิษฐ์แคปช่า ด้วยการผสมตัวอักษรเป็นกลุ่มคำสั้นๆ ที่สามารถนำมาใช้บ่งชี้ว่าผู้ใช้งานเป็นมนุษย์หรือจักรกล อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีในการรู้จำตัวอักษรของจักรกลส่งผลให้จักรกลสามารถต่อกรกับแคปช่าได้ นักออกแบบแคปช่าจึงต้องหาวิธีการรับมือเพื่อป้องกันการโจมตีของบรรดาบ็อทเน็ต และในขณะเดียวกันก็ต้องออกแบบแคปช่าที่ควรจะง่ายต่อการใช้งานของมนุษย์ ทั้งสองสิ่งนี้เป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการประดิษฐ์แคปช่าไม่สามารถแยกจากกันได้ เฉกเช่นเดียวกับกระประเมินประสิทธิภาพแคปช่าที่จะต้องประเมินทั้งมิติการใช้งานของมนุษย์และมิติด้านการป้องกันจักรกลควบคู่กันไป โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าแคปช่ารูปแบบของ Yahoo เป็นแคปช่าที่เป็นมิตรกับการใช้งานมากที่สุด ซึ่งเป็นรูปแบบตัวอักษรทั่วไปแต่มีคุณลักษณะสำคัญที่สามารถป้องการแบ่งกลุ่มตัวอักษรได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2557	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5570557621 : MAJOR COMPUTER SCIENCE

KEYWORDS: CAPTCHA, CHALLENGE-RESPONSE, EVALUATION, EFFICIENCY, SEGMENTATION, RESISTANCE, ROBUSNESS, ATTACK, BOTNET

PASSZARKORN YOUTHASOONTORN: Evaluation of CAPTCHA Efficiency. ADVISOR: ASST. PROF. KRERK PIROMSOPA, Ph.D., CO-ADVISOR: DR. AKARIN PHAIBULPANICH, Ph.D., 58 pp.

We propose statistical methods for evaluating the efficiency of CAPTCHA. Most people unfairly assumed that machines are not capable at reading precisely. This fact leads to the invention of CAPTCHA, a distorted word or short phase, which is designed to thwart computers and separate human from machines. However, advances in image recognition technologies mean that machines are constantly getting better at recognizing CAPTCHA. This forces CAPTCHA designers to design even more difficult CAPTCHAs to prevent their systems from being gamed by malicious bots. However, this arm race has an unintended side effect on the common users. Many CAPTCHAs are now so hard that many people are unable to read them. This obviously conflicts with the original purpose that CAPTCHA was invented in the first place. Our analysis shows that some CAPTCHAs are more friendly. In particular, Yahoo-style CAPTCHA is the most friendliness. This suggests that a good CAPTCHA could be a simple text with some noises that prevent machine from correctly segmenting characters.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Computer Engineering	Student's Signature .....
Field of Study:	Computer Science	Advisor's Signature .....
Academic Year:	2014	Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายท่าน อันดับแรกข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ภิรมย์โสภา และ อาจารย์ ดร.อัครินทร์ ไพบูลย์พานิช อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า ผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์และการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการระดับนานาชาติของข้าพเจ้า ตลอดจนตรวจทานความถูกต้องเรียบร้อยด้วยความเอาใจใส่อย่างเต็มที่เสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้เป็นเกียรติมาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้ข้าพเจ้า รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ และ อาจารย์ ดร.พงศ์ธวัช ชีพพิมลชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลามาร่วมฟังการนำเสนอและให้คำแนะนำที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณพี่น้องในแลป MASS และ SPA ทุกท่านทุกรุ่นที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ โดยเฉพาะพี่สมิทธ์ ธรรมบำรุง รุ่นพี่ในแลปที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งตีพิมพ์วิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณนางสาวอรวี อินทรเวศน์วิไล แฟนสาวผู้ช่วยเตรียมข้อมูลในการทดลอง ตลอดจนเป็นกำลังใจและให้ความเข้าใจด้วยดีเสมอมาขอขอบคุณนางสาว ทิพากร วิชิตาเลิศพงศ์ เพื่อนคนเก่งและน้องชาย ที่ช่วยแนะนำเทคนิคการนำเสนอวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ขอขอบคุณผู้ที่ช่วยประชาสัมพันธ์และผู้เข้าร่วมทำแบบทดสอบแคปช่าทุกท่านที่ได้สละเวลา ในการสร้างข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ขออภัยที่ไม่สามารถกล่าวรายชื่อได้หมดในที่นี้

และที่สำคัญที่สุดของเบื้องหลังความสำเร็จครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้เป็นที่รักของข้าพเจ้า คุณพ่อธนิก และ คุณแม่ผุสดี ยูถะสุนทร์ ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกๆ ด้านตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถประสงค์ 4
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน 4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 4
1.4.1 การจัดเตรียมแคปช่า 5
1.4.2 การจัดเตรียมแบบทดสอบบนเว็บไซต์ 6
1.4.3 การจัดเตรียมบ็อท 7
1.4.4 การและประเมินผล 7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรด้วยวิธีของ Taro Yamane 9
2.2 การเปรียบเทียบข้อมูลด้วยไคสแควร์ Chi-Square Test 10
2.3 การเปรียบเทียบข้อมูลด้วย ANOVA 11
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
บทที่ 3 แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.1 เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ 13
3.2 วิธีการประเมินประสิทธิภาพแคปช่า 14
บทที่ 4 ผลการทดลอง 16
4.1 ข้อมูลประชากร 16
4.2 คุณลักษณะของแคปช่า 19
4.3 ผลการทดสอบด้านเวลา 21
4.3.1 มุมมองของผลกระทบการใช้เวลาที่มีต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ 22
4.3.2 มุมมองของผลกระทบด้านเวลาต่อปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ . 24
4.4 ผลการทดสอบด้านความแม่นยำ 27
4.4.1 มุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ 27
4.4.2 มุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลต่อปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ 31
4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแคปช่า 33
4.6 ผลการทดสอบด้านคสามสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของแคปช่า 35
บทที่ 5 บทสรุป 40
5.1 สรุปผลการทดลอง 40
5.2 ข้อเสนอแนะ 41
รายการอ้างอิง 42
ภาคผนวก 44
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบด้านเวลาต่อปัจจัยต่างๆ ของผู้ทดสอบ 45
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบด้านความแม่นยำต่อปัจจัยต่างๆ ของผู้ทดสอบ 50
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพที่ 1.1 แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงประชากรที่สามารถใช้งานแคปช่า (A) แสดงถึงอุดมคติในการออกแบบแคปช่าที่ดี, (B) แสดงถึงอุดมคติในการออกแบบแคปช่าที่ไม่ดี, (C) แสดงถึงการออกแบบแคปช่าที่เกิดขึ้นในทุกวันนี้ 3

รูปภาพที่ 1.2 ภาพตัวอย่างแคปช่าแต่ละรูปแบบ 6

รูปภาพที่ 1.3 แสดงภาพเว็บไซต์ที่นำมาทดสอบมนุษย์ 7

รูปภาพที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้เวลาเฉลี่ยในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ 23

รูปภาพที่ 4.2 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงค่าเวลาเฉลี่ยในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ 26

รูปภาพที่ 4.3 แสดงการใช้เวลาเฉลี่ยโดยรวมของแคปช่าทุกเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ 27

รูปภาพที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของมนุษย์เปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า 29

รูปภาพที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกลเปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า 30

รูปภาพที่ 4.6 แสดงอัตราความแม่นยำในการตอบของระดับการศึกษาที่แตกต่างกันเปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า 33

รูปภาพที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแบบเปรียบเทียบสัดส่วนการตอบถูกและสัดส่วนการตอบผิดของมนุษย์เรียงลำดับตามคุณลักษณะที่มีสัดส่วนการตอบถูกมากที่สุดไล่ลงไปตามลำดับ 37

รูปภาพที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแบบเปรียบเทียบสัดส่วนการตอบถูกและสัดส่วนการตอบผิดของจักรกล เรียงลำดับตามคุณลักษณะที่มีสัดส่วนการตอบถูกมากที่สุดไล่ลงไปตามลำดับ 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงการจัดช่วงชั้นประสิทธิภาพของแคปช่า 15
ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนประชากรผู้ร่วมทดสอบทั้ง 487 คน จำแนกรายสัญชาติ 17
ตารางที่ 4.2 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามกลุ่มอายุ 18
ตารางที่ 4.3 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามระดับการศึกษา 19
ตารางที่ 4.4 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามเพศ 19
ตารางที่ 4.5 ตารางจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของแคปช่าแต่ละชนิด 20
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยด้านเวลาในการตอบแคปช่าของมนุษย์ 22
ตารางที่ 4.7 แสดง P-value ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ระหว่างกลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ 24
ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงความถี่และสัดส่วนในการตอบเปรียบเทียบรายแคปช่า 28
ตารางที่ 4.9 แสดง P-value ในการเปรียบเทียบสัดส่วนของการในการตอบแคปช่ากูกต้องของแต่ละเว็บไซต์ระหว่างกลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ 31
ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพแคปช่า และ ค่าความน่าใช้แคปช่า เมื่อเปรียบเทียบกับ Tesseract 34
ตารางที่ 4.11 แสดงสัดส่วนการตอบถูกและการตอบผิดของผู้เข้าทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของแคปช่า 35
ตารางที่ 4.12 แสดงสัดส่วนการตอบถูกและการตอบผิดของ Tesseract เมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของแคปช่า 37
ตารางที่ ก.1 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ 45
ตารางที่ ก.2 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามระดับการศึกษา 46
ตารางที่ ก.3 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามเพศ 47
ตารางที่ ก.4 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามสัญชาติ 48
ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อกลุ่มอายุเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า 50

ตารางที่ ข.2 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อเพศเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า 52
ตารางที่ ข.3 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อการศึกษาเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า..... 54
ตารางที่ ข.4 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อสัญชาติเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า 56

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เดิมทีมีความเข้าใจว่าจักรกลไม่สามารถอ่านข้อความจากภาพได้ เนื่องจากขีดจำกัดในรู้จำและการระบุตำแหน่งของอักษรบนรูปภาพของจักรกลยังไม่ดีพอ ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบที่สามารถนำมาใช้แยกแยะจักรกลออกจากมนุษย์ จึงมีการนำความเข้าใจนี้มาประดิษฐ์เครื่องมือที่ชื่อว่า “แคปช่า” (CAPTCHA : Completely Automated Public Turing test to tell Computer and Human Apart)[1] สิ่งนี้เป็นปราการด่านสำคัญที่ตั้งตระง่านระหว่างจักรกลและมนุษย์ มีหน้าที่คอยป้องกันจักรกลที่ไม่พึงประสงค์ หรือ “บ็อทเน็ต” (Botnet) ไม่ให้เข้ามาก่อกวน แม้ว่าจะมีการประดิษฐ์แคปช่าขึ้นมาเป็นรูปแบบต่างๆ แต่มันก็สามารถทำหน้าที่ป้องกันได้เพียงแค่ช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากผลพวงของการปรับใช้ศาสตร์ทาง computer vision และ machine learning มาเพื่อสร้างความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี ยกระดับความสามารถของคอมพิวเตอร์ให้สูงขึ้น ทุนแรงกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ ด้วยเหตุนี้เองทำให้จักรกลมีพัฒนาการด้านทักษะการอ่านและเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ประเด็นของข้อได้เปรียบระหว่างจักรกลและมนุษย์ที่กล่าวมาในข้างต้น พลอยมีช่องว่างที่แคบลงไปทุกที

ภายใต้มุมของการพัฒนาแคปช่าที่ผ่านมา ล้วนแต่เป็นการออกแบบเพื่อให้หนีศักยภาพการอ่านของจักรกล โดยมีเป้าหมายที่จะสร้างความซับซ้อนเพื่อที่จะให้จักรกลทำความเข้าใจได้ยากขึ้น ด้วยการผสมผสานเทคนิคต่างๆ ส่งผลให้แคปช่าพัฒนาออกมาในหลากหลายชนิด อาทิ แคปช่าในชนิดที่เป็นตัวอักษร (text-based CAPTCHA) แคปช่าในชนิดที่เป็นรูปภาพ (image-based CAPTCHA) แคปช่าในชนิดของการใช้เสียง (audio-based CAPTCHA) และยังมีอีกหลายลักษณะที่พยายามออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานของมนุษย์ [2]–[7]

การท้าทายการตอบสนอง (Challenge-response) ที่นำมาใช้แยกแยะความสามารถระหว่างมนุษย์และจักรกลทุกวันนี้ ไม่ได้นำข้อได้เปรียบจากการมองเห็นและการจดจำของมนุษย์มาประยุกต์ใช้เท่านั้น ยังมีการนำเรื่องของการตีความทางตรรกศาตร์และการใช้เสียงเข้ามาร่วมด้วย แต่ทั้งนี้แคปช่าในชนิดที่เป็นตัวอักษร เป็นแคปช่าที่มีรูปแบบที่มนุษย์สามารถใช้งานได้อย่างแม่นยำสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบรรดาแคปช่าแบบอื่นๆ ประกอบกับความสามารถในการต้านทานการโจมตี

ทุกรูปแบบ (brute force attack) เป็นสิ่งที่ทำให้แคปช่าชนิดตัวอักษรถูกนำใช้กันอย่างกว้างขวางในทศวรรตที่ผ่านมา

เป็นเรื่องปกติที่จักรกลไม่ได้ถูกออกแบบเผื่อไว้สำหรับต่อกรแคปช่าชนิดใหม่ ที่บรรดานักออกแบบนักพัฒนาได้ประดิษฐ์แคปช่าออกมาโลดแล่นบนโลกอินเตอร์เน็ต จึงเป็นเหตุผลว่าจักรกลในรุ่นเดิมๆ ไม่สามารถแบ่งกลุ่มตัวอักษร (Segmentation) ได้อย่างถูกต้อง การแบ่งกลุ่มตัวอักษรเปรียบเสมือนกับหัวใจของกระบวนการอ่าน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวกำลังถูกต่อต้าน และส่งผลให้การรู้จำตัวอักษร (text recognition) มีการทำงานที่ผิดพลาดมากขึ้น เมื่อไม่สามารถรู้จำตัวอักษรได้อย่างถูกต้อง จึงกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ (success rate) ในการตอบแคปช่ามีผลลัพธ์ที่ลดต่ำลงตามลำดับ จักรกลจึงถูกมองว่ามีความสามารถในการท้าทายการตอบสนองที่ด้อยกว่ามนุษย์

จากพัฒนาการของแคปช่าทุกวันนี้ จะเห็นว่าแคปช่าที่มีการทำตัวอักษรให้เอียง บิดเบี้ยว ปรับขนาดให้ไม่เท่ากัน หรือพยายามลดช่องไฟระหว่างตัวอักษรด้วยการจับตัวหนังสือมาเบียดกัน สร้างลวดลายให้พื้นหลัง แม้แต่การเติมเส้นลากคร่อมทับตัวหนังสือ ซึ่งเคยเชื่อว่าเป็นการสร้างความแปรปวนและทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (noise) ที่เพิ่มขึ้น จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมงานวิจัยแคปช่าในช่วงต้นทศวรรตพยายามลดการโจมตีของบอทเน็ตด้วยการมุ่งศึกษาแต่วิธีการกีดกันความสามารถจักรกลในการแบ่งตัวหนังสือ [8] จึงมีองค์ความรู้เกี่ยวกับการต่อต้านการแบ่งส่วน (Segmentation Resistance) ขึ้นมามากมาย แต่ทว่า ดูเหมือนว่าศาสตร์ด้านการป้องกันยังก้าวไปไม่เร็วพอ เนื่องจากจักรกลปัจจุบันสามารถขจัดสิ่งเหล่านี้ออกด้วยวิธีการ image processing ทั่วๆไป [9]–[12]

