ผลของระยะห่างระหว่างอักษร ตำแหน่งอักษร จำนวนอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

นายวงศกร รัตติรุจิเศวต

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
สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF SPACING, POSITIONS, NUMBERS OF CHARACTERS, AND PAIRS OF TEXT AND BACKGROUND'S COLORS ON TEXT-BASED CAPTCHA'S HUMAN AFFIRMATIVE RATES AND ROBUSTNESS RATES

Mr. Wongsakorn Rattirujisawet

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Business Software Development

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระยะห่างระหว่างอักษร ตำแหน่งอักษร จำนวนอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ
โดย	นายวงศกร รัตติรุจิเศวต
สาขาวิชา	การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี

(รองศาสตราจารย์ ดร.พสุ เดชะรินทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถาวร อานุภาพไตรรงค์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พงษ์สิน ภูแสนคำ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วงศกร รัตติรุจิเศวต : ผลของระยะห่างระหว่างอักษร ตำแหน่งอักษร จำนวนอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (EFFECT OF SPACING, POSITIONS, NUMBERS OF CHARACTERS, AND PAIRS OF TEXT AND BACKGROUND'S COLORS ON TEXT-BASED CAPTCHA'S HUMAN AFFIRMATIVE RATES AND ROBUSTNESS RATES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี, 130 หน้า.

การออบแบบแคปท์ชาข้อความต้องให้ง่ายต่อมนุษย์แต่ยากสำหรับโปรแกรมอัตโนมัติหรือเรียกว่าบอต การวัดความสามารถของแคปท์ชาข้อความคือ การวัดอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ อันหมายถึงอัตราที่ผู้ใช้สามารถระบุอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง และการวัดอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ อันหมายถึงอัตราที่แคปท์ชาข้อความสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ ยังไม่พบงานวิจัยที่ได้วิเคราะห์ผลของ (1) ระยะห่างระหว่างอักษร (2) ตำแหน่งอักษร (3) จำนวนอักษร หรือ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ วิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการเติมเต็มความต้องการนี้

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าระยะห่างระหว่างอักษร และจำนวนอักษร มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทว่าผลของตำแหน่งอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลังต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะห่างระหว่างอักษร และตำแหน่งอักษร มีผลต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทว่าผลของจำนวนอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลังต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่มีนัยสำคัญ ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษานี้เป็นแนวคิดในการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ อีกทั้งผู้พัฒนาแคปท์ชาสามารถใช้ข้อค้นพบในงานนี้ เพื่อออกแบบแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อการใช้งานของมนุษย์ และยากต่อการโจมตีของบอต

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5581595226 : MAJOR BUSINESS SOFTWARE DEVELOPMENT
KEYWORDS: CAPTCHAS / SPACING / POSITIONS / NUMBER OF CHARACTERS / TEXT AND BACKGROUND COLORS / HUMAN AFFIRMATIVE RATES / ROBUSTNESS RATES

WONGSAKORN RATTIRUJISAWET: EFFECT OF SPACING, POSITIONS, NUMBERS OF CHARACTERS, AND PAIRS OF TEXT AND BACKGROUND'S COLORS ON TEXT-BASED CAPTCHA'S HUMAN AFFIRMATIVE RATES AND ROBUSTNESS RATES. ADVISOR: ASST. PROF. CHATPONG TANGMANEE, Ph.D., 130 pp.

Text-based CAPTCHAs are designed to be easy for humans but hard for automated software, known as bots. However, they are still a problem for humans. The human affirmative rate means the rate through which users can identify the text that appears in CAPTCHAs correctly and the robustness rate of CAPTCHAs means the rate through which CAPTCHAs are safe from OCR attack. No previous study examines the effects of (1) spacing, (2) positions, (3) numbers of characters, or (4) pairs of text and background's colors of CAPTCHAs on the human affirmative rates and the robustness rate of CAPTCHAs. This study attampts to fill this void.

The study is based on a laboratory experiment. The analysis indicated that the effects of spacing, and numbers of characters of CAPTCHA are statistically significant on the human affirmative rate at the 0.05 level, but the effect of positions, or pairs of text and background's colors of CAPTCHA were not significant. In addition, the effects of spacing, and positions of CAPTCHA are statistically significant on the robustness rate of CAPTCHA at the 0.05 level, but the effect of numbers of characters, or pairs of text and background's colors of CAPTCHA were not significant. In addition to extending knowledge of text-based CAPTCHA's design, developers could apply the findings to design text-based CAPTCHAs that are easy for human but difficult for computer attacks.

Department:	Statistics	Student's Signature	.....
Field of Study:	Business Software Development	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2014		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัชพงศ์ ตั้งมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา และตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในงานวิจัย อีกทั้งยังคอยติดตาม เข้มงวด กวดขัน ผู้วิจัยอย่างเต็มกำลังมาโดยตลอด สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นแรงผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนางานวิจัยออกมาอย่างมีคุณภาพ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถาวร อานุภาพไตรรงค์ ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.พงษ์สิน ภูแสนคำ กรรมการวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ช่วยชี้แนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์เพื่อให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อุทัย ตันละมัย และอาจารย์มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ ที่ซื้อโปรแกรม Omnipage Professional 18 และส่งต่อให้ผู้วิจัยเพื่อเก็บข้อมูลนี้ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาในการติดต่อหน่วยทดลอง ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์มณี รัตนวิชา อาจารย์ ดร.ปริญดา มณีโรจน์ อาจารย์ ดร.พงษ์สิน ภูแสนคำ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พนา ปีตธวัชชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญลักษณ์ วิจิตรสาระวงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เจ้า มงคลนาวิน อาจารย์ ดร.นภมณี เตพละกุล อาจารย์ชัยสุทธิ์ จงถาวรวิทยา อาจารย์ ดร.กฤษณา วิสมิตะนันทน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารทัศน์ โมกขมรรคกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อัสสะรัตน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรัชย์ ภัทรโกศล นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติ และเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ ตึก 9 คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลของงานวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งหน่วยทดลองทุกท่านที่เสียสละเวลาเพื่อมาให้ข้อมูลในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำวิทยานิพนธ์จากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตปริญญาโท จากบัณฑิตวิทยาลัย แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นจำนวน 15,000 บาท ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ที่สำคัญยิ่งต้องขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวที่คอยมอบกำลังใจและเป็นห่วงตลอดมา รวมทั้งเพื่อน ๆ ในหลักสูตรการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

สารบัญตาราง ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 19

1.3 นิยามของศัพท์สำคัญ 20

1.4 ระเบียบวิธีวิจัยเบื้องต้น 21

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 24

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 24

1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย 25

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม 26

2.1 ความนำ 26

2.2 การออกแบบภาพอักษร 26

2.3 ความสำคัญของแคปท์ชา 31

2.4 แคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อมนุษย์ 40

2.5 แคปท์ชาข้อความที่ยากต่อการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ 46

2.6 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 49

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.1 ความนำ 50
3.2 ประชากรและหน่วยทดลอง 50
3.3 กระบวนวิธีการเก็บข้อมูล 51
3.4 วิธีการเก็บข้อมูล 61
3.5 การทดสอบสมมติฐาน 77
3.6 ประเด็นของความเชื่อถือได้ (Reliability) และความถูกต้อง (Validity) 81
3.7 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล 83
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 86
4.1 ความนำ 86
4.2 ลักษณะทางประชากรของหน่วยทดลอง 86
4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ 88
4.4 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน 91
4.5 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน 92
4.6 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน 93
4.7 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน 94
4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ 95
4.9 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน 98
4.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน 99

Chulalongkorn University

หน้า

4.11 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน 100

4.12 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน 101

4.13 สรุปผลการวิเคราะห์อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ 102

4.14 ผลของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง 104

4.15 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น 105

4.16 การลองวิเคราะห์ผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาข้อความผิด 107