แม้ว่าเร็วๆ นี้ได้มีการนำเทคนิค การบิดเบือนรูปภาพ (Distortion) เข้ามาใช้กับแคปช่า ที่สร้างความลำบากแก่จักรกลในการแยกตัวอักษร แต่แล้วในที่สุดก็ผ่ายให้กับเทคนิคการทำคอนโวลูชั่นนัลนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Convolutional Neural Networks) [13]–[15] ที่สามารถฝึกจักรกลให้เรียนรู้ทำความเข้าใจกับอักษรบนแคปช่าเหล่านั้นได้ ซึ่งกลายเป็นอุปสรรคใหม่ระหว่างของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีกับความปลอดภัย

อุปสรรคของการสร้างแคปช่าไม่เพียงแต่มุ่งให้เกิดการป้องกันที่ดี ตามอุดมคติในการออกแบบแคปช่านั้น แคปช่าควรถูกออกแบบมาให้ป้องกันการโจมตีจากบอทเน็ตได้ และ เป็นมิตรกับ

ผู้ใช้งาน (friendly use) ซึ่งแต่เดิมทีนวตกรรมแคปช่าไม่เพียงแต่สร้างปัญหาให้บอทเน็ตแต่ก็สร้างปัญหาในการใช้งานให้กับมนุษย์พอๆกัน[16] เพราะมันได้กีดขวางการใช้งานที่แท้จริง เมื่อมนุษย์ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าตนเองคือมนุษย์ สร้างความน่ารำคาญใจให้กับฝั่งของผู้ใช้งาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวก็ยังคงพบอยู่ในปัจจุบัน

รูปภาพที่ 1.1 แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์ แสดงประชากรที่สามารถใช้งานแคปช่า (A) แสดงถึงอุดมคติในการออกแบบแคปช่าที่ดี, (B) แสดงถึงอุดมคติในการออกแบบแคปช่าที่ไม่ดี, (C) แสดงถึงการออกแบบแคปช่าที่เกิดขึ้นในทุกวันนี้

จริงอยู่ที่แคปช่าทุกวันนี้กำลังถูกคุกความด้วยขีดความสามารถที่สูงขึ้นของจักรกล แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าจะไม่สามารถแยกแยะผู้ใช้งานที่เป็นมนุษย์ออกจากจักรกล เพราะบนอินเตอร์เน็ตยังคงมีแคปช่ารูปแบบใหม่ๆ ออกมาทำหน้าที่ของมัน แต่สิ่งที่ไม่รู้เลยก็คือประสิทธิภาพที่แท้จริงของแคปช่าเหล่านั้น เนื่องจากการหาประสิทธิภาพของแคปช่าแต่เดิมทำโดยการทดสอบเพียงการหาเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ ของจักรกลหรือมนุษย์เพียงด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งไม่อาจบ่งบอกว่าแคปช่าที่จักรกลทำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ ได้ต่ำจะเป็นแคปช่าที่มนุษย์ใช้งานได้ดี หรือแคปช่าที่มนุษย์ทำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ ได้สูงก็ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าจักรกลจะใช้งานได้ดีระดับใด ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีวิธีในการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าเพื่อบอกขีดความสามารถที่แท้จริง ว่ามันสามารถใช้งานได้ดีกับมนุษย์เพียงใด และต้านทานความสามารถของจักรกลอยู่ในระดับใดควบคู่กันไป

ฉะนั้น การประเมินควรจะเป็นการประเมินที่มาจากทั้งจักรกลและมนุษย์ไปพร้อมๆกัน ซึ่งปรากฏดั่งรูปภาพที่ 1.1 ในภาพ C ผู้วิจัยเชื่อว่าหากสามารถแยกเฉพาะประชากรส่วนที่มนุษย์ตอบได้เพียงอย่างเดียว จะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของแคปช่า และจะสามารถนำมาใช้บ่งบอกระดับความสามารถของแคปช่าว่าต่อกรได้กับบ็อทเน็ตได้ดีเพียงใด และยอมให้มนุษย์ผ่านเข้าไปใช้งานเป็นสัดส่วนเท่าไหร่ โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้อาศัยช่วงห่างของเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ มนุษย์

และจักรกลมาเป็นตัวแปรหลักที่ใช้การบ่งบอกประสิทธิภาพ ซึ่งจะนำเสนออยู่ในหัวข้อแนวคิดและวิธีดำเนินงานอย่างละเอียดในถัดไป

1.2 วัตถประสงค์

1.2.1 สามารถประเมินการเข้าใช้งานของมนุษย์ที่มีต่อแคปช่าได้

1.2.2 สามารถประเมินการโจมตีของจักรกลที่มีต่อแคปช่าได้

1.2.3 สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแคปช่าแต่ละชนิดได้

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.3.1 เนื่องจากแคปช่าที่เป็นชนิดตัวอักษรเป็นชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยมุ่งที่จะศึกษาแต่ชนิดดังกล่าวเพียงอย่างเดียว

1.3.2 รวบรวมแคปช่าชนิดตัวอักษร ที่มีรูปแบบแตกต่างกันจาก 10 เว็บไซต์ที่เป็นที่นิยม โดยใช้จัดอันดับของ Alexa.com จึงทำให้ได้แคปช่าจะเว็บไซต์ Google, Facebook, Yahoo!, Baidu, Sina, Wikipedia, QQ, Taobao, Amazon และ Live ทำการทดลอง

1.3.3 ใช้บอทที่ชื่อว่า Tesseract (Tesseract เวอร์ชั่นที่นำมาทดสอบคือ tesseract-ocr-setup-3.02.02.exe นำมาจาก https://code.google.com/p/tesseract-ocr/) ซึ่งสามารถโจมตี แคปช่าของ The Cool PHP Captcha 0.3.1 ได้สูงกว่าร้อยละ 60 มาเป็นตัวแทนฝั่งของจักรกล

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผู้วิจัยได้วางแผนขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเริ่มจากการจัดเตรียมแคปช่า ตามด้วยการจัดเตรียมแบบทดสอบ, การจัดเตรียมบ็อท, การหาผู้เข้าร่วมดสอบ, การทดสอบบ็อท, การวัดและประเมินผล, เขียนบทความการประชุมทางวิชากร และจัดทำวิทยานิพนธ์ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงระยะเวลาของขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4	เดือนที่ 5	เดือนที่ 6	เดือนที่ 7	เดือนที่ 8	เดือนที่ 9
การจัดเตรียมแคปช่า	■	■							
การจัดเตรียมแบบทดสอบ		■	■						
การจัดเตรียมบ็อท			■						
การหาผู้เข้าร่วมทดสอบ				■	■				
การทดสอบบ็อท						■			
การวัดและประเมินผล						■	■		
การประชุมทางวิชาการ								■	
จัดทำวิทยานิพนธ์									■

1.4.1 การจัดเตรียมแคปช่า

แคปช่าที่นำมาเป็นชุดทดสอบมีทั้งหมด 10 แบบ ได้นำมาจาก 10 เว็บไซต์ยอดนิยม ที่ถูกจัดอันดับโดย alexa.com เมื่อเดือนกรกฎาคมปี 2557 การเลือกใช้แคปช่ามีการพิจารณาจากรูปแบบของแคปช่าเป็นหลัก หากเว็บไซต์ใดใช้แคปช่ารูปแบบที่ซ้ำกัน จะพิจารณาแคปช่าของเว็บไซต์อันดับถัดไปมาเป็นชุดทดสอบ เช่น Youtube.com ใช้ รีแคปช่า (reCaptcha) ซึ่ง Google เองที่เป็นเจ้าของเว็บไซต์ดังกล่าวและใช้รูปแบบแคปช่าเดียวกัน ด้วยเหตุนี้จะตัด แคปช่าที่มีรูปแบบของ youtube.com ออกไป

แคปช่าแต่ละรูปแบบจะถูกนำมาอย่างละ 1000 ตัวอย่าง ซึ่งในจำนวนนี้จะนำใช้งานทดสอบมนุษย์จริง 800 ภาพ และสำรองอีก 200 ภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมั่นใจได้ว่าจะมีแคปช่าพอเพียงที่ไม่ซ้ำกันเมื่อถูกสุ่มขึ้นมาทำการทดสอบมนุษย์และจักรกล เพื่อให้ได้การวัดประสิทธิภาพที่แท้จริง ชุดแคปช่าทดสอบที่มนุษย์และจักรกลใช้ทดสอบจะใช้ชุดเดียวกัน

การทดสอบคาดว่าจะใช้ผู้ทดสอบจำนวน 400 คนเป็นอย่างต่ำ ตามวิธีการคำนวณกลุ่มประชากรตัวอย่างของ ทาโร่ ยามาเน่ และเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการทดสอบมากขึ้น แบบทดสอบทั้งหมดผู้วิจัยจะทำตรวจสอบคำตอบก่อนและหลังนำไปใช้ทดสอบ มีเพียงแคปช่าจากเว็บไซต์

Google รูปแบบ Hard recahtcha ที่สามารถนำมาใช้งานได้เลย สามารถตรวจสอบค่าผ่านทาง API ทำให้ผู้วิจัยไม่ต้องเตรียมเฉลยล่วงหน้า แต่อย่างไรก็ตามได้มีการบันทึกภาพและคำตอบด้วยทุกครั้งที่ทดสอบ

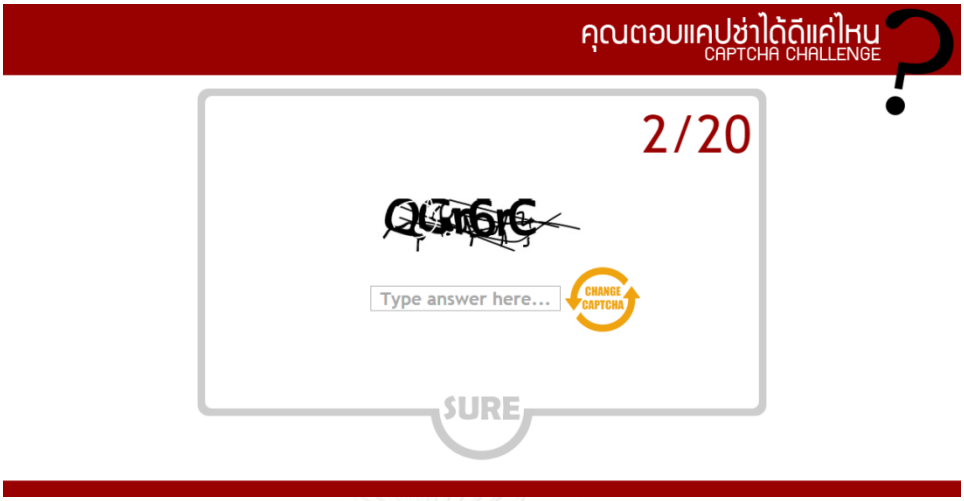
ก่อนการนำแคปช่ามาให้จักรกลทดสอบการรู้จำตัวอักษร จะมีการ pre-process ในแคปช่าบางชนิดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากขึ้น ซึ่งแคปช่าที่ต่างรูปแบบจะต้องใช้การ pre-process ที่แตกต่างกัน

รูปภาพที่ 1.2 ภาพตัวอย่างแคปช่าแต่ละรูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.4.2 การจัดเตรียมแบบทดสอบบนเว็บไซต์

เพื่อให้เหมาะกับสถานะการณ์จริง การทดสอบมนุษย์จะถูกจัดทำขึ้นบนเว็บไซต์ โดยผู้เข้าทดสอบจะต้องระบุ อายุ เพศ เชื่อชาติ ระดับการศึกษา ก่อนเข้ารับการทดสอบทุกครั้ง โดยทางเว็บไซจ์จะเก็บ ip ซึ่งสามารถนำมาตรวจสอบสถานที่ใช้งานแบบทดสอบนี้ได้ เพื่อให้การทดลองไม่ยืดยาวและสร้างความเหนื่อยล้าจนเกินไปซึ่งสามารถทำให้ผู้เข้าทดสอบอาจเกิดความผิดพลาดได้ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ผู้ทดสอบตอบแคปช่าเพียง 20 ภาพต่อหนึ่งคนเท่านั้น ในระหว่างการทดสอบแต่ละแคปช่าจะถูกจับเวลา หากมีการกดเปลี่ยนภาพแคปช่าเวลาจะนับเวลาใหม่เฉพาะภาพนั้นๆ เมื่อผ่านไปทั้ง 10 รูปแบบ ระบบจะนำแคปช่าที่มี 10 รูปแบบเดิมขึ้นมาให้ทดสอบซ้ำ เปลี่ยนแต่แคปช่าของเว็บไซต์ Google ใช้ Hard reCaptcha เป็นแบบทดสอบที่ 11 จากนั้นจึงเริ่มรูปแบบถัดไป ด้วยวิธีดังกล่าวจะทำให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบครบทั้ง 20 ภาพ (11 แบบจาก 10 เว็บไซต์)



รูปภาพที่ 1.3 แสดงภาพเว็บไซต์ที่นำมาทดสอบมนุษย์

1.4.3 การจัดเตรียมบ็อท

การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้จักรกลที่มีความสามารถด้านการรู้จำอักษร (Optical Character Recognition หรือ OCR) ที่สามารถหาได้ทั่วไป มีให้ดาวน์โหลดฟรีในอินเตอร์เน็ต ซึ่งผู้วิจัยได้ Tesseract มาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ โดยก่อนนำมาทดสอบกับแคปช่าที่ใช้จริงเว็บไซต์ทั้งสิบอันดับ ผู้วิจัยได้ทดสอบกับ The Cool PHP captcha 0.3.1 ซึ่งเป็น text-based captcha ที่มีความแปรปรวนพียงเล็กน้อย โดย Tesseract สามารถตอบได้สำเร็จเกินกว่า 60% ผู้วิจัยจึงได้นำมันมาเป็นตัวอย่างของผู้ทดสอบในครั้งนี้ (Tesseract เวอร์ชั่นที่นำมาทดสอบคือ tesseract-ocr-setup-3.02.02.exe นำมาจาก https://code.google.com/p/tesseract-ocr/ และ The Cool PHP captcha 0.3.1 นำมาจาก https://code.google.com/p/cool-php-captcha/)

1.4.4 การและประเมินผล

ทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามสมการการประเมินประสิทธิภาพแคปช่า โดยการนำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จเฉลี่ยของแต่ละเว็บไซต์ทั้งด้านของมนุษย์และจักรกล มา

ประเมินประสิทธิภาพแคปช่า โดยอิงการแบ่งเกณฑ์ตามตารางแสดงการจัดช่วงชั้นประสิทธิภาพของแคปช่าในตารางที่ 3.1 แสดงการจัดช่วงชั้นประสิทธิภาพของแคปช่า ซึ่งแคปช่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะอยู่ระดับที่ได้ดาว 5 ดวง และระดับที่ไม่ได้ดาวเลยถือว่าเป็นแคปช้าที่ไร้ประสิทธิภาพ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการประเมินแคปช่า ซึ่งได้จำแนกประสิทธิภาพของแคปช่าแต่ละชนิดออกเป็นช่วงชั้น โดยให้ความหมายแคปช่าที่ได้รับดาวครบห้าดวงเรียกได้ว่าเป็นแคปช่าที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด คือสามารถให้มนุษย์เข้าถึงได้มากกว่าร้อยละ 95 และป้องกันจักรกลได้สูงกว่าร้อยละ 95 และหากแคปช่ารูปแบบที่ไม่ได้รับดาวเลยตีความว่าเป็นแคปช่าที่ไม่มีประสิทธิภาพ เพราะไม่สามารถบรรลุจุดประสงค์ของการทำแคปช่า

ผู้วิจัยมีความเชื่อว่าแนวคิดจากงานวิจัยฉบับนี้สามารถนำไปเป็นเครื่องมือที่บ่งบอกการเลือกใช้แคปช่าในอนาคตได้ ทั้งนี้พัฒนาการของศาสตร์ทาง image processing และ computer vision ก็เป็นปัจจัยสำคัญในการท้าทายนักพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแยกแยะมนุษย์และจักรกล การศึกษาถึงวิธีการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าในครั้งนี้นอกจากจะนำมาใช้เพื่อเตือนถึงภัยคุกคามให้กับทางวงการความมั่นคงปลอดภัยทราบถึงช่องโหว่ที่สามารถจะขึ้นแล้ว ยังสามารถนำแนวทางประเมินที่ใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาช่วยครั้งนี้ไปใช้ได้อีกในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทั้งนี้ สามารถสรุปประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา ได้ดังต่อนี้

1.5.1 เพื่อประเมินการเข้าใช้งานของมนุษย์ที่มีต่อแคปช่าได้

1.5.2 เพื่อประเมินการโจมตีของจักรกลที่มีต่อแคปช่าได้

1.5.3 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแคปช่าแต่ละชนิดได้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำการศึกษาประสิทธิภาพของแคปช่าที่ยุติธรรมจะต้องทำการทดสอบทั้งมนุษย์และจักรกล แม้ว่าการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของมนุษย์ไม่อาจทดสอบมนุษย์ได้ทุกคน ดังนั้นศาสตร์ทางด้านสถิติจึงเป็นเครื่องมือที่ถูกหยิบขึ้นมาประยุกต์ในการกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรที่จะใช้ในการศึกษาผู้ใช้งานแคปช่า

2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรด้วยวิธีของ Taro Yamane

ผู้ใช้งานแคปช่าก็คือผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ต การกำหนดประชากรในครั้งนี้จึงต้องกำหนดให้ครอบคลุมผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ต ซึ่ง World Wide Web Consortium (W3C) ได้ระบุจำนวนผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ. 2557 ว่ามีจำนวนประชากรอยู่ที่ 2,925,249,355 คน (แหล่งที่มา http://www.alexa.com/topsites) ส่งผลให้การกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำสูตรการหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane (1967) [17] ที่ระบุความเชื่อมั่นได้ที่ 95% ซึ่งจะมีความคลาดเคลื่อนเท่ากับค่า 0.05 ซึ่งตามสูตรของ Taro Yamane (1967) จะคำนวณกลุ่มตัวอย่างออกมาได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กำหนดให้

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ = 0.05

สูตร

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

แทนค่าสูตร

$$n = \frac{2,925,249,355}{2,925,249,355(0.05)^2}$$

$$n = 400 \text{ คน}$$

ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาจะมีจำนวนขั้นต่ำที่ยอมรับได้อยู่ที่ 400 คน

2.2 การเปรียบเทียบข้อมูลด้วยไคสแควร์ Chi-Square Test

การทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) คือวิธีการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรูปของของสัดส่วนหรือในรูปความถี่ เช่น การศึกษาเจตคติความคิดเห็น ความสนใจ หรือการยอมรับ ซึ่งไม่สามารถวัดค่าออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน แต่สามารถจำแนกออกเป็น หมวดได้ โดยนำการเก็บรวบรวมจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้วจำแนกออกมาเป็นสัดส่วนหรือความถี่ ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบตัวแปร 2 กลุ่มหรือมากกว่าว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่

ในงานวิจัยนี้ได้นำการทดสอบความเป็นเอกภาพ หรือเรียกว่า การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ หรือการทดสอบ ความคล้ายคลึงกันของตัวแปร (Test of Homogeneity) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความเหมือนกัน หรือความแตกต่างกันของตัวแปร โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นหรืออัตราส่วนของตัวแปรทั้งสอง หากมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าตัวแปรมีความเหมือนกัน

2.3 การเปรียบเทียบข้อมูลด้วย ANOVA

การวิเคราห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) หรือ ANOVA เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของประชากรได้ที่มากกว่า 2 กลุ่มขึ้นไป ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัจจัยได้มากกว่าหนึ่งปัจจัย และยังสามารถแสดงให้เห็นผลกระทบซึ่งกันและกันของปัจจัยต่างๆ (Interaction) แต่การวิเคราะห์ด้วย ANOVA มีข้อจำกัดอยู่ที่ ข้อมูลของทุกๆ ประชากร จะมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) เท่านั้น ดังนั้น ค่าความผันแปร (Variation) ของข้อมูล แต่ละประชากรจึงต้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในทุกวันนี้จะรู้ได้อย่างไรว่าแคปช่าที่มีอยู่บนอินเตอร์เน็ตทุกวันนี้สามารถป้องกันบ็อทเน็ตได้แล้วจะแน่ใจได้อย่างไรว่าแคปช่าเหล่านั้นจะไม่กีดกันมนุษย์ออกจากการใช้งาน มีเพียงการศึกษาทดลองที่ผ่านมาทำให้ทราบข้อเท็จจริงของประเมินประสิทธิภาพว่าแคปช่าจะตอบโจทย์ของตัวมันเองอยู่ในระดับไหน เมื่อค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่างๆ จึงพบว่ามีการศึกษาแคปช่าในมุมมองที่แตกต่างกันออกไป

หากว่าด้วยเรื่องของการป้องกันภัยคุกคามจากภายนอก มุมมองของผู้ออกแบบแคปช่าจะมองเพียงการประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อให้จักรกลสร้างคำถามออกมาในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจักรกลเองก็ไม่สามารถทำความเข้าใจและตอบคำถามนั้นได้ โดยคำถามที่สร้างขึ้นอาศัยความเข้าใจของมนุษย์เป็นพื้นฐานสำคัญ และนำมาเป็นเกณฑ์ในการกำหนดระดับมนุษย์สามารถที่จะเข้าใจได้ ด้วยเหตุนี้เกิดการค้นคว้าเกี่ยวกับการความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ที่เรียกกันว่า HIPs (Human Interaction Proofs) [18] เพื่อให้มนุษย์สามารถตอบสนองการใช้งานได้ดีและแม่นยำยิ่งขึ้น

สิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเกี่ยวระหว่างมนุษย์กับแคปช่า คือมนษย์ทุกคนล้วนมีพื้นฐานที่ต่างกัน จึงทำให้เกิดการศึกษาพฤติกรรมการใช้แคปช่าของมนุษย์จากปัจจัยอันหลากหลาย [19] ไม่ว่าจะเป็นอายุ สัญชาติ ระดับการศึกษา จำนวนปีที่ใช้ภาษาอังกฤษ ภาษาแม่ ถิ่นกำเนิด สถานที่อยู่อาศัยปัจจุบัน จำนวนปีที่ได้ใช้อินเตอร์เน็ต ล้วนส่งผลต่อการใช้งานแคปช่า โดยในส่วนของแคปช่ากลุ่มที่เป็นตัวอักษรพบว่า ความแม่นยำในการตอบ แคปช่าจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น และยิ่งมีการศึกษา

ที่สูงขึ้นจะผลต่อการตอบแคปช่าที่แม่นยำขึ้น และยังพบว่าแคปช่าที่มีการบิดเบี้ยวตัวอักษรเข้าด้วยกันของ Google เป็นกลุ่มที่มนุษย์ตอบแม่นยำน้อยและใช้เวลามากกว่ากลุ่มที่ใส่เพียง สัญญาณรบกวน

สำหรับการโจมตีแคปช่ามีศาสตร์และศิลป์หลักๆ ที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยเริ่มจากการการเตรียม แคปช่าก่อนนำไปประมวลผล (preprocessing) จากนั้นจึงทำการแบ่งกลุ่มออกมาเป็นตัวอักษร (chunk) แล้วค่อยนำมาสู่ขั้นตอนของการจำแนกตัวอักษรและรู้จำตามลำดับ [20] ปัญหาที่จะถูกพบเจอเสมอก่อนนำภาพไปประมวลผล คือเรื่องของสัญญาณรบกวน ในช่วงแรกที่มีการประดิษฐ์แคป มีความเข้าใจกันว่าการใส่ขีด (stork) หรือจุด (dot) ต่างๆ ให้กับแคปช่า คือการทำการการต่อต้านแบ่งกลุ่ม (segmentation resistance) แต่ในหลายงานวิจัยและการทดลองหลายหลายครั้งที่ผ่านมาพบว่าการขจัดสัญญานรบกวน (noise) กลับกลายเป็นเรื่องง่าย [20], [21] การแบ่งกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับแคปช่ากลุ่มที่ถูกบิดเบือนภาพจะสามารถทำได้ยากกว่า ดังนั้น สัญญานรบกวนอื่นๆจึงไม่ใช่อุปสรรคสำหรับความพายามแบ่งกลุ่มตัวอักษร (chunk) แต่เป็นการบิดเบือนภาพมากกว่า [18] ซึ่งหากจักรกลแบ่งกลุ่มตัวอักษรได้สำเร็จจะทำให้โอกาสที่จะรู้จำสูงขึ้น และส่งผลให้อัตราการความสำเร็จสูงถึง 90% และใช้เวลาประมาณ 80 ms ต่อการตอบในแต่ละครั้ง [21]

ปัจจุบันมีการพิสูจน์แล้วว่าการการนำเทคนิคการบิดบือนมาใช้เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถลดความสามารถในการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ได้ดี อย่างไรก็ตามวิธีการปกป้องนี้ไม่เพียงพอที่จะเรียกว่ามีประสิทธิภาพ [22] ยิ่งไปกว่านั้นการใช้เทคนิคการบิดเบือน มักกระทบต่อการใช้งานจริงของมนุษย์จากสิ่งที่ได้นำเสนอมาแสดงให้เห็นถึงความขัดแย้งของการปรับใช้ การบิดเบือน ถ้าต้องการให้การป้องกันที่สูงขึ้นก็ต้องนำเทคนิคบิดเบือน เข้ามาปรับใช้ ซึ่งมันก็คือสิ่งที่ต้องแลกระหว่างประสิทธิภาพในการป้องกับการโจมตีของจักรกลกับศักยภาพการใช้งานจริงของมนุษย์

จริงหรือไม่ที่การมีตัวตนอยู่ของแคปช่าแบบตัวอักษรทุกวันนี้ คือการบ่งบอกว่ามันยังเป็นที่ยอมรับให้รับหน้าที่ในการแยกแยะมนุษย์ออกจากจักรกล หรือว่ามันยังคงเป็นตัวเลือกที่มีประสิทธิภาพด้านการยืนยันตัวตน (Authentication) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยเชื่อว่าการประเมินประสิทธิภาพแคปช่า ที่กำลังจะนำเสนอในหัวข้อถัดไปจึงเป็นสิ่งที่นำมาใช้ตอบปัญหาที่กล่าวมาได้

บทที่ 3
แนวคิดและวิธีการดำเนินงาน

แนวคิดอุดมคติในการออกแบบแคปช่านั้นเป็นเรื่องที่ง่ายในทางทฤษฎี แต่การออกแบบเพื่อป้องกันการก่อกวนของจักรกลที่ไม่พึงประสงค์ ไปพร้อมๆ กับออกแบบที่สามารถอนุญาตให้มนุษย์ผ่านเข้าไปได้อย่างสะดวก กลับไม่ง่ายนักในทางปฏิบัติ ความรู้ด้านโครงข่ายประสาทเทียมของมนุษย์ทำให้จักรกลเพิ่มขีดความสามารถในการเรียนรู้ตัวอักษรในแบบต่างๆ ได้สูงขึ้น เพื่อการพัฒนาเครื่องมือแคปช่า นักออกแบบแคปช่าจึงต้องออกแบบแคปช่าที่มีความซับซ้อนมากขึ้นไปพร้อมๆ กับการคำนึงถึงการใช้งานที่สะดวกสบาย แต่กรรมวิธีที่จะใช้ในการบ่งบอกประสิทธิภาพของแคปช่ายังไม่ปรากฏเป็นรูปธรรม ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงอยากจะนำเสนอวิธีการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าที่สามารถเข้ามามีบทบาทในการชี้วัดและจำแนกระดับความน่าใช้งานของแคปช่า

การประเมินเพื่อให้ที่เหมาะสม ไม่สามารถวัดผลลัพธ์เพียงด้านใดด้านหนึ่งได้ ต้องทดสอบขีดความสามารถในการใช้งานของมนุษย์และขีดความสามารถในการต่อกรกับจักรกลควบคู่กันไป โดยแนวคิดในการประเมินนี้อาศัย เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของมนุษย์ (Human Success Rate : HSR) และเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกล (Machine Success Rate : MSR) มาใช้เป็นตัวแปรสำคัญในการบ่งบอกประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ

เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ (Success rate) คือ สัดส่วนของการตอบที่ถูกต้อง โดยไม่ว่าจะเป็นฝั่งของมนุษย์หรือจักรกล สามารถหาได้จากการนำเฉพาะจำนวนครั้งที่ตอบถูก มาเปรียบเทียบกับจำนวนครั้งที่ใช้ตอบทั้งหมด แล้วจึงคิดเป็นอัตราส่วน ซึ่งแสดงเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ให้	SR	=	เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ
	C	=	จำนวนครั้งที่ตอบถูก
	A	=	จำนวนครั้งที่ใช้ตอบทั้งหมด

จะได้ $$SR = 100 \times \left(\frac{C}{A}\right)$$

3.2 วิธีการประเมินประสิทธิภาพแคปช่า

ผู้วิจัยจะนำตัวแปรทั้ง HSR และ MSR มาเปรียบเทียบส่วนต่าง ซึ่งจะทำให้พบช่วงห่างของขีดความสามารถ ซึ่งแสดงในรูปทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

ให้ประสิทธิภาพของแคปช่า (CAPTCHA EFFICIENCY) เป็น CE

$$CE = HSR - MSR$$

ผู้วิจัยอาศัยช่วงความห่างนี้มาเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพได้ ด้วยการประยุกต์มาตรวัดอันตรภาค (Interval Scale) ให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งในที่นี้ใช้เป็นรูปดาว ให้มีค่าดาวที่สูงสุดคือ 5 ดาวใช้บ่งบอกประสิทธิภาพแคปช่าที่ดีที่สุด เรียงลำดับลงมาจนถึงแคปช่าที่ไม่มีดาวเลย คือแคปช่าที่ไร้ประสิทธิภาพทั้งการป้องกันจักรกลและการเข้าถึงที่ง่ายของมนุษย์ และเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจผู้วิจัยได้ตั้งชื่อสิ่งนี้ว่า ค่าความน่าใช้งาน (Efficiency Index)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.1 แสดงการจัดช่วงชั้นประสิทธิภาพของแคปช่า

ช่วงชั้น	ประสิทธิภาพของแคปช่า	ระดับค่าความน่าใช้งาน
1	< 0%	
2	0% - 10%	½
3	11% - 20%	★
4	21% - 30%	★½
5	31% - 40%	★★
6	41% - 50%	★★½
7	51% - 60%	★★★
8	61% - 70%	★★★½
9	71% - 80%	★★★★
10	81% - 90%	★★★★½
11	91% - 100%	★★★★★

จากตารางการจัดช่วงชั้นประสิทธิภาพของแคปช่า จะพบว่ามีช่วงของขีดความสามารถจะมีความกว้างทั้งหมดอยู่ที่ - 100% จน ถึง 100% ส่งผลให้ช่วงที่ - 100% จนถึง 0 เป็นช่วงที่อัตราความเร็จของมนุษย์ที่ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกล นั่นหมายความว่าแคปช่าที่อยู่ในช่วงนี้จะไม่เหมาะจะนำมาใช้เป็นแคปช่า เนื่องจากผิดวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์แคปช่า ที่อาศัยความได้เปรียบของมนุษย์มาเป็นตัวตั้ง