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล 109

5.1 ความนำ 109

5.2 การทดลองและลักษณะของหน่วยทดลอง 109

5.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ .. 109

5.4 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ 110

5.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ 110

5.6 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ... 111

5.7 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ 112

5.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ . 112

5.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ 113

5.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ 113

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

5.11 การลองเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง 114

5.12 การลองเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น 115

5.13 การนำงานวิจัยไปใช้ (Contribution) 116

5.14 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 118

รายการอ้างอิง 121

ภาคผนวก 128

ภาคผนวก ก ใบงาน 129

ภาคผนวก ข ตัวอย่างรูปแบบแคปท์ชาข้อความ 130

ภาคผนวก ค สมการคำนวณค่า z 131

ภาคผนวก ง ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรม Omnipage Professional 18 133

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 135

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ reCAPTCHA (Ahmad et al., 2011) 2
ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ What's up captcha? (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557) 3
ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ Playthru CAPTCHA (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557) 4
ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างการปรับระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 5
ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างภาพอักษรที่ได้จากโปรแกรม FontLab Studio 5.2 6
ภาพที่ 1.6 ตัวอย่างการวัดความกว้างของภาพอักษรของโปรแกรม FontLab Studio 5.2 7
ภาพที่ 1.7 ตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม FontLab Studio 5.2 8
ภาพที่ 1.8 ตัวอย่างการกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 9
ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างเทคนิคการกำจัดระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ slythigomi 11
ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ 11
ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 12
ภาพที่ 1.12 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งยกขึ้นต่ำลงในลักษณะคลื่น (Ahmad et al., 2011) .. 13
ภาพที่ 1.13 รายละเอียดของ x-height (Felici, 2012) 13
ภาพที่ 1.14 ค่าความสูงของอักษร x ตัวพิมพ์เล็กของแบบอักษร Arial ของโปรแกรม FontLab Studio 5.2 14
ภาพที่ 1.15 ตัวอย่างตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ 15
ภาพที่ 1.16 ตัวอย่างจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ 16
ภาพที่ 1.17 ตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง 17
ภาพที่ 1.18 ตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ 18
ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างภาพอักษร (Microsoft Corporation, 2014) 27
ภาพที่ 2.2 รายละเอียดของเส้นต่าง ๆ (Bailey, 2011) 28

ภาพที่ 2.3 รายละเอียดของ Tracking..... 29
ภาพที่ 2.4 รายละเอียดของ Kerning..... 29
ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างความกว้างของ Proportional และ Monospaced (ธวัชชัย ศรีสุเทพ, 2549)..... 30
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างแบบอักษร Arial (Hood, 2006)..... 30
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Gimpy (Mori and Malik, 2003)..... 33
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ EZ-Gimpy (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 33
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Google, Microsoft และ Yahoo (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 34
ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Fedora (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 35
ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Clickable (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 35
ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ ESP-PIX (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 37
ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างแคปท์ชาเสียงที่ผู้ใช้ต้องออกเสียงตามที่ได้ยิน (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)..... 39
ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างการเลื่อน (Translated) (Chellapilla et al., 2005)..... 42
ภาพที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความเร็วในการอ่าน (Debernardis et al., 2012)..... 46
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างขั้นตอนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของบอต (Bursztein et al., 2011) 47
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการหาจุดตัด (Cut points) ของโปรแกรมโอซีอาร์ (Ahmad et al., 2011)..... 48
ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ระยะห่างระหว่างอักษรขยายเป็น 8 พอยต์..... 52
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ระยะห่างระหว่างอักษรบีบจนเหลือ 3.4 พอยต์..... 53
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ตำแหน่งอักษรปกติ..... 54
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ตำแหน่งอักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน..... 54

ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรเป็นห้าอักษร 55
ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรเป็นสิบห้าอักษร 55
ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว 56
ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน 57
ภาพที่ 3.9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง 63
ภาพที่ 3.10 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดฉายแล้ววันนี้ 65
ภาพที่ 3.11 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดโปรแกรมหน้า 66
ภาพที่ 3.12 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดอันดับหนังทำเงิน 66
ภาพที่ 3.13 รายละเอียดของตัวอย่างภาพยนตร์ 67
ภาพที่ 3.14 แคปท์ชาข้อความสำหรับดาวน์โหลดภาพยนตร์ 67
ภาพที่ 3.15 ลิงค์คำถามส่วนบุคคล 68
ภาพที่ 3.16 รายละเอียดคำถามส่วนบุคคล 68
ภาพที่ 3.17 Context Diagram ของระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ 69
ภาพที่ 3.18 Data Flow Diagram Level 1 ของระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ 70
ภาพที่ 3.19 Data Flow Diagram Level 2 ของ Process 1 ประมวลผลแคปท์ชาข้อความ .. 71
ภาพที่ 3.20 Context Diagram ของโปรแกรมโอซีอาร์ 71
ภาพที่ 3.21 Data Flow Diagram Level 1 ของโปรแกรมโอซีอาร์ 72
ภาพที่ 3.22 Physical Data Model ของระบบดาวน์โหลดภาพยนตร์ 73
ภาพที่ 3.23 กรอบความคิดของวิทยานิพนธ์ 84
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน 92
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน 93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน 94

ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน 95

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน..... 99

ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน 100

ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน..... 101

ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน..... 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ค่าความกว้าง ระยะห่างด้านซ้าย และระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวพิมพ์เล็กแบบอักษร Arial 7

ตารางที่ 2.1 ปัญหาของการใช้แคปท์ชาข้อความ (Yan and Ahmad, 2008) 40

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการบิดเบือนแคปท์ชาข้อความของ Microsoft (Chellapilla et al., 2005) 42

ตารางที่ 3.1 รูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 16 เงื่อนไข 58

ตารางที่ 3.2 ตาราง Captcha สำหรับเก็บข้อมูลรูปแบบแคปท์ชาข้อความ 74

ตารางที่ 3.3 ตาราง Answer สำหรับเก็บข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์ 74

ตารางที่ 3.4 ตาราง Movie สำหรับเก็บข้อมูลภาพยนตร์ 75

ตารางที่ 3.5 ตาราง Alphabet สำหรับเก็บข้อมูลตัวอักษร 75

ตารางที่ 3.6 ตาราง Frequency สำหรับแสดงความถี่ของตัวอักษร 75

ตารางที่ 3.7 ตาราง Demographics สำหรับเก็บข้อมูลส่วนบุคคล 76

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลองจำนวนทั้งสิ้น 380 คน 87

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลประเภทสายตาที่จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง 88

ตารางที่ 4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความ 89

ตารางที่ 4.4 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามระยะห่างระหว่างอักษร 90

ตารางที่ 4.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามตำแหน่งอักษร 90

ตารางที่ 4.6 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามจำนวนอักษร 90

ตารางที่ 4.7 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง 91

ตารางที่ 4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความ 96

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามระยะห่างระหว่างอักษร . 97

ตารางที่ 4.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามตำแหน่งอักษร..... 97

ตารางที่ 4.11 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษร..... 97

ตารางที่ 4.12 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง 98

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง 103

ตารางที่ 4.14 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง 104

ตารางที่ 4.15 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาปกติ และสายตามีปัญหา..... 105

ตารางที่ 4.16 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลองของหน่วยทดลอง..... 106

ตารางที่ 4.17 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตามีปัญหา 107

ตารางที่ 5.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามตำแหน่งอักษรเมื่อควบคุมลักษณะของการบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ให้คงที่ 120

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้จำนวนผู้แลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพิ่มมาก เช่น การค้าบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (E-Commerce) และการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนี้ จึงเป็นโอกาสให้ผู้ไม่ประสงค์ดีพัฒนาบอต (Bot) ที่สามารถแสดงตัวในระบบเหมือนผู้ใช้ทั่วไป เพื่อ (1) สมัครสมาชิกของระบบ โดยมีการใช้งานผ่านคำสั่งของบอต ทำให้ผู้ใช้จริงไม่สามารถสมัครสมาชิกได้ (2) โจมตีระบบ โดยบอตส่งคำขอใช้บริการซ้ำ ๆ ทำให้ระบบเต็มไปด้วยข้อมูลที่ไม่จำเป็น เกิดความล่าช้าและไม่สามารถให้บริการผู้ใช้ได้ หรือ (3) ส่งสแปม (Spam) อันหมายถึงการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ออกไปยังผู้รับจำนวนมาก ที่ไม่ได้ประสงค์จะได้รับข้อมูลนั้น เช่น อาจเป็นจดหมายลูกโซ่ โฆษณา หรือการแนบไฟล์ไวรัส เป็นต้น ทั้งนี้ บอต หมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รับคำสั่งจากผู้ควบคุมให้สามารถทำงานตามคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้โดยอัตโนมัติ (ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย, 2556; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

แคปท์ชา (CATPCHA) เป็นเครื่องมือบนเว็บไซต์ที่ใช้จำแนกผู้ใช้ว่าเป็นมนุษย์หรือเป็นบอต ทั้งนี้ แคปท์ชา (CAPTCHA) ย่อมาจาก Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart หมายถึงโปรแกรมทดสอบเพื่อเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์แบบโต้ตอบชนิดหนึ่ง เพื่อทดสอบความเป็นมนุษย์ของผู้ใช้ (Von Ahn, Blum, & Langford, 2004) โดยการทดสอบนั้น ผู้ใช้จำเป็นต้องตอบแบบทดสอบให้ถูกต้องเพื่อยืนยันว่าผู้ใช้เป็นมนุษย์ โดยที่โปรแกรมอัตโนมัติที่รู้จักในชื่อของบอตจะไม่สามารถตอบแบบทดสอบได้ถูกต้อง (Shirali-Shahreza & Shirali-Shahreza, 2007; Von Ahn et al., 2004; Yan & El Ahmad, 2008; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

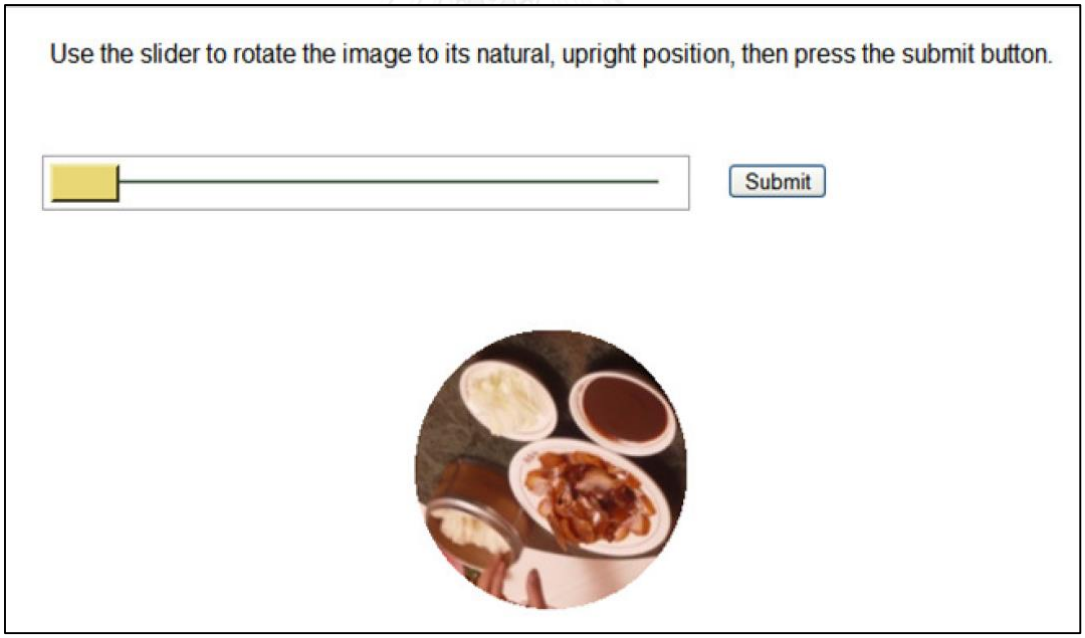
หลังจากมีการใช้แคปท์ชาเพื่อให้ปลอดจากการโจมตีของบอต ผู้ไม่ประสงค์ดียังได้พยายามพัฒนาบอตให้สามารถผ่านการทดสอบของแคปท์ชาได้เสมือนเป็นมนุษย์ ดังนั้นผู้ออกแบบแคปท์ชาจึงต้องพัฒนาแคปท์ชาให้ซับซ้อนมากขึ้น แคปท์ชาสามารถจำแนกได้สองกลุ่มหลัก ๆ ได้แก่ (1) กลุ่มแคปท์ชาแบบรู้จำอักษรทางภาพ (OCR-based CAPTCHA) ในกลุ่มนี้จะเป็นแคปท์ชาข้อความ (Text-Based CAPTCHA) โดยจะแสดงชุดอักษรที่มีลักษณะบิดเบือน (Distortion) และกำหนดให้ผู้ใช้ต้องพิมพ์ชุดอักษรที่ปรากฏให้ถูกต้องเพื่อยืนยันว่าผู้ใช้เป็นมนุษย์

และ (2) กลุ่มแคปท์ชาแบบไม่รู้จำอักษรทางภาพ (Non-OCR based CAPTCHA) ตัวอย่างในกลุ่มนี้จะได้แก่ (ก) แคปท์ชารูปภาพ (Image-Based CAPTCHA) โดยจะแสดงรูปภาพแล้วให้ผู้ใช้ทำตามคำสั่งต่าง ๆ ให้ถูกต้องเพื่อยืนยันว่าผู้ใช้เป็นมนุษย์ หรือ (ข) แคปท์ชาเสียง (Audio-Based CAPTCHA) โดยจะให้ผู้ใช้ฟังเสียง และกำหนดให้ผู้ใช้ต้องพิมพ์ตัวอักษรตามเสียงที่ได้ยินให้ถูกต้องเพื่อยืนยันว่าผู้ใช้เป็นมนุษย์ (Kluever & Zanibbi, 2009; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

แคปท์ชาข้อความ เป็นแคปท์ชาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะเว็บไซต์ขนาดใหญ่ เช่น Google, Yahoo และ Microsoft เนื่องจากเป็นแคปท์ชาที่ผู้ใช้ทั่วโลกใช้งานได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับแคปท์ชาประเภทอื่น เพราะผู้ใช้เพียงแค่พิมพ์ตัวอักษรที่ปรากฏให้ถูกต้อง และการบิดเบือนตัวอักษรที่ปรากฏช่วยเพิ่มโอกาสให้ปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) อันหมายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้แปลงภาพของข้อความจากการเขียนหรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขและเก็บไว้ได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Imsamai & Phimoltares, 2010; Taghva, Borsack, & Condit, 1996; Yan & El Ahmad, 2008) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมโอซีอาร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้ปัญหาของแคปท์ชาข้อความที่พบในปัจจุบัน ได้แก่ (1) แคปท์ชาที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่าย มักตกเป็นเป้าหมายการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ง่ายเช่นกัน ในขณะที่ (2) แคปท์ชาที่รอดจากการโจมตีมักใช้อักษรที่มนุษย์ทั่วไปอ่านหรือทำความเข้าใจได้ยากมาก ๆ (Gupta, Jain, Raj, & Jain, 2009; Mori & Malik, 2003; Thomas, Choudhury, & Govindaraju, 2010; Yan & El Ahmad, 2008) ทั้งนี้ ภาพที่ 1.1 คือตัวอย่างของแคปท์ชาข้อความ reCAPTCHA เป็นแคปท์ชาข้อความที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน (El Ahmad, Yan, & Tayara, 2011; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ภาพที่ 1.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ reCAPTCHA (Ahmad et al., 2011)