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ภายในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จาการเก็บตัวอย่างที่นำมาทดลอง และผลจากการวิเคราะห์โดยอาศัยความรู้ทางด้านสถิติ ซึ่งขอนำเสนอแยกเป็นหัวข้อย่อย เริ่มจาก 4.1 ข้อมูลประชากรประชากร 4.2 คุณลักษณะของแคปช่าแต่ละประเภท 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพแคปช่า 4.4 ผลการทดสอบด้านเวลา และ 4.5 ผลการทดสอบด้านความแม่นยำ และ 4.6 ผลการทดสอบด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของแคปช่า ไล่ไปตามลำดับ

4.1 ข้อมูลประชากร

เริ่มเปิดให้หาอาสาสมัครเข้ามาทดสอบทางเว็บไซต์ (www.captchachallenge.com) เมื่อต้นเดือน มกราคม 2558 ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังจะให้มีผู้เข้าทดสอบอย่างน้อย 400 คน ตามการวิธีการคำนวณหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างด้วย Taro Yamane การทดสอบประสิทธิภาพแคปช่ากับมนุษย์ครั้งนี้มีอาสาสมัครเข้ามาทำแบบทดสอบจากนานาประเทศถึง 39 ประเทศ เป็นจำนวน 652 คนในระยะเวลา 2 เดือน แต่เนื่องจากผู้เข้าทดสอบบางราย ไม่สามารถตอบแคปช่าครบทั้ง 20 คำถาม ภายหลังการคัดกรองจึงทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้เป็นจำนวน 487 คน สามารถแสดงรายละเอียดเป็นตารางได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนประชากรผู้ร่วมทดสอบทั้ง 487 คน จำแนกรายสัญชาติ

สัญชาติ	จำนวนคนต่อสัญชาติ
Thai	264
American	64
Taiwanese	21
Singaporean	16
Indonesian	13
Chinese	11
Japanese	10
Malaysian	10
British	9
Filipino	8
Cambodian , Canadian	7
Australian, Russian, South Korean	4
Italian	3
Austrian, Burmese, Cape Verdean, Costa Rican, Czech, German, Hungarian, Irish, Ukrainian	2
Albanian, Argentinean, Bahamian, Belgian, Croatian, Dutch, French, Greek, Indian, Israeli, Nepalese, New Zealander, North Korean, Swiss	1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.1 พบว่าประชากรที่เข้าร่วมการทดสอบครั้งนี้มีสัดส่วนเป็นคนไทยมากถึงร้อยละ 54 ของประชากรทั้งหมด โดยแบ่งเป็นจำนวนของชาวต่างชาติทั้งหมด 223 คน ซึ่งมีคนอเมริกันเป็นชาวต่างชาติที่เข้าร่วมการทดสอบมากเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาเป็นชาวไต้หวันและสิงคโปร์ตามลำดับ สำหรับสัญชาติที่เข้าร่วมการทดสอบน้อยที่สุดอยู่ที่สัญชาติละ 1 คน ได้แก่ ชาวอัลเบเนีย, ชาวอาเจนติน่า, ชาวบาหามาส, ชาวเบลเยียม, ชาวโครเอเชีย, ชาวเนเธอร์แลนด์, ชาวฝรั่งเศส, ชาวกรีก, ชาวอินเดีย, ชาวอิสลาเอล, ชาวเนปาล, ชาวนิวซีแลนด์, ชาวเกาหลีเหนือ และชาวสวิสเซอร์แลนด์

ตารางที่ 4.2 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุ	**จำนวน(คน)**	**สัดส่วนร้อยละ**
16-25	190	39.0
26-35	234	48.0
36-35	38	7.8
46-55	15	3.1
> 55	10	2.1
รวมทั้งหมด	**487**	**100.0**

จากตารางที่ 4.3 พบว่าผู้ที่เข้ามาทดสอบส่วนใหญ่เป็นกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 48 โดยมีสัดส่วนของกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 16-25 ปีมีจำนวนเป็นอันดับที่สองอยู่ที่ร้อยละ 39 และสัดส่วนของกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 36-35 สัดส่วนของกลุ่มที่มีอายุระหว่าง 46-55 สัดส่วนของกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 55 คิดเป็นร้อยละ 38 ร้อยละ 15 และ ร้อยละ 10 ตามเรียงลงมาตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามระดับการศึกษา

กลุ่มระดับการศึกษา	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่าระดับปริญญา	98	20.1
สูงกว่าระดับปริญญา	389	79.9
รวมทั้งหมด	**487**	**100.0**

ตารางที่ 4.4 แสดงกลุ่มประชากรจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
เพศชาย	249	51.1
เพศหญิง	238	48.9
รวมทั้งหมด	**487**	**100.0**

จากตารางที่ 4.3 พบว่าประชากรส่วนใหญ่ในที่นี้เป็นผู้สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีสูงถึงร้อยละ 79.9 และจากตารางที่ 4.4 พบว่าอัตราส่วนของประชากรทั้งหมดระหว่างเพศชายต่อเพศหญิงอยู่ที่ร้อยละ 51:49

4.2 คุณลักษณะของแคปช่า

เนื่องจากบ็อทเน็ตทุกวันนี้สามารถแบ่งกลุ่มตัวอักษรได้เก่งมากขึ้น ส่งผลให้นักออกแบบแคปช่าได้พยายามคิดค้นคุณลักษณะต่างๆ ที่สามารถสร้างความแปรปรวนในการแบ่งกลุ่มตัวอักษร

ของบ็อทเน็ต โดยแคปช่าที่ผู้วิจัยทำมาทำการทดลองมีความคุณลักษณะที่ต่างกันออกไป มีรายละเอียดตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของแคปช่าแต่ละชนิด

คุณลักษณะ / แคปช่า	SVHN	FACEBOOK	YAHOO	BAIDU	AMAZON	WIKIPEDIA	TAOBAO	QQ	LIVE	SINA	HARD RECAPTCHA
MOVING			✓								
MULTI FONT TYPE	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓
CAPITALLETTER		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
SMALL LETTER		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
DIGI	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	
MULTI COLOR										✓	
BACKGROUND	✓		✓								
STOKE		✓						✓			
SHADOW				✓							
CLOUD				✓	✓		✓	✓		✓	
ROTATE			✓	✓	✓		✓	✓			
DISTORTION	✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	
DOUBLE LINE									✓		
FUZZY						✓					
SPACE											✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าแคปช่าแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไป แคปช่าบางชนิดจะมีลักษณะเด่นเฉพาะตัว (เว็บไซต์อื่นไม่มี) อาทิ แคปช่าของ Yahoo สามารถเคลื่อนไหวได้ (Moving) , แคปช่าของ Wikipedia สร้างขอบอักษรให้เป็นฝอยยุ่งเหยิงได้ (Fuzzy), แคปช่าของ Live ใช้การเรียงแนวอักษรออกเป็น 2 บรรทัด (Double Line), แคปช่าของ Sina มีการเล่นสีสัน (Multi Color**)** และแคปช่าของ Google Hard reCaptcha การเว้นวรรคเมื่อเจอตัวอักษรมากกว่าหนึ่งกลุ่ม (Space) เป็นต้น

นอกจากนั้นยังมีคุณลักษณะอื่นๆ ที่บรรดานักออกแบบแคปช่าได้นำมาผสมผสานกลายให้เป็นเครื่องมือที่ใช้ป้องกันบ็อทเน็ต อาทิ การใช้ฟอนท์ที่แตกต่างกันในภาพ (Multi Font Type) , การใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ (Capital Letter), การใช้ตัวพิมพ์เล็ก (Small Letter), การใช้ตัวเลข (Digi), การใส่สีหรือรูปที่พื้นหลัง (Background), การใช้เส้นขีดคร่อมตัวอักษร (Stoke), การใช้เงา (Shadow), การเบียดตัวอักษรเข้าด้วยกัน ลดช่องไฟ (Cloud), การหมุนองศาของตัวอักษร (Rotate), การนำทั้งภาพมาบิดเบือน (Distortion)

คุณลักษณะเหล่านี้เองที่บางครั้งก็สามารถป้องกันไม่ให้จักรกลผ่านไปสู่พื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ให้สำหรับมนุษย์ แต่ถึงกระนั้นคุณลักษณะบางอย่างก็สร้างความปวดหัวให้กับมนุษย์อยู่บ้างไม่น้อยโดยการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าในหัวข้อถัดไปจะได้ถึงประสิทธิภาพและความน่าใช้งานของแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 ผลการทดสอบด้านเวลา

ในการรายงานผลทดสอบด้านเวลาผู้วิจัยขอแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 สองมุมมองคือ มุมมองของผลกระทบการใช้เวลาที่มีต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ และมุมมองของผลกระทบด้านเวลาต่อปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 มุมมองของผลกระทบการใช้เวลาที่มีต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์

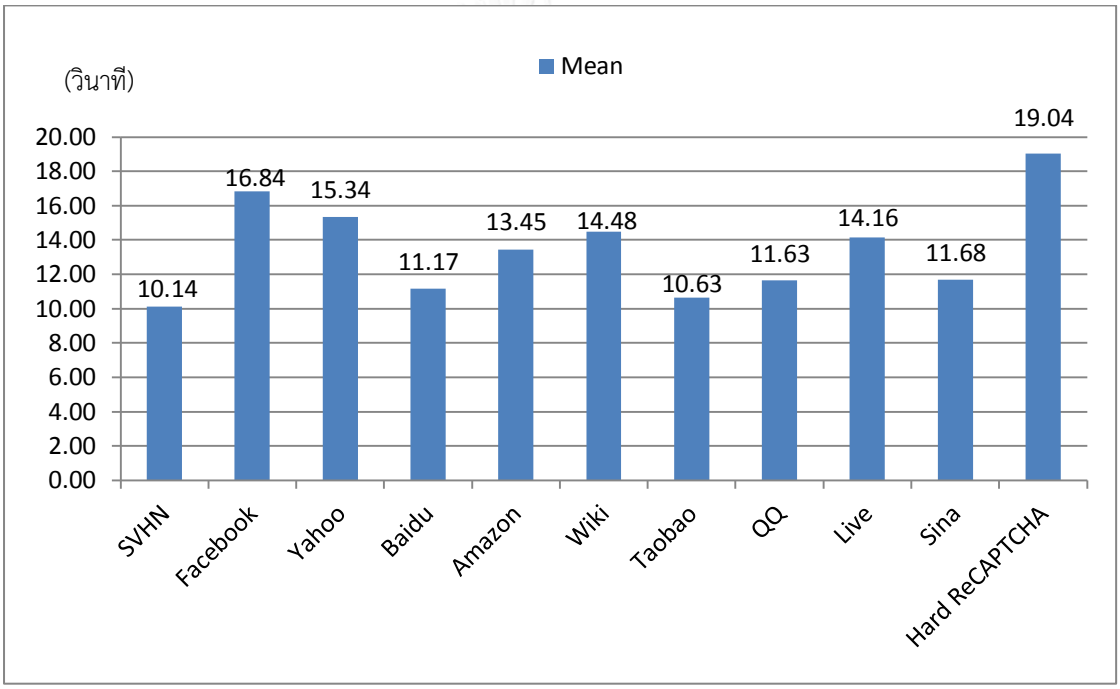
ผู้เข้าทดสอบทั้ง 487 คนจะต้องตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ 2 ครั้ง จึงทำให้จำนวนที่เกิดขึ้นเป็น 974 ครั้งในแต่ละแคปช่า ซึ่งผู้วิจัยได้จับเวลาในการตอบต่อภาพและได้ผลการทดลองออกมาตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยด้านเวลาในการตอบแคปช่าของมนุษย์

แคปช่า	จำนวน		ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ครั้ง	ค่าสูญหาย		
SVHN	487	0	10.13542	8.000659
Facebook	973	1	16.84301	11.708504
Yahoo	973	1	15.33843	10.396972
Baidu	974	0	11.16726	10.067350
Amazon	974	0	13.45013	8.756080
Wikipedia	974	0	14.48256	10.999774
Taobao	973	1	10.63246	8.398962
QQ	974	0	11.63188	10.015839
Live	974	0	14.15724	8.853066
Sina	974	0	11.67897	9.800663
Hard reCaptcha	486	1	19.04240	13.51767

สำหรับค่าสูญหาย (Missing value) ด้านเวลาที่ตัดออกไปในเนื่องจากค่าที่พบค่าที่โดดออกจากกลุ่มอย่างเห็นได้ชัด โดยผู้วิจัยไม่นำแคปช่าของเว็บไซต์ Facebook, Yahoo, Taobao และ Hard reCaptcha ที่มีอยู่ตัวแปรใช้เวลาในการตอบสูงถึง 6.19 , 3.52 , 31.2 และ 13.20 นาที ตามลำดับมาใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยด้านเวลา

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยเวลาของแต่ละแคปช่าจากตารางที่ 4.6 จะพบว่าระยะเวลาในการใช้งานเฉลี่ยของผู้เข้าทดสอบอยู่ที่ 13.51 วินาทีต่อภาพ (หากนำแคปช่าของเว็บไซต์ของ Google ทั้งสองมาถัวเฉลี่ยก่อนจะได้ระยะเวลาเฉลี่ยที่ 13.40 วินาทีต่อภาพ) โดยแคปช่าของเว็บไซต์ Google แบบที่เป็น Hard reCaptcha เป็นแคปช่าที่ใช้เวลามากที่สุดในการตอบต่อครั้งสูงถึง 19.04 วินาทีต่อภาพ แต่ในทางตรงกันข้ามผู้ทดสอบสามารถตอบ Google แบบ SVHN ได้เร็วที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยของ SVHN อยู่ที่ 10.14 วินาทีต่อภาพ ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยนทั้ง SVHN และ Hard reCaptcha มารวมกันจะพบว่าแคปช่าของเว็บไซต์ Google ยังคงได้ค่าเฉลี่ยในการตอบได้เร็วที่สุดถึง 10.94 วินาทีต่อภาพ เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบแต่ละอันก็จะปรากฏเป็นแผนภูมิแท่งดั่งรูปภาพที่ 4.1



รูปภาพที่ 4.1 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้เวลาเฉลี่ยในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์

มีเพียงแคปช่าของเว็บไซต์ Facebok, Yahoo, และ Wikipedia ที่มีค่าเฉลี่ยในการตอบสูงกว่าค่าเฉลี่ยของผู้เข้าทดสอบทั้งหมด

4.3.2 มุมมองของผลกระทบด้านเวลาต่อปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ

เป็นการใช้ความรู้ทางมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอขอนำเสนอการเปรียบเทียบเป็นรายเว็บไซต์ซึ่งได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดง P-value ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ระหว่างกลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ

แคปช่า	**P-value**			
	กลุ่มอายุ	**เพศ**	**การศึกษา**	**สัญชาติ**
GOOGLE	**0.001***	0.567	0.232	0.677
FACEBOOK	**0.002***	0.251	0.491	0.662
YAHOO	**0.000***	0.596	0.484	0.455
BAIDU	**0.000***	0.074	0.053	0.778
AMAZON	**0.000***	0.249	0.954	0.357
WIKIPEDIA	**0.005***	0.1	0.962	0.423
TAOBAO	**0.002***	0.682	0.457	0.625
QQ	**0.000***	0.261	0.071	0.934
LIVE	**0.000***	0.844	0.05	0.665
SINA	**0.017***	0.201	0.068	**0.019***

***แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากการเปรียบเทียบข้อมูลด้วยการทำ ANOVA จะได้ผลลัพธ์เป็นระดับ P-value แสดงออกมาเป็นตารางที่ 4.7 ในกลุ่มของอายุ (Age) พบว่าแคปช่าของทุกเว็บไซต์ กลุ่มอายุที่แตกต่างมีผลต่อการการใช้เวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของเพศ (Gender) พบว่าการใช้งานแคปช่าใดใด เพศที่แตกต่าง**ไม่มี**ผลต่อการใช้เวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของระดับการศึกษา (Education) พบว่าการใช้งานแคปช่าใดใด ระดับการศึกษาที่แตกต่าง**ไม่มี**ผลต่อการใช้เวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