แคปท์ชารูปภาพ เป็นแคปท์ชาที่มีวิธีการทดสอบสำหรับผู้ใช้ได้มากมาย โดยทั่วไปแคปท์ชารูปภาพต้องง่ายกับผู้ใช้ ส่วนมากจะให้ผู้ใช้เลือกภาพที่ถูกต้องโดยผู้ใช้ไม่ต้องพิมพ์ข้อความ แต่แคปท์ชารูปภาพมีข้อเสียที่สำคัญ คือตัวแคปท์ชาไม่สามารถสร้างรูปภาพขึ้นมาเองได้ จึงต้องมีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อใช้เก็บข้อมูลภาพจำนวนมากพอที่สามารถใช้สร้างเป็นแบบทดสอบ อีกทั้ง คำตอบที่เป็นตัวเลือกทำให้บอตสามารถเดาคำตอบได้โดยการสุ่มเลือก มีความน่าจะเป็นที่สุ่มตัวเลือกตอบถูกสูง และปัจจุบันเริ่มมีการใช้การหลักการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ในการจำแนกภาพเพื่อมาใช้โจมตีแคปท์ชารูปภาพ (Golle, 2008; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557) ด้วยเหตุนี้ทำให้การนำแคปท์ชารูปภาพไปใช้ยังคงจำกัด (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557) ทั้งนี้ ภาพที่ 1.2 คือตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ What's up captcha? เป็นแคปท์ชารูปภาพที่ให้ผู้ใช้หมุนภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และภาพที่ 1.3 คือตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ Playthru CAPTCHA เป็นแคปท์ชารูปภาพที่ให้ผู้ใช้เลื่อนตำแหน่งรูปภาพตามคำสั่ง



ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ What's up captcha? (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ Playthru CAPTCHA (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

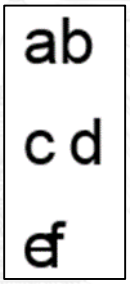
แคปท์ชาเสียง เป็นแคปท์ชาที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยแก้ปัญหาทางการมองเห็นของผู้ใช้ จะทดสอบด้วยการให้ผู้ใช้พิมพ์อักษรจากเสียงที่ได้ยิน โดยเสียงดังกล่าวจะมีเสียงรบกวน (Noise) ร่วมด้วยเพื่อป้องกันการโจมตีจากบอต แต่เนื่องจากการใช้เสียงในการทดสอบผู้ใช้ ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับภาษาและสามารถฟังเสียงนั้นได้เข้าใจจึงจะผ่านการทดสอบได้ (Bursztein, Bethard, Mitchell, Jurafsky, & Fabry, 2010; Lopresti, Shih, & Kochanski, 2002) และเนื่องจากความสามารถการจำแนกและแปลงเสียงเป็นข้อความของคอมพิวเตอร์ทำได้ดีกว่าการจำแนกของมนุษย์ อีกทั้ง Bursztein, Beauxis, et al. (2011) พบว่าการโจมตีแคปท์ชาเสียงด้วยบอตจะใช้เวลาน้อยกว่าผู้ใช้งานจริง และมีโอกาสสำเร็จได้มากกว่าผู้ใช้งานจริงอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น แคปท์ชาเสียงส่วนใหญ่จึงถูกพัฒนาให้ใช่ร่วมกันกับแคปท์ชาข้อความหรือรูปภาพมากกว่าการใช้งานแคปท์ชาเสียงเพียงอย่างเดียว (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาแคปท์ชาข้อความ เป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าแคปท์ชาประเภทอื่น ประเด็นที่สำคัญในการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ คือการออกแบบแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์เข้าใจและโต้ตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ยากนัก และโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีได้

ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ และให้ความสำคัญต่อประเด็นการออกแบบแคปท์ชาข้อความสี่ประเด็น คือ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

1. ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ

ระยะห่างระหว่างอักษร (Spacing) หมายถึง ระยะห่างระหว่างอักษรที่ประกอบเป็นแคปท์ชา (นวลจันทร์ เสมาขันธ์, 2539) การกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 อันเป็นโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้สร้างแคปท์ชาข้อความในวิทยานิพนธ์นี้ สามารถกำหนดระยะห่างได้สามระดับ ได้แก่ (1) ปกติ (Normal) (2) ขยาย (Expanded) คือการเพิ่มระยะห่างระหว่างอักษร และ (3) บีบ (Condensed) คือการลดระยะห่างระหว่างอักษร ทั้งนี้การปรับระยะห่างระหว่างอักษรมีหน่วยเป็นพอยต์ (Point) ภาพที่ 1.4 คือตัวอย่างการปรับระยะห่างระหว่างอักษรในโปรแกรม Microsoft Word 2013 เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง จะเห็นว่าระยะห่างระหว่างอักษร a และ b คือระยะปกติ ในขณะที่ระยะห่างระหว่างอักษร c และ d ได้ถูกขยายเป็น 5 พอยต์ ส่วนระยะห่างระหว่างอักษร e และ f ได้ถูกบีบลง 5 พอยต์เช่นกัน

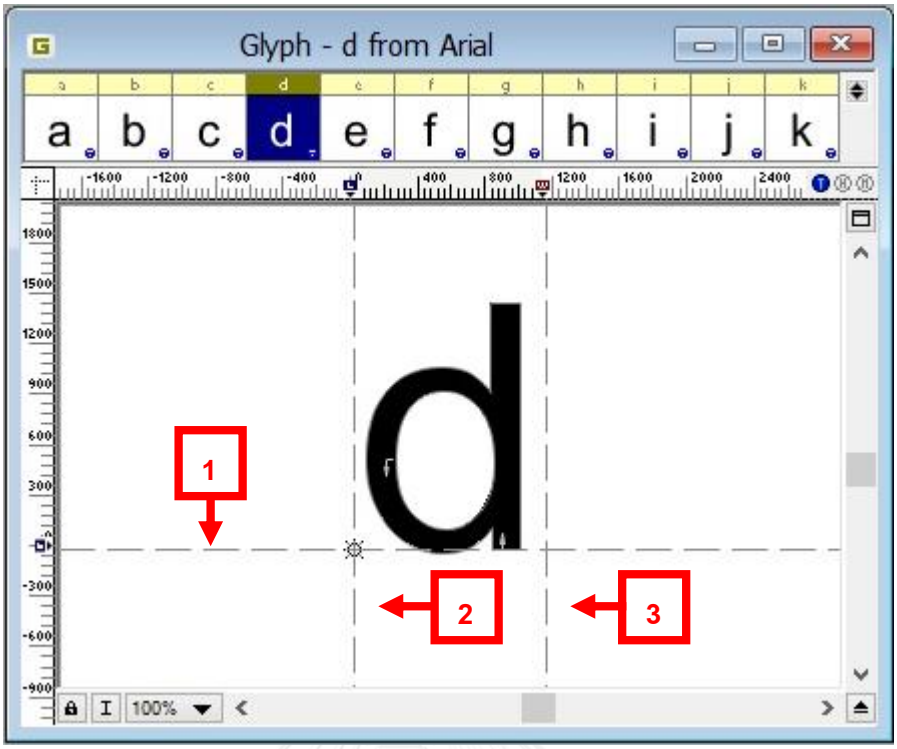


ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างการปรับระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

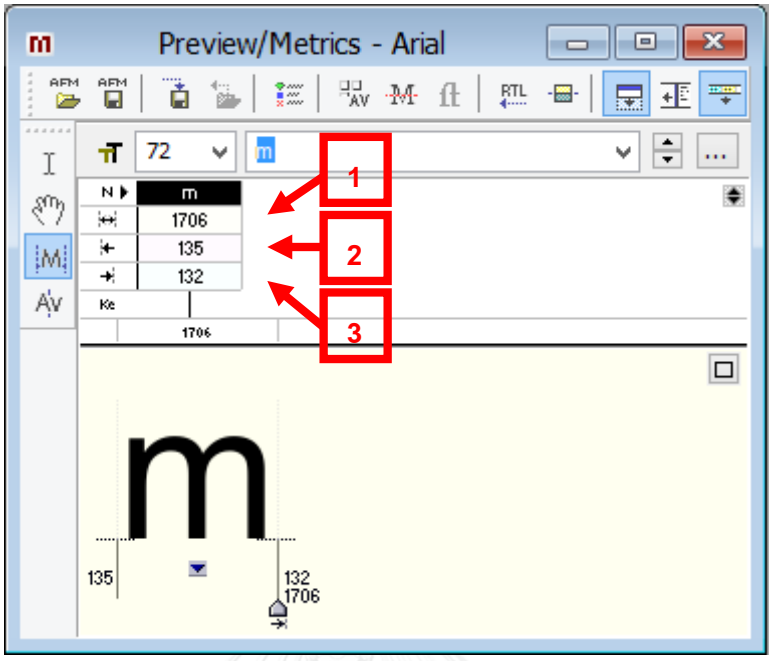
ความเข้าใจในการกำหนดค่าระยะห่างระหว่างอักษรที่เหมาะสม ต้องอาศัยแนวคิดของภาพอักษร (Glyph) เพื่อให้สามารถคำนวณค่าระยะห่างระหว่างอักษรได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจึงขออธิบายภาพอักษร (Glyph) และหน่วยของระยะห่างให้ผู้อ่านเข้าใจ โดยอาศัยโปรแกรม FontLab Studio 5.2 อันเป็นโปรแกรมแก้ไขฟอนต์ มาช่วยอธิบายการออกแบบภาพอักษร

ภาพอักษร (Glyph) หมายถึงภาพของตัวพิมพ์ (Type) ที่ใช้แสดงผลบนหน้าจอ (Microsoft Corporation, 2014) ภาพที่ 1.5 คือตัวอย่างภาพอักษรของตัว d ที่ได้จากโปรแกรม FontLab Studio 5.2 ในแบบอักษร Arial เส้นประเส้นที่ 1 ในกรอบสี่เหลี่ยม เรียกว่าเส้นบรรทัด (Baseline) อันหมายถึง เส้นตรงแนวนอนที่ตัวอักษรวางอยู่ในแนวเดียวกัน (Bailey, 2011) เส้นประเส้นที่ 2 เรียกว่าเส้นด้านซ้าย และเส้นประเส้นที่ 3 เรียกว่าเส้นด้านขวา ส่วนระยะห่างระหว่างเส้นด้านซ้ายกับเส้นด้านขวา คือความกว้างของภาพอักษร



ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างภาพอักษรที่ได้จากโปรแกรม FontLab Studio 5.2

ในภาพที่ 1.6 คือตัวอย่างการวัดความกว้างของภาพอักษร m ของโปรแกรม FontLab Studio 5.2 ค่าที่ 1 ในกรอบสี่เหลี่ยม คือความกว้างของภาพอักษร ค่าที่ 2 คือระยะห่างด้านซ้ายของภาพอักษร อันหมายถึง ระยะห่างที่วัดจากเส้นด้านซ้ายไปถึงตัวอักษร และค่าที่ 3 คือระยะห่างด้านขวาของภาพอักษร อันหมายถึง ระยะห่างที่วัดจากอักษรไปจบที่เส้นด้านขวา ดังนั้น อักษร m จึงมีความกว้างของภาพอักษรเป็น 1706 U มีระยะห่างด้านซ้ายเป็น 135 U และมีระยะห่างด้านขวาเป็น 132 U ทั้งนี้หน่วยที่ใช้กำหนดขนาดตัวอักษรในโปรแกรม FontLab Studio 5.2 คือ U อันมาจาก UPM (Unit per Em) โดยความกว้างตัวอักษรสูงสุดที่ใช้ในการออกแบบภาพอักษรกำหนดเป็น 2048 U (Fontlab Ltd, 2006) และในตารางที่ 1.1 คือค่าความกว้าง ระยะห่างด้านซ้ายและระยะห่างด้านขวาทั้งหมดของภาพอักษรตัวพิมพ์เล็กแบบอักษร Arial (Microsoft Corporation, 2014) โดยที่อักษร m มีความกว้างของภาพอักษรมากที่สุดเท่ากับ 1706 U อักษร k มีระยะห่างด้านซ้ายของภาพอักษรมากที่สุดเท่ากับ 136 U และอักษร d มีระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรมากที่สุดเท่ากับ 148 U ทั้งนี้ ค่าติดลบของระยะห่างด้านซ้ายหรือด้านขวา (เช่น อักษร f หรือ j ในตารางที่ 1.1) มาจากการออกแบบภาพอักษรที่ให้เส้นด้านซ้ายหรือด้านขวาบีบเข้ามาทับตัวอักษร



ภาพที่ 1.6 ตัวอย่างการวัดความกว้างของภาพอักษรของโปรแกรม FontLab Studio 5.2

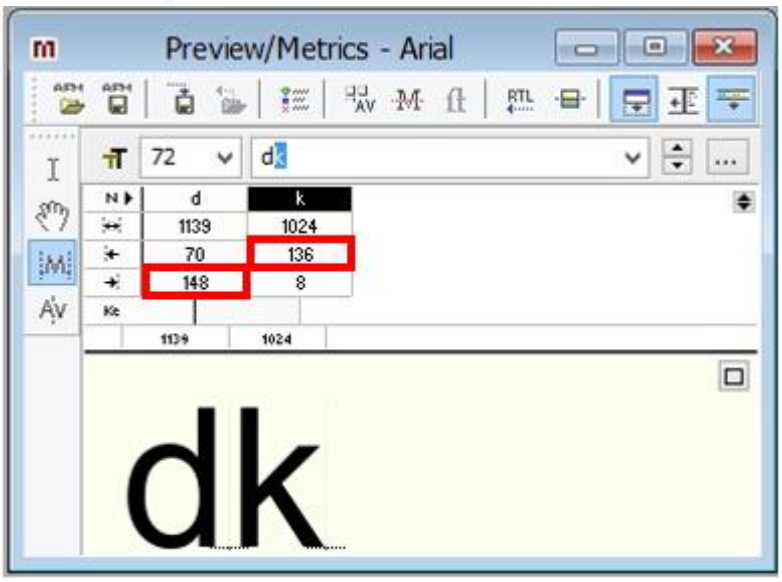
ตารางที่ 1.1 ค่าความกว้าง ระยะห่างด้านซ้าย และระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวพิมพ์เล็กแบบอักษร Arial

อักษร	ความกว้าง	ระยะห่างด้านซ้าย	ระยะห่างด้านขวา	อักษร	ความกว้าง	ระยะห่างด้านซ้าย	ระยะห่างด้านขวา
A	1139	74	87	h	1139	135	139
B	1139	134	84	i	455	136	139
C	1024	80	19	j	455	-94	141
D	1139	70	148	k	1024	136	8
E	1139	75	85	l	455	131	144
F	569	19	-71	m	1706	135	132
G	1139	66	137	n	1139	135	141

ตารางที่ 1.1 ค่าความกว้าง ระยะห่างด้านซ้าย และระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวพิมพ์เล็กแบบอักษร Arial (ต่อ)

อักษร	ความกว้าง	ระยะห่างด้านซ้าย	ระยะห่างด้านขวา	อักษร	ความกว้าง	ระยะห่างด้านซ้าย	ระยะห่างด้านขวา
o	1139	68	76	u	1139	131	147
p	1139	135	82	v	1024	26	24
q	1139	72	147	w	1479	6	16
r	682	133	-28	x	1024	15	15
s	1024	63	79	y	1024	33	18
t	569	36	15	z	1024	40	44

ด้วยเหตุนี้ ระยะห่างระหว่างอักษร (Spacing) จึงหมายถึง ระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวแรกรวมกับระยะห่างด้านซ้ายของภาพอักษรตัวหลัง ภาพที่ 1.7 แสดงตัวอย่างของระยะห่างระหว่างอักษร d กับ k เท่ากับ 148+136 = 284 U



ภาพที่ 1.7 ตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม FontLab Studio 5.2

เนื่องจากโปรแกรม Microsoft Word 2013 อันเป็นโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้สร้างแคปท์ชาข้อความใช้หน่วยพอยต์ (Point) เป็นหน่วยของขนาดตัวอักษร ดังนั้นจึงต้องแปลงหน่วย U อันเป็นหน่วยที่ใช้ในการออกแบบภาพอักษรให้กลายเป็นหน่วยพอยต์ สูตรที่ใช้แปลงหน่วย U เป็นหน่วยพอยต์ (Point) อันเป็นหน่วยของขนาดตัวอักษร (Microsoft Corporation, 2014) เป็นดังนี้