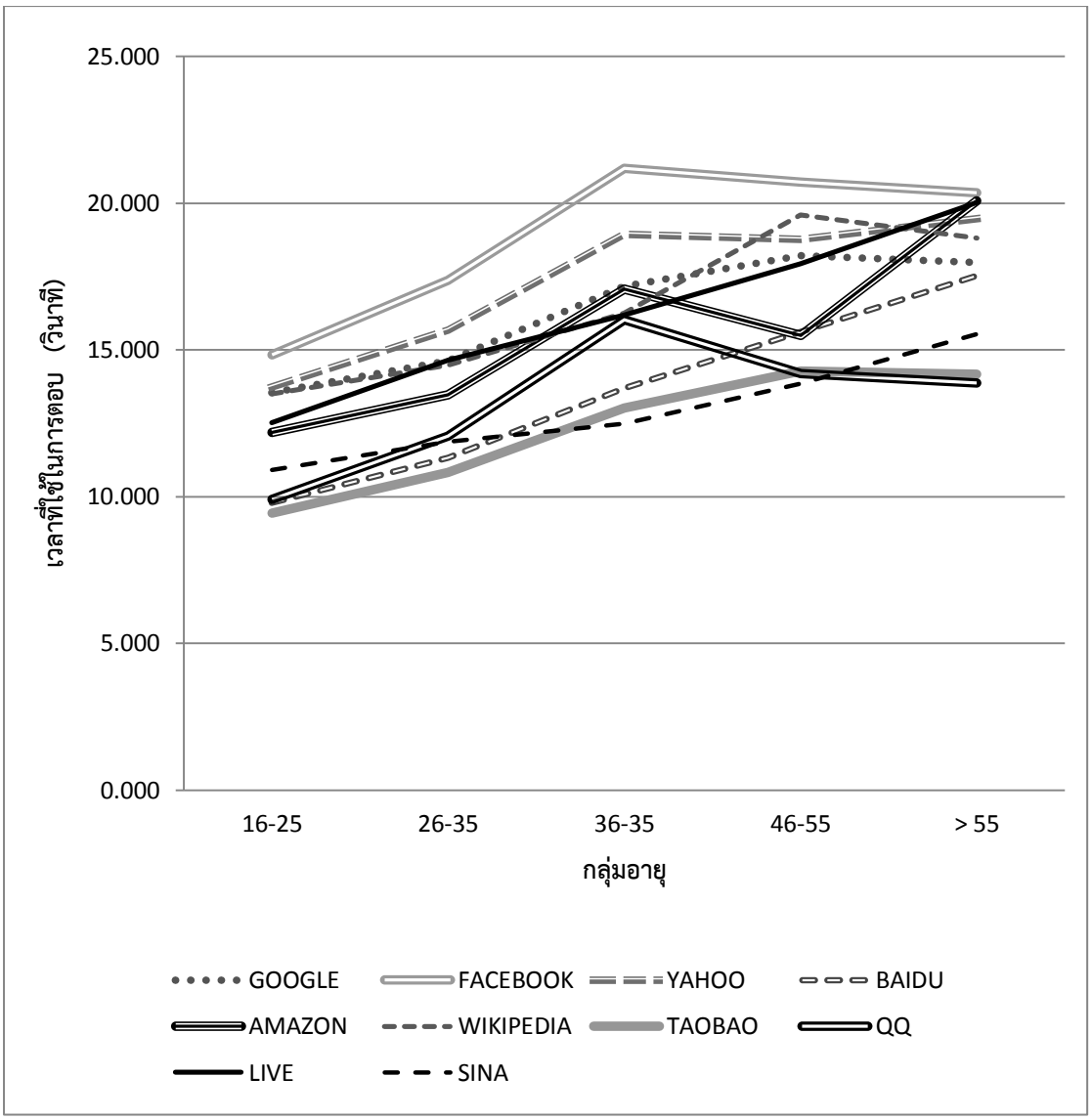
ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของสัญชาติ* (Nationality) พบว่าเมื่อใช้งานแคปช่าของเว็บไซต์ Sina สัญชาติที่แตกต่างมีผลต่อการใช้เวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หมายเหตุ - *การเปรียบเทียบสัญชาติเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคนไทยและกลุ่มคนที่ไม่ใช่คนไทย เนื่องจากข้อมูลของบางสัญชาติมีจำนวนผู้ทดสอบน้อยเกินกว่าจะนำมาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์

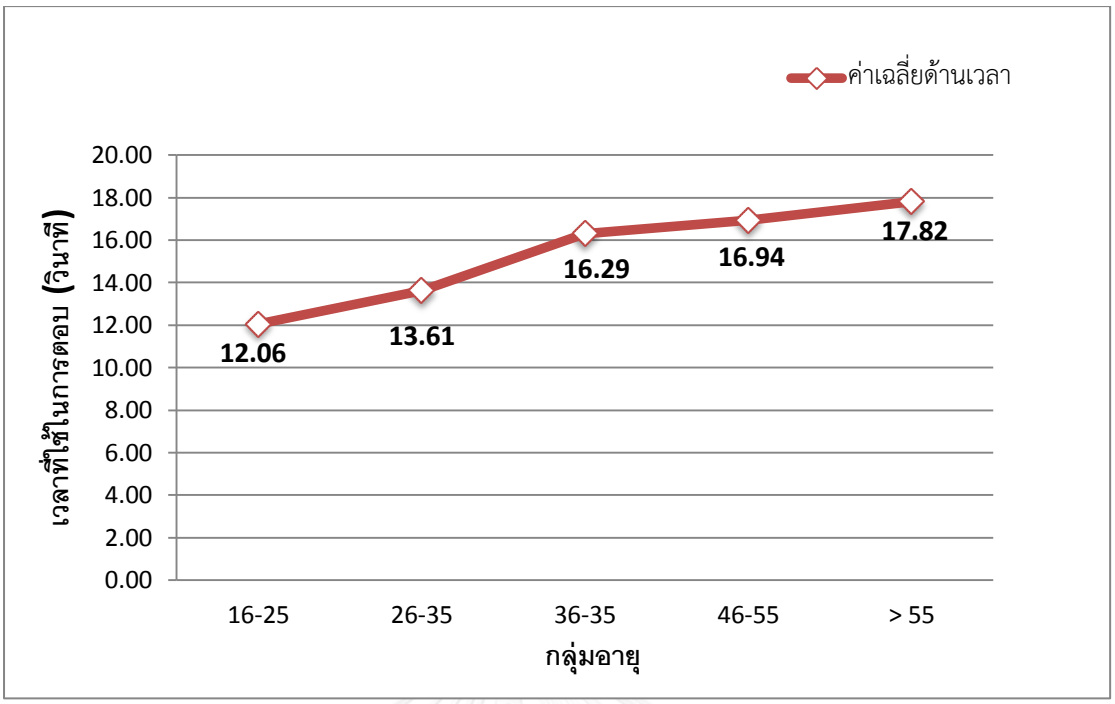
จากข้อมูลกลุ่มอายุที่แตกต่างมีผลต่อการการใช้เวลาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อแจกแจงรายละเอียดด้วยแผนภูมิเชิงเส้นด้วยจะทำให้ได้เห็นลักษณะของความลาดชันของเส้นที่อยู่ในระดับที่สูงขึ้นเมื่อมีอายุมากขึ้นดั้งแสดงในรูปภาพที่ 4.2 และ รูปภาพที่ 4.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปภาพที่ 4.2 แผนภูมิเชิงเส้นแสดงค่าเวลาเฉลี่ยในการตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ



รูปภาพที่ 4.3 แสดงการใช้เวลาเฉลี่ยโดยรวมของแคปช่าทุกเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ

โดยเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปภาพที่ 4.3 จะพบว่าผู้ที่มีอายุมากขึ้นจะมีแน้วโน้มการใช้เวลาในตอบที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลในงานวิจัยที่ผ่านมา [19]

4.4 ผลการทดสอบด้านความแม่นยำ

ในการรายงานผลทดสอบด้านความแม่นยำผู้วิจัยขอแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 สองมุมมอง คือ มุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ และมุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 มุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลต่อแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์

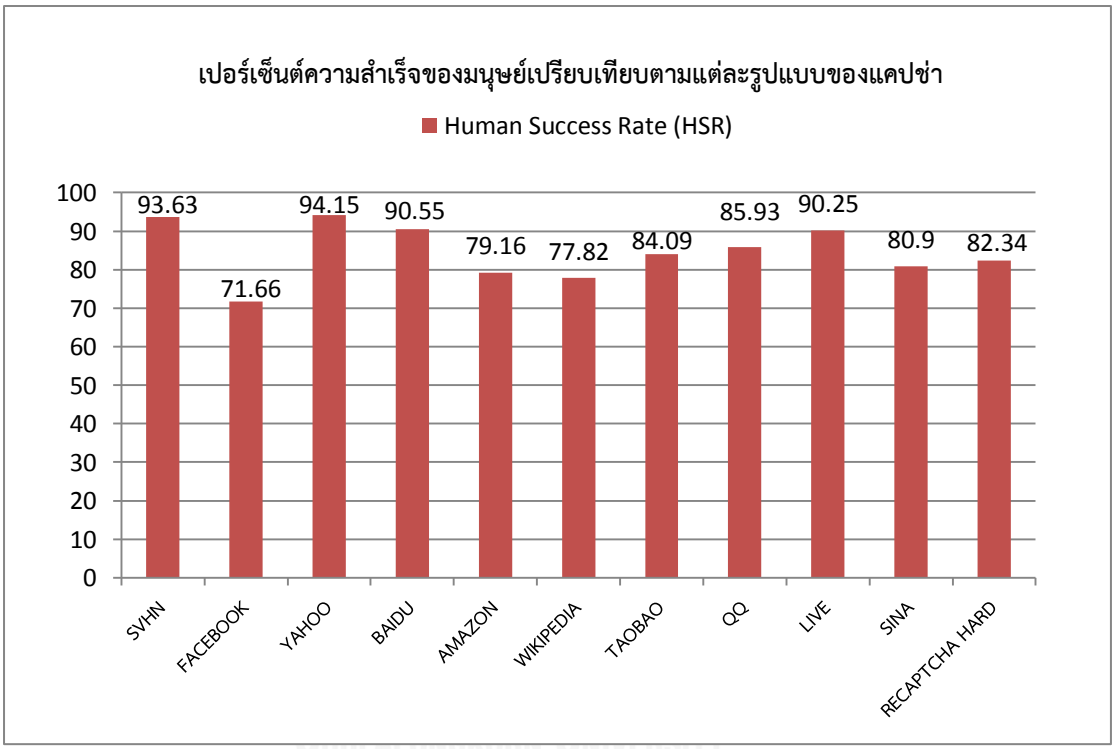
เพื่อลดโอกาสความผิดพลาดที่สามารถเกิดขึ้นได้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองโดยให้ผู้เข้าทดสอบตอบแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์ 2 ครั้ง หากการครั้งใดครั้งหนึ่งตอบแคปช่าผิดพลาด จะได้ผลลัพธ์ว่ามีความสามารถในการตอบแคปช่าสำเร็จเป็นร้อยละ 50 แต่หากตอบถูกทั้งสองครั้งจะได้

ผลลัพธ์ว่าตอบแคปช่าสำเร็จเป็นร้อยละร้อย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ในการตอบเป็นรายแคปช่าและได้ผลการทดลองออกมาตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงความถี่และสัดส่วนในการตอบเปรียบเทียบรายแคปช่า

แคปช่า		**การตอบที่ถูกต้อง**	**การตอบที่ผิด**	**รวม**
SVHN	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	31	456	487
	ร้อยละ	**6.37**	**93.63**	**100.0**
Facebook	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	276	698	974
	ร้อยละ	**28.34**	**71.66**	**100**
Yahoo	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	57	917	974
	ร้อยละ	**5.85**	**94.15**	**100**
Baidu	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	92	882	974
	ร้อยละ	**9.45**	**90.55**	**100**
Amazon	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	203	771	974
	ร้อยละ	**20.84**	**79.16**	**100**
Wikipedia	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	216	758	974
	ร้อยละ	**22.18**	**77.82**	**100**
Taobao	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	155	819	974
	ร้อยละ	**15.91**	**84.09**	**100**
QQ	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	137	837	974
	ร้อยละ	**14.07**	**85.93**	**100**
Live	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	95	879	974
	ร้อยละ	**9.75**	**90.25**	**100**
Sina	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	186	788	974
	ร้อยละ	**19.10**	**80.90**	**100**
Hard ReCaptcha	จำนวนการตอบ (ครั้ง)	86	401	487
	ร้อยละ	**17.66**	**82.34**	**100**

จากตารางแสดงความถี่และสัดส่วนในการตอบเปรียบเทียบรายแคปช่า พบว่าจากการตอบแคปช่าทั้งหมดอัตราความแม่นยำเฉลี่ยของผู้ทดลองอยู่ที่ร้อยละ 84.59 โดยแคปช่าของเว็บไซต์ Yahoo เป็นเว็บไซต์ที่ผู้ทดลองส่วนใหญ่ตอบได้แม่นยำสูงสุดด้วยค่าเฉลี่ยถึงร้อยละ 94.15 ซึ่งแคปช่าของเว็บไซต์ Facebook เป็นเว็บไซต์ที่ผู้ทดลองส่วนใหญ่ตอบได้แม่นยำน้อยที่สุดด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละ 71.66 หากลองนำค่าเฉลี่ยแต่ละตัวมาจัดทำเป็นแผนภูมิแท่งจะมีลักษณะเป็นดั่งรูปภาพที่ 4.4

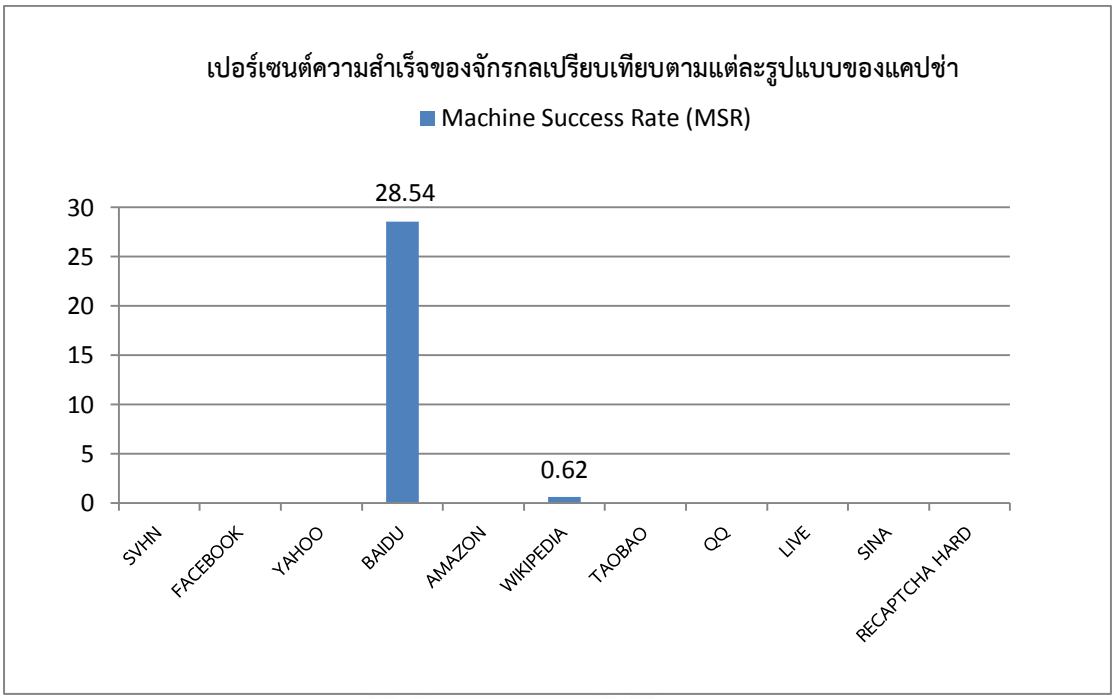


รูปภาพที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของมนุษย์เปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า