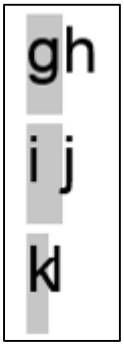
$$P = U \times \frac{24}{2048}$$

เมื่อ P คือ ขนาดตัวอักษรมีหน่วยเป็นพอยต์

U คือ ขนาดตัวอักษรที่ใช้ในการออกแบบมีหน่วยเป็น U

ตัวอย่างการคำนวณจากภาพที่ 1.6 ที่แสดงความกว้างของภาพอักษร m คือ 1706 U อันเป็นความกว้างของภาพอักษรที่มากที่สุดของอักษรตัวพิมพ์เล็ก เมื่อนำมาแปลงเป็นหน่วยพอยต์จะได้ 1706*24/2048 = 20 พอยต์ และภาพที่ 1.7 แสดงระยะห่างระหว่างอักษร d กับ k คือ 148+136 = 284 U อันเป็นระยะห่างระหว่างอักษรที่มากที่สุดของอักษรตัวพิมพ์เล็ก เมื่อนำมาแปลงเป็นหน่วยพอยต์จะได้ 284*24/2048 = 3.33 พอยต์

เมื่อได้นำเสนอแนวคิดภาพอักษร (Glyph) แล้ว รายละเอียดของการตั้งหรือกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรโดยโปรแกรม Microsoft Word 2013 มีสามระดับตามที่ได้อธิบายแล้วข้างต้น ทั้งนี้การปรับระยะห่างระหว่างอักษรมีหน่วยเป็นพอยต์ (Point) ภาพที่ 1.8 คือตัวอย่างการกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 โดยแถบสีเทาที่คลุมตัวอักษรคือความกว้างของภาพอักษรในระดับปกติ เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง จะเห็นว่าระยะห่างระหว่างอักษร g และ h คือระยะปกติ ในขณะที่ระยะห่างระหว่างอักษร i และ j ได้ถูกขยาย 8 พอยต์ ส่วนระยะห่างระหว่างอักษร k และ l ได้ถูกบีบลง 3.4 พอยต์



ภาพที่ 1.8 ตัวอย่างการกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013

ระยะห่างระหว่างอักษร มีความสำคัญต่อการอ่านแคปท์ชาข้อความของมนุษย์ หากข้อความของแคปท์ชามีระยะห่างระหว่างอักษรที่มากหรือน้อยเกินไป จะทำให้มนุษย์ต้องใช้เวลาอ่านนานหรือยากขึ้น (กำธร สถิรกุล, 2515)

จากปัญหาของการออกแบบแคปท์ชาข้อความที่พบในปัจจุบัน ระยะห่างระหว่างอักษรจึงเป็นตัวแปรสำคัญในการพัฒนาแคปท์ชา กล่าวคือ ยังไม่พบข้อเสนอที่ระยะห่างเท่าใดจึง (1) ยังอ่านได้ง่าย และ (2) รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์

ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่ายนั้น งานวิจัยในอดีตของ Microsoft CAPTCHA (Chellapilla, Larson, Simard, & Czerwinski, 2005) พบว่าการเพิ่มระยะห่างระหว่างอักษรในระดับห่างกันไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร ผลการทดลองของการเลื่อนดังกล่าวพบว่าร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง

การขยายระยะห่างระหว่างอักษรในระดับไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมของการออกแบบแคปท์ชาข้อความสำหรับระยะห่างระหว่างอักษรที่มนุษย์ยังอ่านได้ง่าย แต่การทบทวนงานในอดีตยังไม่พบว่า ควรขยายเป็นเท่าใด ที่โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถอ่านได้ วิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการตรวจสอบประเด็นระยะห่างนี้

ผู้วิจัยได้กำหนดใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรของแคปท์ชาข้อความในการศึกษานี้ เนื่องจากเป็นชุดอักษรที่หน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ หรือชุดอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) จากตารางที่ 1.1 ขนาดตัวพิมพ์เล็กที่กว้างที่สุด คือ อักษร m มีความกว้างเป็น 20 พอยต์ และเมื่อคำนวณร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร m จะได้ 20*0.4 = 8 พอยต์ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกขยาย 8 พอยต์ อันเป็นการขยายระยะห่างระหว่างอักษรที่มากที่สุดที่มนุษย์ยังคงอ่านได้โดยง่าย

ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความที่รอดหรือปลอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์นั้น การทบทวนงานวิจัยในอดีตพบเทคนิคที่ใช้ป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะห่างระหว่างอักษร คือ การลดระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) หมายถึงการลดระยะห่างจนโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถอ่านได้อย่างถูกต้อง อันเป็นหนึ่งในการป้องกันการแบ่งตัวอักษร (The anti-segmentation techniques) (Bursztein et al., 2010) อีกทั้ง El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายว่าการลดระยะห่างระหว่างอักษรจนอักษรติดกัน (Connected characters) จะมีเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เช่น th โปรแกรมโอซีอาร์

อ่านเป็นอักษร m เป็นต้น ภาพที่ 1.9 คือตัวอย่างเทคนิคการลดระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ slythigomi

ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างเทคนิคการกำจัดระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ slythigomi

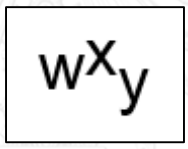
การลดระยะห่างระหว่างอักษรจนชิดติดกัน จึงเป็นทางเลือกสำหรับการบิดเบือนเพื่อป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ และเนื่องจากระยะห่างระหว่างอักษร d กับตัว k เป็นระยะห่างสูงสุดระหว่างอักษรตัวพิมพ์เล็ก อันมีค่าเป็น 3.4 พอยต์ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกลดระยะห่างระหว่างอักษรเป็นระยะ 3.4 พอยต์ อันเป็นการบีบระยะห่างระหว่างอักษรที่น้อยที่สุดที่ทำให้อักษรชิดติดกัน เพื่อป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Bursztein, Martin, et al., 2011; El Ahmad et al., 2011)

การศึกษางานในอดีต Chellapilla et al. (2005) พบว่าระยะห่างในระดับปกติ และระดับที่ขยายไปจนถึง 8 พอยต์ เป็นระยะห่างที่มนุษย์ตอบได้ถูกต้องไม่แตกต่างกัน ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยจึงต้องการเปรียบเทียบความสามารถของแคปท์ชาข้อความ เมื่อระยะห่างระหว่างอักษรเป็น (1) ขยาย 8 พอยต์ และ (2) บีบ 3.4 พอยต์ ภาพที่ 1.10 คือตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง ระยะห่างระหว่าง mnopq ได้ถูกขยายเป็น 8 พอยต์ ส่วนระยะห่างระหว่าง rstuv ได้ถูกบีบลงจนเหลือ 3.4 พอยต์

ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ

2. ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ

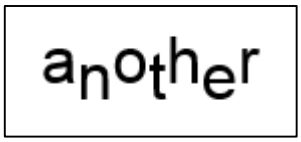
ตำแหน่งอักษร (Position) หมายถึง ตำแหน่งทางแนวตั้งที่ใช้วางตัวอักษรของแคปท์ชาข้อความ ทั้งนี้การเลื่อนตำแหน่งอักษรคือการเลื่อนอักษรขึ้นลงในแนวตั้ง การปรับตำแหน่งอักษรโดยโปรแกรม Microsoft Word 2013 มีสามตำแหน่ง ได้แก่ (1) ปกติ (Normal) คือตำแหน่งอักษรอยู่ที่เส้นบรรทัด (2) ยกขึ้น (Raised) คือการเพิ่มตำแหน่งอักษรขึ้นสูงกว่าเส้นบรรทัด และ (3) ต่ำลง (Lowered) คือการลดตำแหน่งอักษรลงต่ำกว่าเส้นบรรทัด ทั้งนี้การปรับตำแหน่งอักษรมีหน่วยเป็นพอยต์ (Point) ภาพที่ 1.11 คือตัวอย่างการปรับตำแหน่งอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013 การแสดงอักษร w เป็นตำแหน่งปกติ อักษร x เป็นตำแหน่งยกขึ้น 5 พอยต์ และอักษร y เป็นตำแหน่งต่ำลง 5 พอยต์



ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งอักษรของโปรแกรม Microsoft Word 2013

ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ตำแหน่งอักษรที่แสดงแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์ยังสามารถโต้ตอบได้ง่าย แต่โปรแกรมโอซีอาร์โจมตีได้ยาก ทั้งนี้ งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่ายนั้น พบว่าตำแหน่งอักษรปกติที่เส้นบรรทัด เป็นตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายกว่าตำแหน่งที่ไม่เป็นระเบียบ ยกขึ้นต่ำลงไม่เป็นบรรทัด (กำธร สถิรกุล, 2515) ดังนั้น ตำแหน่งปกติ จึงเป็นตำแหน่งที่มนุษย์ตอบได้ถูกต้องโดยง่าย

ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์นั้น จากงานวิจัยในอดีต การปรับตำแหน่งยกขึ้นต่ำลงสลับกันในลักษณะคลื่น จะทำให้การโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทำได้ยากขึ้น (Bursztein, Martin, & Mitchell, 2011; El Ahmad et al., 2011) ภาพที่ 1.12 คือตัวอย่างการปรับตำแหน่งอักษรในแคปท์ชาข้อความ another ให้สลับกันขึ้นลงหนึ่งตำแหน่งตัวอักษร



ภาพที่ 1.12 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งยกขึ้นต่ำลงในลักษณะคลื่น (Ahmad et al., 2011)

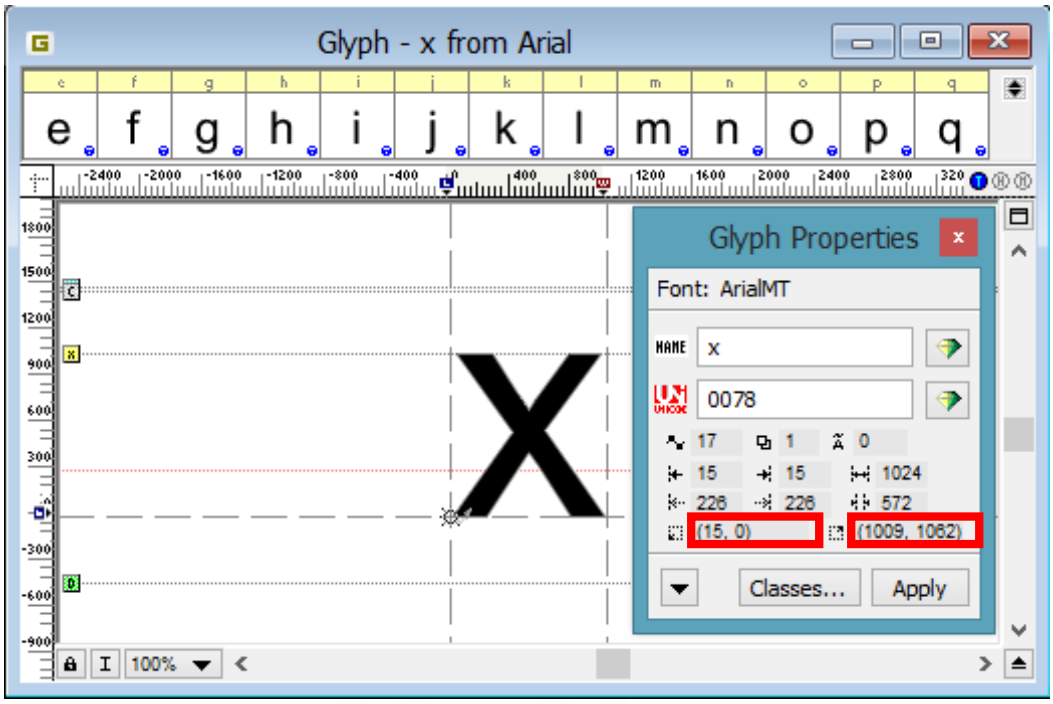
การปรับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความยกขึ้นต่ำลงสลับกัน จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับตำแหน่งอักษรที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ แต่การทบทวนงานในอดีตยังไม่พบว่า ควรยกขึ้นหรือต่ำลงอย่างไร ที่มนุษย์ยังสามารถเข้าใจ แต่โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถอ่านได้ วิทยานิพนธ์นี้จึงต้องการตรวจสอบประเด็นตำแหน่งอักษรนี้ โดยผู้วิจัยเลือกศึกษาการยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันหนึ่งตัวอักษร อันเป็นลักษณะที่ทำให้เกิดคลื่นถี่และชัดเจนที่สุด

การกำหนดค่าตำแหน่งอักษรที่เหมาะสม จำเป็นต้องศึกษาค่าของ x-height อันหมายถึงความสูงที่ใช้กำกับอักษรตัวพิมพ์เล็ก ภาพที่ 1.13 แสดงรายละเอียดของ x-height โดยที่ x-height มีความสูงเท่ากับความสูงของตัวพิมพ์เล็กของอักษร x ที่วัดจากเส้นบรรทัด (Base line) ถึงเส้นกลาง (Mean line) ทั้งนี้ชานบน (Ascender) หมายถึงส่วนของอักษรที่สูงกว่าเส้นกลาง และชานล่าง (Descender) หมายถึงส่วนของอักษรที่ต่ำกว่าเส้นบรรทัด (Felici, 2012; ธวัชชัย ศรีสุเทพ, 2549) ทั้งนี้ภาพที่ 1.14 แสดงความสูงของตัวพิมพ์เล็กของอักษร x ในแบบอักษร Arial วัดจากแกน y ที่พิกัด (15,0) อันเป็นพิกัดเส้นบรรทัด และ (1009, 1062) อันเป็นพิกัดความสูงของตัวพิมพ์เล็กของอักษร x มีค่าเท่ากับ 1062-0 = 1062 U เมื่อแปลงเป็นหน่วยพอยต์มีค่าเท่ากับ 1062*24/2048 = 12.45 พอยต์

ภาพที่ 1.13 รายละเอียดของ x-height (Felici, 2012)

งานวิจัยของ Microsoft CAPTCHA (Chellapilla et al., 2005) ได้พบว่า การเลื่อนตำแหน่งอักษรในแคปท์ชายกขึ้นหรือต่ำลงในระดับห่างกันไม่เกินร้อยละ 40 ของความสูงตัวอักษรพบว่า

ร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง เมื่อพิจารณาร้อยละ 40 ของค่า x-height อันมีค่าเท่ากับ 12.45 พอยต์ จะได้ 12.45*0.4 = 4.98 พอยต์ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกขนาด 5 พอยต์ เป็นขนาดยกขึ้นและต่ำลงสลับกันในลักษณะคลื่น อันเป็นขนาดใกล้เคียงกับที่มนุษย์ยังคงอ่านได้โดยง่าย



ภาพที่ 1.14 ค่าความสูงของอักษร x ตัวพิมพ์เล็กของแบบอักษร Arial ของโปรแกรม FontLab Studio 5.2

การทบทวนงานวิจัยในอดีต ยังไม่พบการเปรียบเทียบเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันความสามารถของตำแหน่งอักษร ผู้วิจัยจึงต้องการเปรียบเทียบตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน ภาพที่ 1.15 คือตัวอย่างตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง ตำแหน่งอักษร zabcd คือตำแหน่งปกติ ในขณะที่ตำแหน่งอักษร efghi ได้ถูกยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน โดยที่ e, g และ i ยกขึ้น 5 พอยต์ และ f และ h ต่ำลง 5 พอยต์