หากจัดเรียงตามอันดับ จากค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำมากที่สุดไปยังค่าเฉลี่ยที่มีความแม่นยำน้อยที่สุดจะพบว่าแคปช่าของเว็บไซต์ Yahoo เป็นแคปช่าที่ผู้ทดสอบตอบได้แม่นยำมากที่สุด ซึ่งแคปช่าของเว็บไซต์ Google แบบ SVHN, Baidu, Live, QQ, Taobao, Google แบบ Hard reCaptcha , Sina Amazon, Wikipedia และ Facebook เป็นแคปช่าที่มีความแม่นยำน้อยลงมาตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความแม่นยำของทางด้านจักรกล Teserract ที่มีต่อบรรดาแคปช่าของแต่ละเว็บไซต์จะพบรายละเอียดดั่ง

รูปภาพที่ 4.5



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปภาพที่ 4.5 แผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกลเปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า

จาก

รูปภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า Tesseract ไม่สามารถที่จะตอบแคปช่าที่มาจากเว็บไซต์ชั้นนำทั้ง 10 อันดับได้ดีเท่าที่ควร มีเพียง 2 เว็บไซต์เท่านั้นที่มันสามารถตอบได้อย่างถูกต้องบางส่วน โดย Tesseract สามารถ ตอบ CAPTCHA ของ Baidu และ Wikipedia ได้ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จเพียงร้อยละ 28.54 และร้อยละ 0.62 ตามลำดับ

4.4.2 มุมมองของความแม่นยำในการตอบที่มีผลต่อปัจจัยของ กลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ

ตารางที่ 4.9 แสดง P-value ในการเปรียบเทียบสัดส่วนของการในการตอบแคปช่ากูกต้องของแต่ละเว็บไซต์ระหว่างกลุ่มอายุ เพศ การศึกษา และสัญชาติ

แคปช่า	P-value			
	กลุ่มอายุ	เพศ	การศึกษา	สัญชาติ
GOOGLE	0.144	0.192	0.56	0.728
FACEBOOK	0.648	**0.000***	**0.000***	**0.000***
YAHOO	0.338	0.16	0.801	0.362
BAIDU	0.381	0.52	0.302	0.95
AMAZON	**0.005***	0.663	0.924	0.287
WIKIPEDIA	0.619	0.317	**0.012***	0.338
TAOBAO	**0.008***	0.15	**0.008***	0.099
QQ	0.417	0.19	**0.098***	0.146
LIVE	0.197	**0.003***	0.945	0.098
SINA	0.166	0.065	0.852	**0.001***

***แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05**

จากการเปรียบเทียบข้อมูลด้วยการทำไครแสควร์ จะได้ผลลัพธ์เป็นระดับ P-value แสดงออกมาเป็นตารางที่ 4.9 ในกลุ่มของอายุ (Age) พบว่าเมื่อใช้งานแคปช่าของเว็บไซต์ Amazon และ Taobao กลุ่มอายุที่แตกต่างมีผลต่อการตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

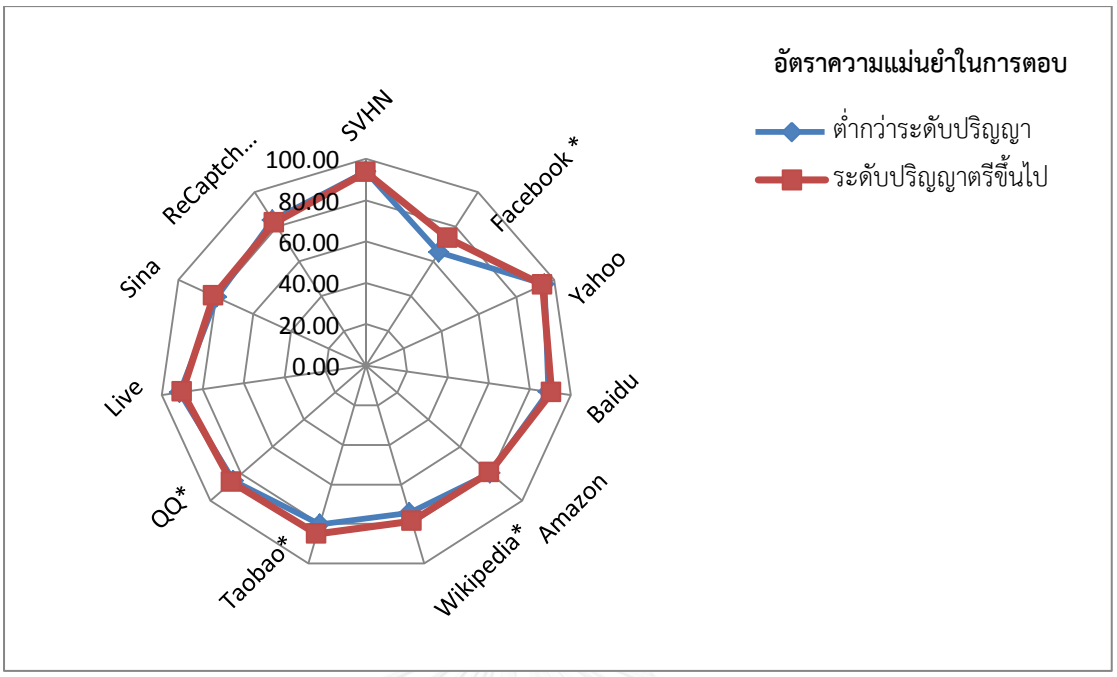
ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของเพศ (Gender) พบว่าเมื่อใช้งานแคปช่าของเว็บไซต์ Facebook และ Live เพศที่แตกต่างมีผลต่อการตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของระดับการศึกษา (Education) พบว่าเมื่อใช้งานแคปช่าของเว็บไซต์ Facebook, Wikipedia, Taobao และ QQ ระดับการศึกษาที่แตกต่างมีผลต่อการตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในการเปรียบเทียบระดับ P-value ของสัญชาติ* (Nationality) พบว่าเมื่อใช้งานแคปช่าของเว็บไซต์ Facebook, และ Sina สัญชาติที่แตกต่างมีผลต่อการตอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

หมายเหตุ - *การเปรียบเทียบสัญชาติเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคนไทยและกลุ่มคนที่ไม่ใช่คนไทย เนื่องจากข้อมูลของบางสัญชาติมีจำนวนผู้ทดสอบน้อยเกินกว่าจะนำมาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์

ด้วยความแตกต่างกันอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อได้พิจารณารูปภาพที่ 4.6 จะพบว่าระดับการศึกษาปริญญาตรีขึ้นไปมีพื้นที่การตอบถูกต้องมากกว่าพื้นที่ระดับการศึกษาที่ต่ำกว่าปริญญาตรี หรือกล่าวได้อีกนัยนึงว่า ผู้ที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปจะสามารถตอบแคปช่าได้แม่นยำกว่าผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี



รูปภาพที่ 4.6 แสดงอัตราความแม่นยำในการตอบของระดับการศึกษาที่แตกต่างกันเปรียบเทียบตามแต่ละรูปแบบของแคปช่า

4.5 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแคปช่า

การประเมินประสิทธิภาพของแคปช่านี้ได้ประชากรทั้งหมด 487 คน เข้าร่วมทดสอบ และได้นำบ็อทที่ชื่อว่า Tesseract เป็นตัวแทนของจักรกล ซึ่งผลของการทดสอบมีรายละเอียดดั่งตารางที่ 4.10

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 แสดงประสิทธิภาพแคปช่า และ ค่าความน่าใช้แคปช่า เมื่อเปรียบเทียบกับ Tesseract

แคปช่า	**เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของมนุษย์ (HSR)**	**เปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกล (MSR)**	**ประสิทธิภาพแคปช่า (CE)**	**ระดับค่าความน่าใช้งาน**
SVHN	93.63	0	93.63	★★★★★
FACEBOOK	71.66	0	71.66	★★★★
YAHOO	94.15	0	94.15	★★★★★
BAIDU	90.55	28.54	62.01	★★★½
AMAZON	79.16	0	79.16	★★★★
WIKIPEDIA	77.82	0.62	77.2	★★★★
TAOBAO	84.09	0	84.09	★★★★½
QQ	85.93	0	85.93	★★★★½
LIVE	90.25	0	90.25	★★★★★
SINA	80.9	0	80.9	★★★★½
HARD RECAPTCHA	82.34	0	82.34	★★★★½

ผู้เข้าทดลองส่วนใหญ่ มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จเท่ากับ 84.59 โดย แคปช่าของเว็บไซต์ Yahoo เป็นแคปช่า กลุ่มที่มนุษย์สามารถทำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จและได้ ค่าความน่าใช้งานสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 94.15 สำหรับแคปช่า ของเว็บไซต์ที่ผู้เข้าทดสอบทำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จ

ได้แย่ที่สุด คือ Facebook คิดเป็นร้อยละ 71.66 แต่อย่างไรก็ตามค่าความน่าใช้งาน ที่ต่ำที่สุดได้กลับตกเป็นแคปช่าของเว็บไซต์ Baidu ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 62.01 เนื่องจากแคปช่าของเว็บไซต์ Baidu มีเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จที่ Tesseract สามารถทำได้ที่ร้อยละ 28.54

นอกจากจะได้ทราบประสิทธิภาพแคปช่าแล้ว ข้อดีของการการประเมินประสิทธิภาพแคปช่าจากฝั่งของจักรกลและฝั่งของมนุษย์ควบคู่กันไป ทำให้สามารถนำข้อมูลที่เก็บมาไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอื่นได้อีกมากมาย ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้พบนัยยะสำคัญต่างๆ ได้นำเสนอไปแล้วทั้งมุมมอง มุมมองด้านความแม่นยำ, มุมมองด้านการใช้เวลา และต่อไปนี้จะขอนำเสนอมุมมองด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ของแคปช่า

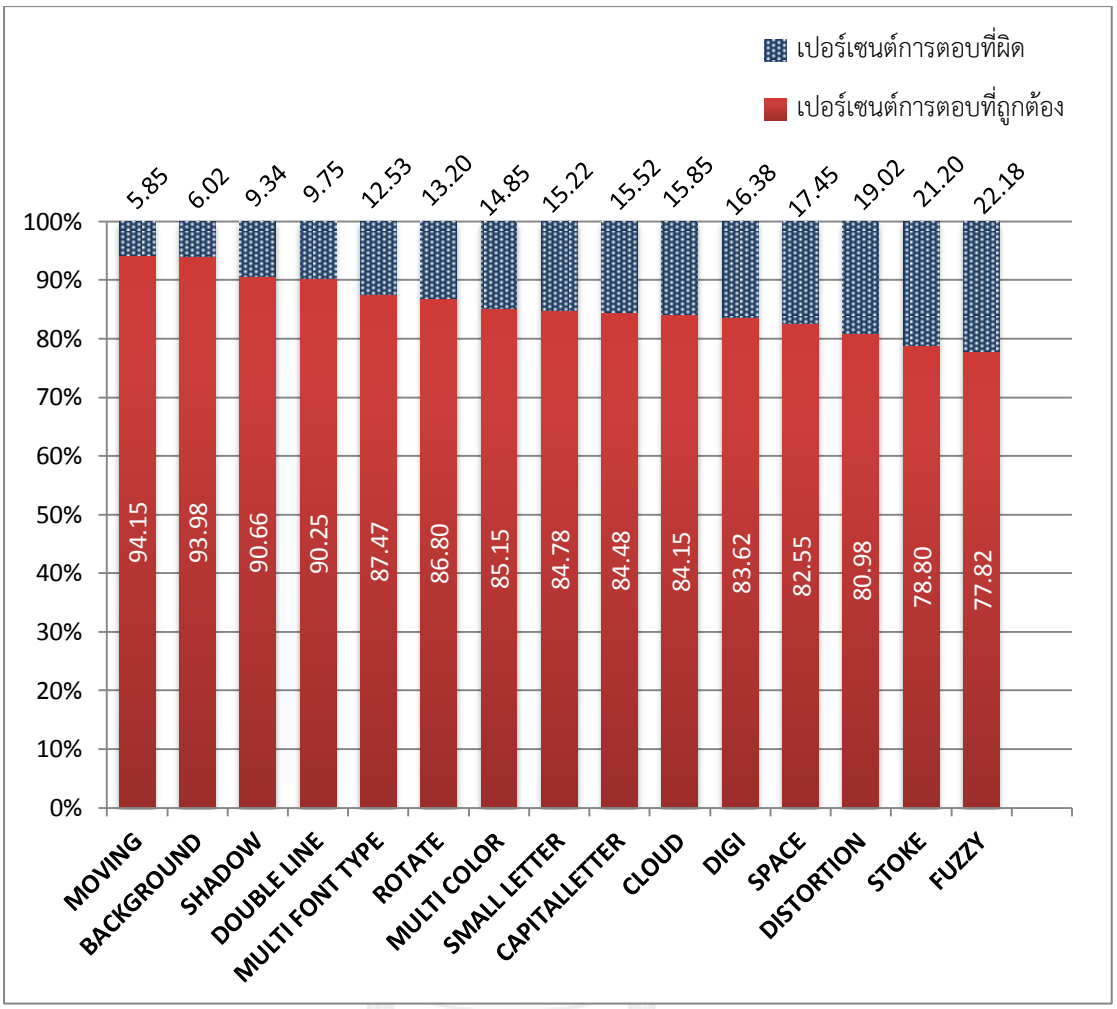
4.6 ผลการทดสอบด้านคสามสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของแคปช่า

ผู้วิจัยเชื่อว่าจากการศึกษาคุณลักษณะของแคปช่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาจนำไปสู่คำตอบของการออกแบบแคปช่าที่ดีในอนาคตได้ โดยในหัวข้อนี้ผู้วิจัยพยายามหาคำตอบว่าคุณลักษณะใดช่วยทำให้มนุษย์ใช้งานแคปช่าได้ง่ายหรือกีดกันมนุษย์จากการใช้งาน ในขณะเดียวกันคุณลักษณะใดบ้างที่สามารถกีดกันจักรกลได้ ส่วนคุณลักษณะของแคปช่าจากทั้ง 10 เว็บไซต์ที่ได้นำมาทำการทดลอง ผู้วิจัยเป็นผู้สังเกตุและวิเคราะห์จากรูปแบบที่เกิดขึ้นเอง ซึ่งการหาคำตอบในครั้งนี้จะไม่สนว่าเป็นแคปช่าของเว็บไซต์ใด สนใจเพียงคุณลักษณะที่เกิดขึ้นว่าสามารถทำให้มนุษย์หรือจักรกลตอบได้อย่างไรบ้าง คุณลักษณะที่พบมีรายละเอียดอธิบายอยู่ในตารางที่ 4.5 แล้ว จึงขออธิบายรายละเอียดของผลการทดลองที่ปรากฏตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงสัดส่วนการตอบถูกและการตอบผิดของผู้เข้าทดสอบเมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของแคปช่า

คุณลักษณะ	จำนวนการตอบ		รวมจำนวนการตอบ	เปอร์เซ็นต์การตอบที่ถูกต้อง	เปอร์เซ็นต์การที่ตอบผิด
	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง			
MOVING	57	917	974	94.15	5.85
MULTI FONT TYPE	854	5964	6818	87.47	12.53
CAPITALLETTER	1285	6994	8279	84.48	15.52
SMALL LETTER	1112	6193	7305	84.78	15.22
DIGI	1037	5294	6331	83.62	16.38
MULTI COLOR	217	1244	1461	85.15	14.85
BACKGROUND	88	1373	1461	93.98	6.02
STOKE	413	1535	1948	78.80	21.20
SHADOW	91	883	974	90.66	9.34
CLOUD	772	4098	4870	84.15	15.85
ROTATE	643	4227	4870	86.80	13.20
DISTORTION	1204	5127	6331	80.98	19.02
FUZZY	216	758	974	77.82	22.18
DOUBLE LINE	95	879	974	90.25	9.75
SPACE	85	402	487	82.55	17.45

เมื่อจำแนกรายคุณลักษณะจะพบว่าค่าเฉลี่ยของการตอบถูกที่ร้อยละ 85.71 โดยคุณลักษณะที่ทำให้แคปช่าเคลื่อนไหวได้ส่งผลให้ผู้ทดสอบตอบถูกมากที่สุดด้วยร้อยละ 94.15 ซึ่งจากตารางที่ 4.11 สามารถจัดแสดงเป็นแผนภูมิแท่งได้ดังนี้



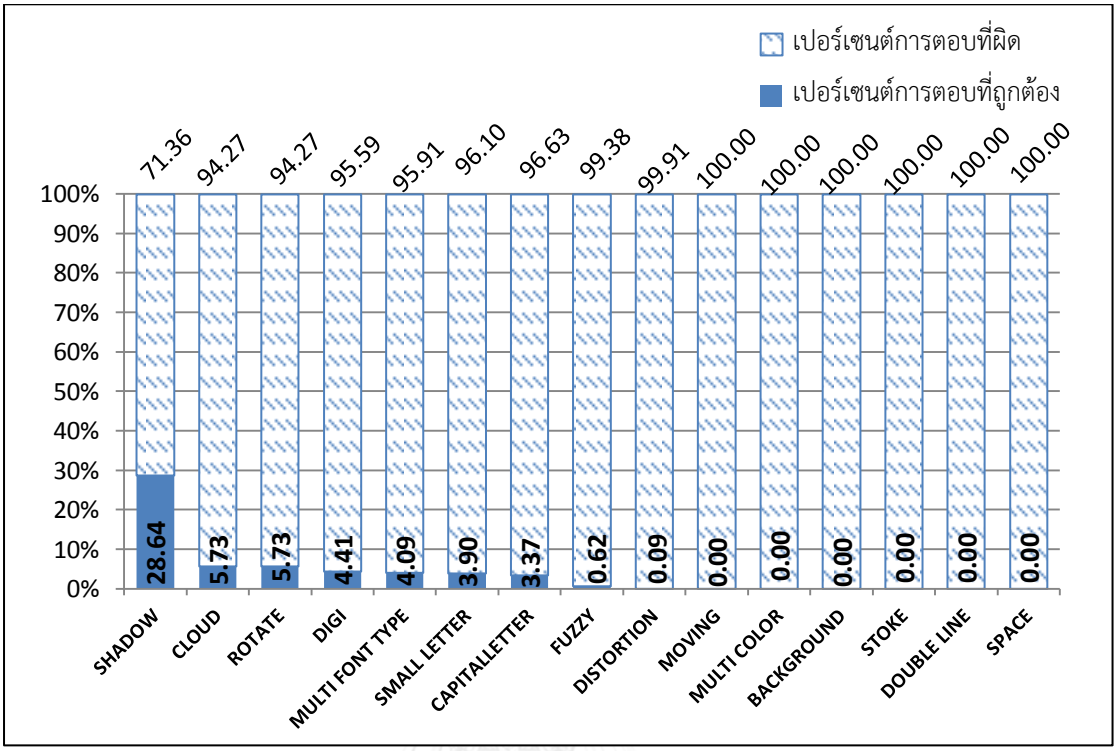
รูปภาพที่ 4.7 แผนภูมิแท่งแบบเปรียบเทียบสัดส่วนการตอบถูกและสัดส่วนการตอบผิดของมนุษย์เรียงลำดับตามคุณลักษณะที่มีสัดส่วนการตอบถูกมากที่สุดไล่ลงไปตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 แสดงสัดส่วนการตอบถูกและการตอบผิดของ Tesseract เมื่อเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของแคปช่า

คุณลักษณะ	จำนวนการตอบ	รวม	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์

	ไม่ถูกต้อง	ถูกต้อง	จำนวนการตอบ	การตอบที่ถูกต้อง	การที่ตอบผิด
MOVING	974	0	974	0.00	100.00
MULTI FONT TYPE	6539	279	6818	4.09	95.91
CAPITALLETTER	8000	279	8279	3.37	96.63
SMALL LETTER	7020	285	7305	3.90	96.10
DIGI	6052	279	6331	4.41	95.59
MULTI COLOR	1461	0	1461	0.00	100.00
BACKGROUND	1461	0	1461	0.00	100.00
STOKE	1948	0	1948	0.00	100.00
SHADOW	695	279	974	28.64	71.36
CLOUD	4591	279	4870	5.73	94.27
ROTATE	4591	279	4870	5.73	94.27
DISTORTION	6325	6	6331	0.09	99.91
FUZZY	968	6	974	0.62	99.38
DOUBLE LINE	974	0	974	0.00	100.00
SPACE	487	0	487	0.00	100.00

เมื่อจำแนกรายคุณลักษณะจะพบว่าค่าเฉลี่ยของการตอบถูกของ Tesseract อยู่ที่ร้อยละ 3.77 โดยคุณลักษณะที่เพิ่มเฉดเงาให้กับแคปช่าส่งผลให้จักรกลตอบถูกมากที่สุดด้วยร้อยละ 28.64 นอกจากนี้ยังพบว่า Tesseract ไม่สามารถต่อกรกับคุณลักษณะที่ใช้สีสันหลากหลาย, มีพื้นหลัง, การใส่เส้นคร่อม, การเรียงตัวอักษรไว้สองบรรทัด, การเว้นวรรคเมื่อเจอตัวอักษรมากกว่าหนึ่งกลุ่ม และการทำให้แคปช่าเคลื่อนไหว ซึ่งจากตารางที่ 4.12 สามารถจัดเรียงและแสดงเป็นแผนภูมิแท่งได้ดังนี้



รูปภาพที่ 4.8 แผนภูมิแท่งแบบเปรียบเทียบสัดส่วนการตอบถูกและสัดส่วนการตอบผิดของจักรกล เรียงลำดับตามคุณลักษณะที่มีสัดส่วนการตอบถูกมากที่สุดไล่ลงไปตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอรูปแบบการประเมินประสิทธิภาพของแคปช่าที่ใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาช่วยวิเคราะห์และประมาณจำนวนการใช้กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคำตอบว่าแคปช่าชนิดหรือรูปแบบใดที่มีความเหมาะสมควรนำมาใช้งาน ผู้วิจัยยังได้นำเสนอตัวชี้วัดที่ง่ายแก่การเข้าใจในชื่อของค่าความน่าใช้งาน (Efficiency Index) ซึ่งเป็นการนำค่าประสิทธิภาพของแคปช่า (CAPTCHA Efficency หรือ CE) มาตีแสดงผล โดยผลลัพธ์ของค่าดังกล่าวจะมีปรากฏอยู่ในรูปของจำนวนดาว ซึ่งดาวที่มีจำนวนมากที่สุดคือ 5 ดาว แสดงถึงแคปช่าที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เรียงลำดับดาวลงมาจนกระทั้งไม่มีดาวสักดวง หากแคปช่ารูปแบบใดมีค่าอยู่ในช่วงชั้นที่ไม่มีดาวเลยจะหมายความว่าแคปช่านั้นที่ไร้ประสิทธิภาพในการป้องกัน

สิ่งสำคัญในการบอกว่าแคปช่าที่ดีเป็นอย่างไร ผู้วิจัยได้พบว่าแคปช่าที่ดีควรจะเป็นแคปช่าที่มนุษย์สามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่าจักรกลเสมอ ด้วยการนำเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของมนุษย์ (Human Success Rate) ที่ปราศจาคเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จของจักรกล (Machine Success Rate) มาใช้เป็นตัวแทนค่าประสิทธิภาพของแคปช่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เรายังได้พบผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งเป็นงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานที่มีการใช้จำนวนผู้ทดลองเป็นจำนวนมาก โดยผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นความเร็วในการตอบแคปช่าจะลดลง และระดับการศึกษาที่สูงขึ้นจะทำให้การตอบแคปช่าแม่นยำยิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้จำนวนประชากรที่เข้าทดสอบน้อยกว่า เพราะได้ประยุกต์ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามากำหนดจำนวนประชากรในการศึกษา ทำให้ไม่จำเป็นต้องอ้างอิงกลุ่มตัวอย่างที่สูงกว่านี้

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้จักรกลที่หาได้ง่ายบนอินเตอร์เน็ต และผู้วิจัยไม่ได้ปรับจักรกลแต่งใดๆทั้งสิ้น นั่นหมายความว่าผลลัพธ์จากการวิจัยครั้งนี้อาจจะไม่สามารถเป็นตัวแทนของจักรกลที่มีความสามารถในการเรียนรู้อักษรระดับสูงได้ แม้ว่าปัจจุบันจักรกลที่มีความสามารถระดับสูงยังจำเป็นต้องใช้ต้นทุนในด้านฮาร์ดแวร์ที่มากมาย และการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ไม่ใช่ระดับคอมพิวเตอร์ทั่วๆไปจะเข้าถึงได้ แต่ผู้วิจัยเชื่อว่าภายภาคหน้าการเรียนรู้ของจักรกลด้วยเทคนิคอย่างคอนโวลูชั่นนัลนิวรอลเน็ตเวิร์ค อาจทำให้จักรกลไม่มีความจำเป็นในการแบ่งกลุ่มตัวอักษรก็เป็นได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถต่อยอดในการศึกษา เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่จะใช้เป็นแคปช่าที่ดีในอนาคตได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

1. von Ahn, L., M. Blum, and J. Langford, *Telling humans and computers apart automatically.* Communications of the ACM, 2004. **47**(2): p. 56-60.
2. Shirali-Shahreza, S. and M.H. Shirali-Shahreza. *Bibliography of works done on CAPTCHA*. in *3rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering, 2008. ISKE 2008*. 2008.
3. Nanglae, N. and P. Bhattarakosol. *A Study of Human Bio-detection Function under Text-Based CAPTCHA System*. in *2012 IEEE/ACIS 11th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*. 2012.
4. Chandavale, A. and A. Sapkal. *An Improved Adaptive Noise Reduction for Secured CAPTCHA*. in *2011 4th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET)*. 2011.
5. Truong, H.D., C.F. Turner, and C.C. Zou. *iCAPTCHA: The Next Generation of CAPTCHA Designed to Defend against 3rd Party Human Attacks*. in *2011 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. 2011.
6. Tamang, T. and P. Bhattarakosol. *Uncover impact factors of text-based CAPTCHA identification*. in *2012 7th International Conference on Computing and Convergence Technology (ICCCT)*. 2012.
7. Hsieh, C.-C. and Z.-Y. Wu. *Anti-SIFT Images Based CAPTCHA Using Versatile Characters*. in *2013 International Conference on Information Science and Applications (ICISA)*. 2013.
8. El Ahmad, A.S., J. Yan, and W.-Y. Ng, *CAPTCHA Design: Color, Usability, and Security.* IEEE Internet Computing, 2012. **16**(2): p. 44-51.
9. Chandavale, A.A. and A.M. Sapkal. *Algorithm for Secured Online Authentication Using CAPTCHA*. in *2010 3rd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET)*. 2010.
10. Yan, J. and A.S. El Ahmad, *CAPTCHA Security: A Case Study.* IEEE Security Privacy, 2009. **7**(4): p. 22-28.
11. Li, S., et al. *Breaking e-Banking CAPTCHAs*. 2010. ACM.

12. Chellapilla, K., et al. *Computers beat humans at single character recognition in reading based human interaction proofs (HIPs*. 2005.
13. Goodfellow, I.J., et al., *Multi-digit Number Recognition from Street View Imagery using Deep Convolutional Neural Networks.* arXiv:1312.6082 [cs], 2013.
14. Lv, G. *Recognition of Multi-Fontstyle Characters Based on Convolutional Neural Network*. in *2011 Fourth International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*. 2011.
15. Shu-Guang, H., et al. *A CAPTCHA Recognition Algorithm Based on Holistic Verification*. in *2011 First International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*. 2011.
16. Yan, J. and A.S. El Ahmad. *Usability of CAPTCHAs or Usability Issues in CAPTCHA Design*. 2008. ACM.
17. Yamane, T., *Statistics; an introductory analysis*. 1967, New York: Harper and Row.
18. Chellapilla, K., et al. *Designing human friendly human interaction proofs (HIPs)*. 2005. ACM Press.
19. Bursztein, E., et al. *How Good Are Humans at Solving CAPTCHAs? A Large Scale Evaluation*. 2010. IEEE Computer Society.
20. Chellapilla, K. and P.Y. Simard. *Using Machine Learning to Break Visual Human Interaction Proofs (HIPs)*. 2004.
21. Yan, J. and A.S. El Ahmad. *A Low-cost Attack on a Microsoft Captcha*. 2008. ACM.
22. Bursztein, E., M. Martin, and J. Mitchell. *Text-based CAPTCHA strengths and weaknesses*. 2011. ACM Press.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบด้านเวลาต่อปัจจัยต่างๆ ของผู้ทดสอบ

ตารางที่ ก.1 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ

แคปช่า	ค่าเฉลี่ยเวลาต่อกลุ่มอายุ (วินาที)				
	16-25	26-35	36-35	46-55	> 55
GOOGLE	13.545	14.638	17.162	18.203	17.988
FACEBOOK	14.837	17.368	21.194	20.712	20.347
YAHOO	13.731	15.666	18.928	18.761	19.461
BAIDU	9.794	11.317	13.688	15.608	17.527
AMAZON	12.181	13.479	17.063	15.500	20.083
WIKIPEDIA	13.498	14.482	16.248	19.602	18.818
TAOBAO	9.449	10.825	13.028	14.273	14.172
QQ	9.905	12.058	16.035	14.205	13.868
LIVE	12.525	14.658	16.195	17.947	20.031
SINA	10.901	11.874	12.496	13.854	15.532

ตารางที่ ก.2 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามระดับการศึกษา

แคปช่า	ค่าเฉลี่ยเวลาต่อระดับการศึกษา (วินาที)	
	ต่ำกว่าระดับปริญญา	ระดับปริญญาตรีขึ้นไป
GOOGLE	13.367	14.891
FACEBOOK	15.636	17.147
YAHOO	14.752	15.486
BAIDU	9.988	11.464
AMAZON	12.615	13.661
WIKIPEDIA	13.510	14.728
TAOBAO	9.886	10.821
QQ	10.412	11.939
LIVE	12.735	14.516
SINA	10.220	12.047

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.3 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามเพศ

แคปช่า	ค่าเฉลี่ยเวลาต่อเพศ (วินาที)	
	ชาย	หญิง
GOOGLE	13.495	15.727
FACEBOOK	15.353	18.398
YAHOO	13.996	16.746
BAIDU	10.811	11.540
AMAZON	12.470	14.476
WIKIPEDIA	13.253	15.769
TAOBAO	9.733	11.572
QQ	10.947	12.348
LIVE	13.330	15.023
SINA	10.750	12.651

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.4 ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามสัญชาติ

สัญชาติ	ค่าเฉลี่ยเวลาต่อสัญชาติ (วินาที)									
	GOOGLE	FACEBOOK	YAHOO	BAIDU	AMAZON	WIKIPEDIA	TAOBAO	QQ	LIVE	SINA
albanian	10.762	10.669	7.728	4.370	16.532	15.591	6.749	7.769	9.166	8.330
american	11.692	14.487	14.061	11.296	11.697	12.440	9.206	10.162	13.000	10.974
argentinean	2.543	2.095	4.737	6.667	3.054	2.089	4.621	3.612	1.822	3.859
australian	9.051	9.573	8.469	5.071	7.194	7.559	5.597	6.451	6.476	6.548
austrian	8.424	10.727	10.287	7.522	11.458	10.762	9.126	6.490	8.487	9.692
bahamian	9.332	13.379	9.729	8.785	7.420	17.369	5.777	13.335	9.289	6.721
belgian	13.379	13.887	14.680	7.285	8.260	7.113	5.352	8.034	14.478	10.671
british	8.259	11.222	9.566	7.549	7.188	7.543	5.914	14.223	8.685	8.483
burmese	8.548	8.967	10.900	6.620	8.967	9.868	7.258	9.164	10.837	8.612
cambodian	11.018	11.623	14.415	16.574	10.119	12.434	8.501	7.284	12.500	16.145
canadian	11.368	15.675	16.665	11.951	11.691	15.721	8.643	11.987	13.784	9.218
cape verdean	65.450	71.251	54.891	44.483	51.881	51.177	27.401	34.331	58.823	30.640
chinese	13.043	17.043	15.602	9.645	14.570	16.274	12.584	11.595	14.055	15.939
costa rican	11.713	16.975	15.412	39.675	10.923	11.769	8.302	9.438	15.354	12.441
croatian	20.415	22.376	26.322	16.745	14.520	26.153	27.835	20.898	21.603	32.041
czech	9.091	8.703	10.933	5.718	8.076	8.509	5.555	5.204	9.237	6.822
dutch	8.402	13.729	9.243	7.473	9.243	7.944	6.156	9.005	12.367	9.705
filipino	20.567	33.228	18.033	12.890	15.818	17.485	14.818	14.510	21.851	15.379
french	8.884	10.955	12.037	11.517	10.989	6.661	13.056	13.103	9.797	8.945
german	8.378	12.996	10.326	5.989	9.662	8.443	6.518	7.766	9.768	7.829
greek	12.562	11.783	10.116	5.373	8.664	8.105	5.280	7.377	5.788	7.512
hungarian	10.677	11.405	9.726	9.943	7.185	9.240	10.189	8.197	9.800	7.544

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) ตารางค่าเฉลี่ยเวลาการตอบแคปช่ารายเว็บไซต์เปรียบเทียบตามสัญชาติ

สัญชาติ	ค่าเฉลี่ยเวลาต่อสัญชาติ (วินาที)									
	GOOGLE	FACEBOOK	YAHOO	BAIDU	AMAZON	WIKIPEDIA	TAOBAO	QQ	LIVE	SINA
indian	7.865	10.711	14.215	8.054	7.612	6.341	4.767	7.990	10.694	5.638
indonesian	20.049	19.993	16.014	12.733	16.564	14.251	13.664	12.564	19.883	15.039
irish	11.421	13.563	15.497	8.015	13.157	10.431	10.793	8.066	11.007	8.020
israeli	11.520	7.067	6.762	6.348	8.797	6.080	9.018	8.377	7.035	5.776
italian	6.421	9.307	9.457	5.458	8.817	7.905	6.475	6.791	8.401	6.378
japanese	16.659	18.905	17.573	12.696	15.581	16.923	12.456	13.228	17.168	11.542
malaysian	11.591	15.113	15.921	9.994	15.007	12.185	8.543	10.259	15.543	17.662
nepalese	19.267	21.334	25.335	12.005	16.152	13.170	22.189	15.947	12.802	13.837
new zealander	20.414	24.910	16.348	22.713	16.161	15.294	12.055	12.451	21.278	20.447
russian	7.746	10.544	17.838	6.154	14.793	12.497	6.250	7.811	9.152	8.362
singaporean	15.903	22.863	19.846	13.007	17.539	15.674	12.955	16.299	18.800	14.459
south korean	18.074	18.780	15.336	10.227	12.144	18.327	8.729	10.620	12.790	11.182
swiss	35.365	22.618	22.282	13.091	16.841	13.925	13.240	10.535	21.050	17.225
taiwanese	20.885	21.653	20.642	14.248	17.362	23.686	14.902	15.772	17.785	14.251
thai	15.038	16.762	15.125	10.763	13.530	14.668	10.660	11.584	13.796	11.139
ukrainian	14.711	17.677	18.772	12.669	16.623	15.072	12.979	14.751	14.817	11.055

ภาคผนวก ข ผลการทดสอบด้านความแม่นยำต่อปัจจัยต่างๆ ของผู้ทดสอบ

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อกลุ่มอายุเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อกลุ่มอายุ (ครั้ง)					จำนวนการตอบทั้งหมด
		16-25	26-35	36-35	46-55	> 55	
SVHN	การตอบที่ผิด	11	16	2	1	1	31
	การตอบที่ถูกต้อง	179	218	36	14	9	456
Facebook #1	การตอบที่ผิด	57	59	14	6	5	141
	การตอบที่ถูกต้อง	133	175	24	9	5	346
Yahoo #1	การตอบที่ผิด	13	14	2	1	1	31
	การตอบที่ถูกต้อง	177	220	36	14	9	456
Baidu #1	การตอบที่ผิด	19	23	4	0	1	47
	การตอบที่ถูกต้อง	171	211	34	15	9	440
Amazon #1	การตอบที่ผิด	43	49	6	2	6	106
	การตอบที่ถูกต้อง	147	185	32	13	4	381
Wikipedia #1	การตอบที่ผิด	49	47	6	3	3	108
	การตอบที่ถูกต้อง	141	187	32	12	7	379
Taobao #1	การตอบที่ผิด	31	33	6	4	3	77
	การตอบที่ถูกต้อง	159	201	32	11	7	410
QQ #1	การตอบที่ผิด	30	31	8	2	1	72
	การตอบที่ถูกต้อง	160	203	30	13	9	415
Live #1	การตอบที่ผิด	19	22	0	3	1	45
	การตอบที่ถูกต้อง	171	212	38	12	9	442
Sina #1	การตอบที่ผิด	44	40	6	2	5	97
	การตอบที่ถูกต้อง	146	194	32	13	5	390

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อกลุ่มอายุเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อกลุ่มอายุ (ครั้ง)					จำนวนการตอบทั้งหมด
		16-25	26-35	36-35	46-55	> 55	
Hard reCaptcha	การตอบที่ผิด	35	42	5	3	1	86
	การตอบที่ถูกต้อง	155	192	33	12	9	401
Facebook #2	การตอบที่ผิด	58	61	8	3	5	135
	การตอบที่ถูกต้อง	132	173	30	12	5	352
Yahoo #2	การตอบที่ผิด	11	11	2	0	2	26
	การตอบที่ถูกต้อง	179	223	36	15	8	461
Baidu #2	การตอบที่ผิด	15	23	3	1	3	45
	การตอบที่ถูกต้อง	175	211	35	14	7	442
Amazon #2	การตอบที่ผิด	40	45	7	4	1	97
	การตอบที่ถูกต้อง	150	189	31	11	9	390
Wikipedia #2	การตอบที่ผิด	44	45	7	7	5	108
	การตอบที่ถูกต้อง	146	189	31	8	5	379
Taobao #2	การตอบที่ผิด	31	36	4	6	1	78
	การตอบที่ถูกต้อง	159	198	34	9	9	409
QQ #2	การตอบที่ผิด	31	25	5	3	1	65
	การตอบที่ถูกต้อง	159	209	33	12	9	422
Live #2	การตอบที่ผิด	13	27	5	3	2	50
	การตอบที่ถูกต้อง	177	207	33	12	8	437
Sina #2	การตอบที่ผิด	32	46	8	0	3	89
	การตอบที่ถูกต้อง	158	188	30	15	7	398

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.2 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อเพศเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อเพศ (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		เพศชาย	เพศหญิง	
SVHN	การตอบที่ผิด	16	15	31
	การตอบที่ถูกต้อง	233	223	456
Facebook #1	การตอบที่ผิด	72	69	141
	การตอบที่ถูกต้อง	177	169	346
Yahoo #1	การตอบที่ผิด	16	15	31
	การตอบที่ถูกต้อง	233	223	456
Baidu #1	การตอบที่ผิด	25	22	47
	การตอบที่ถูกต้อง	224	216	440
Amazon #1	การตอบที่ผิด	55	51	106
	การตอบที่ถูกต้อง	194	187	381
Wikipedia #1	การตอบที่ผิด	58	50	108
	การตอบที่ถูกต้อง	191	188	379
Taobao #1	การตอบที่ผิด	38	39	77
	การตอบที่ถูกต้อง	211	199	410
QQ #1	การตอบที่ผิด	33	39	72
	การตอบที่ถูกต้อง	216	199	415
Live #1	การตอบที่ผิด	19	26	45
	การตอบที่ถูกต้อง	230	212	442
Sina #1	การตอบที่ผิด	46	51	97
	การตอบที่ถูกต้อง	203	187	390

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อเพศเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อเพศ (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		เพศชาย	เพศหญิง	
Hard reCaptcha	การตอบที่ผิด	32	54	86
	การตอบที่ถูกต้อง	217	184	401
Facebook #2	การตอบที่ผิด	73	62	135
	การตอบที่ถูกต้อง	176	176	352
Yahoo #2	การตอบที่ผิด	11	15	26
	การตอบที่ถูกต้อง	238	223	461
Baidu #2	การตอบที่ผิด	23	22	45
	การตอบที่ถูกต้อง	226	216	442
Amazon #2	การตอบที่ผิด	50	47	97
	การตอบที่ถูกต้อง	199	191	390
Wikipedia #2	การตอบที่ผิด	61	47	108
	การตอบที่ถูกต้อง	188	191	379
Taobao #2	การตอบที่ผิด	40	38	78
	การตอบที่ถูกต้อง	209	200	409
QQ #2	การตอบที่ผิด	30	35	65
	การตอบที่ถูกต้อง	219	203	422
Live #2	การตอบที่ผิด	24	26	50
	การตอบที่ถูกต้อง	225	212	437
Sina #2	การตอบที่ผิด	39	50	89
	การตอบที่ถูกต้อง	210	188	398

ตารางที่ ข.3 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อการศึกษาเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อระดับการศึกษา (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		ต่ำกว่าระดับปริญญา	ระดับปริญญาตรีขึ้นไป	
SVHN	การตอบที่ผิด	6	25	31
	การตอบที่ถูกต้อง	92	364	456
Facebook #1	การตอบที่ผิด	40	101	141
	การตอบที่ถูกต้อง	58	288	346
Yahoo #1	การตอบที่ผิด	6	25	31
	การตอบที่ถูกต้อง	92	364	456
Baidu #1	การตอบที่ผิด	9	38	47
	การตอบที่ถูกต้อง	89	351	440
Amazon #1	การตอบที่ผิด	18	88	106
	การตอบที่ถูกต้อง	80	301	381
Wikipedia #1	การตอบที่ผิด	26	82	108
	การตอบที่ถูกต้อง	72	307	379
Taobao #1	การตอบที่ผิด	20	57	77
	การตอบที่ถูกต้อง	78	332	410
QQ #1	การตอบที่ผิด	15	57	72
	การตอบที่ถูกต้อง	83	332	415
Live #1	การตอบที่ผิด	8	37	45
	การตอบที่ถูกต้อง	90	352	442
Sina #1	การตอบที่ผิด	21	76	97
	การตอบที่ถูกต้อง	77	313	390

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข.3 (ต่อ) ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อการศึกษาเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อระดับการศึกษา (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		ต่ำกว่าระดับปริญญา	ระดับปริญญาตรีขึ้นไป	
Hard reCaptcha	การตอบที่ผิด	16	70	86
	การตอบที่ถูกต้อง	82	319	401
Facebook #2	การตอบที่ผิด	28	107	135
	การตอบที่ถูกต้อง	70	282	352
Yahoo #2	การตอบที่ผิด	4	22	26
	การตอบที่ถูกต้อง	94	367	461
Baidu #2	การตอบที่ผิด	12	33	45
	การตอบที่ถูกต้อง	86	356	442
Amazon #2	การตอบที่ผิด	22	75	97
	การตอบที่ถูกต้อง	76	314	390
Wikipedia #2	การตอบที่ผิด	24	84	108
	การตอบที่ถูกต้อง	74	305	379
Taobao #2	การตอบที่ผิด	19	59	78
	การตอบที่ถูกต้อง	79	330	409
QQ #2	การตอบที่ผิด	14	51	65
	การตอบที่ถูกต้อง	84	338	422
Live #2	การตอบที่ผิด	9	41	50
	การตอบที่ถูกต้อง	89	348	437
Sina #2	การตอบที่ผิด	19	70	89
	การตอบที่ถูกต้อง	79	319	398

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข.4 ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อสัญชาติเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อสัญชาติ (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		ชาวต่างชาติ	ชาวไทย	
SVHN	การตอบที่ผิด	9	22	31
	การตอบที่ถูกต้อง	212	244	456
Facebook #1	การตอบที่ผิด	75	66	141
	การตอบที่ถูกต้อง	146	200	346
Yahoo #1	การตอบที่ผิด	12	19	31
	การตอบที่ถูกต้อง	209	247	456
Baidu #1	การตอบที่ผิด	20	27	47
	การตอบที่ถูกต้อง	201	239	440
Amazon #1	การตอบที่ผิด	45	61	106
	การตอบที่ถูกต้อง	176	205	381
Wikipedia #1	การตอบที่ผิด	49	59	108
	การตอบที่ถูกต้อง	172	207	379
Taobao #1	การตอบที่ผิด	39	38	77
	การตอบที่ถูกต้อง	182	228	410
QQ #1	การตอบที่ผิด	32	40	72
	การตอบที่ถูกต้อง	189	226	415
Live #1	การตอบที่ผิด	18	27	45
	การตอบที่ถูกต้อง	203	239	442
Sina #1	การตอบที่ผิด	50	47	97
	การตอบที่ถูกต้อง	171	219	390

ตารางที่ ข.4 (ต่อ) ตารางแสดงจำนวนการตอบแคปช่าต่อสัญชาติเปรียบเทียบรายรูปแบบแคปช่า

แคปช่า		จำนวนการตอบต่อสัญชาติ (ครั้ง)		จำนวนการตอบทั้งหมด
		ชาวต่างชาติ	ชาวไทย	
Hard reCaptcha	การตอบที่ผิด	42	44	86
	การตอบที่ถูกต้อง	179	222	401
Facebook #2	การตอบที่ผิด	66	69	135
	การตอบที่ถูกต้อง	155	197	352
Yahoo #2	การตอบที่ผิด	13	13	26
	การตอบที่ถูกต้อง	208	253	461
Baidu #2	การตอบที่ผิด	21	24	45
	การตอบที่ถูกต้อง	200	242	442
Amazon #2	การตอบที่ผิด	41	56	97
	การตอบที่ถูกต้อง	180	210	390
Wikipedia #2	การตอบที่ผิด	50	58	108
	การตอบที่ถูกต้อง	171	208	379
Taobao #2	การตอบที่ผิด	32	46	78
	การตอบที่ถูกต้อง	189	220	409
QQ #2	การตอบที่ผิด	36	29	65
	การตอบที่ถูกต้อง	185	237	422
Live #2	การตอบที่ผิด	26	24	50
	การตอบที่ถูกต้อง	195	242	437
Sina #2	การตอบที่ผิด	36	53	89
	การตอบที่ถูกต้อง	185	213	398

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภาสกร ยูถะสุนทร์ เกิดวันพฤหัสบดีที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ.2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาศิลปศาสตร์บัณฑิต คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร (เกียรตินิยมอันดับ 2) ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University