ภาพที่ 1.15 ตัวอย่างตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ

3. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความถือเป็นอีกคุณลักษณะที่สำคัญของการออกแบบแคปท์ชาข้อความ โดยจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ หมายถึง จำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏของแคปท์ชาข้อความ (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

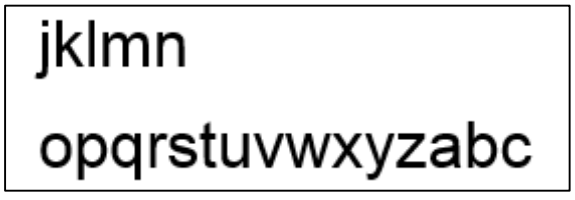
Miller (1956) ได้นำเสนอทฤษฎี Miller's law อันเป็นทฤษฎีจิตวิทยาของจำนวนอักษรและตัวเลขที่เหมาะสมที่มนุษย์สามารถจดจำและนำไปประมวลผลข้อมูลได้ดี คือเจ็ดบวกหรือลบสองอักษร อันหมายถึงห้าถึงเก้าอักษร โดยยกตัวอย่างการทดลองให้หน่วยทดลองจดจำคำห้าอักษรกับสิบห้าอักษร ผลปรากฏว่า หน่วยทดลองสามารถจดจำคำห้าอักษรได้ แต่ไม่สามารถจดจำคำสิบห้าอักษรได้

มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ได้เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้จำนวนอักษรสี่ตัวกับสิบตัว พบว่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความวัดจากสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด

ประเด็นของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่เหมาะสม ได้แก่ (1) หากข้อความของแคปท์ชามีจำนวนอักษรที่น้อย จะทำให้มนุษย์ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องโดยง่าย แต่อาจถูกโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ง่ายขึ้น และ (2) หากมีจำนวนอักษรมากจะทำให้มนุษย์ตอบได้ยากขึ้น แต่ทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้มากขึ้น (Yan & El Ahmad, 2008) ผู้วิจัยจึงต้องการวิเคราะห์จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่เหมาะสม เพื่อให้ (1) มนุษย์ยังสามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่าย และ (2) รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ อันเป็นการต่อยอดจากงานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555)

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่ายนั้น ผู้วิจัยเลือกจำนวนอักษรห้าตัว เนื่องจากเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่มนุษย์สามารถจดจำและนำไปประมวลผลข้อมูลได้ดี (Miller, 1956) และเป็นจำนวนที่น้อยมนุษย์ยังตอบแคปท์ชาได้โดยง่าย (Yan & El Ahmad, 2008) ตามที่มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ไม่พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงสี่และสิบอักษร โดยที่มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ได้สันนิษฐานอาจเป็นเพราะจำนวนอักษรดังกล่าวยังแตกต่างกันไม่มากพอ ทั้งนี้ เพื่อพิสูจน์ว่าจำนวนอักษรที่มากขึ้น จะทำให้แคปท์ชาข้อความปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ (Yan & El Ahmad, 2008) ผู้วิจัยเลือกจำนวนอักษรสิบห้าตัว เนื่องจากเป็นจำนวนที่มากกว่าที่ได้ศึกษาในงานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) เปรียบเทียบเป็นจำนวนเพิ่มอีกห้าตัว

ยิ่งไปกว่านั้น งานในอดีตเชิงประจักษ์ที่วิเคราะห์ความสามารถของจำนวนอักษรในแคปท์ชาข้อความ ยังคงความไม่สอดคล้องกัน กล่าวคือ ในขณะที่มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) พบว่าจำนวนอักษรไม่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หรืออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ แต่ทว่า Yan and El Ahmad (2008) พบว่าจำนวนอักษรที่น้อยจะทำให้มนุษย์ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องได้ง่าย และจำนวนอักษรที่มากจะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ดี สอดคล้องกับ Rice, Kanai, and Nartker (1993) ที่พบว่าเมื่อเอกสารออนไลน์มีจำนวนอักษรที่มากขึ้น จะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์มีความแม่นยำในการอ่านที่ต่ำลง อย่างไรก็ตาม Miller (1956) ได้นำเสนอทฤษฎี Miller's law ผลการทดลองปรากฏว่า หน่วยทดลองสามารถจดจำคำ 5 อักษรได้ แต่ไม่สามารถจดจำคำ 15 อักษรได้นั้น ทั้งนี้ Miller (1956) ไม่ได้อธิบายถึงเหตุผลที่แตกต่างกันระหว่างสองจำนวนที่ได้กล่าวไว้อย่างชัดเจน และยังไม่มีการเปรียบเทียบเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันความสามารถของจำนวนอักษรทั้งสองจำนวนนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการเปรียบเทียบจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร และ (2) สิบห้าตัวอักษร ภาพที่ 1.16 คือตัวอย่างจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง jklmn มีห้าตัวอักษร ส่วน opqrstuvwxyzabc มีสิบห้าตัวอักษร



ภาพที่ 1.16 ตัวอย่างจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

4. คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ในที่นี้หมายถึง การจับคู่กันระหว่างสีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้มีแคปท์ชาที่มนุษย์อ่านได้ง่ายและทนทานต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ โดย Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าแคปท์ชาข้อความที่มีการใช้สีอักษรและสีพื้นหลังจะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ ภาพที่ 1.17 แสดงตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง defgh คืออักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว ส่วน ijklm คืออักษรสีขาวบนพื้นหลังสีดำ

ภาพที่ 1.17 ตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง

คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่ายนั้น จากงานวิจัยในอดีตของ Tinker and Paterson (1931) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน โดยใช้วิธีวัดความเร็วในการอ่าน พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่อ่านง่ายที่สุด อีกทั้ง Ling and Schaik (2002) พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าคู่สีอื่น ๆ

แม้จะยังไม่พบคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ แต่จากงานวิจัยในอดีต พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์มีประสิทธิภาพต่ำในการรับรู้สี (Yan & El Ahmad, 2008) และการใช้สีในแคปท์ชาข้อความแสดงอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว จะถูกโปรแกรมโอซีอาร์ทั่วไปโจมตีได้โดยง่าย เนื่องจากในขั้นตอนที่เตรียมข้อมูลเพื่อแยกพื้นหลังออกจากตัวอักษร (Pre-processing) จะเป็นขั้นตอนวิธีการเปลี่ยนรูปภาพสีให้กลายเป็นขาวดำ และจะใช้อักษรสีดำและพื้นหลังสีขาวเป็นหลัก (Bursztein, Martin, et al., 2011; Chandavale, Sapkal, & Jalnekar, 2009) อีกทั้ง Debernardis, Fiorentino, Gattullo, Monno, and Uva (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน พบว่าอักษรสีขาวบนพื้น

หลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่อ่านได้เร็วที่สุด โดยกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2535) พบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่หน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด

เมื่อพิจารณางานในอดีตเชิงประจักษ์ที่ได้วิเคราะห์ความสามารถของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ผู้วิจัยพบคู่สีอักษรที่มนุษย์อ่านได้ง่ายสองคู่สี ได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน โดยแต่ละคู่สีมีงานวิจัยมารองรับว่าเป็นคู่สีที่อ่านได้ง่ายเมื่อเทียบกับคู่สีอื่น (Debernardis et al., 2012; Ling & Schaik, 2002; Tinker & Paterson, 1931; กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์, 2535) แต่ในส่วนของคู่สีที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ แม้ Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าโปรแกรมโอซีอาร์มีประสิทธภาพในการรับรู้สีที่ต่ำ การใช้สีกับแคปท์ชาข้อความจึงช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ สอดคล้องกับ Chandavale et al. (2009) ที่อธิบายว่าการเปลี่ยนพื้นหลังสีขาวเป็นสีอื่นจะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ทั่วไปได้ แต่ผู้วิจัยยังไม่พบคู่สีที่ป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์จากงานวิจัยในอดีตได้ แต่เป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ทำให้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เป็นคู่สีที่มีโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ภาพที่ 1.18 คือ ตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ เมื่อพิจารณาจากบนลงล่างจะพบว่า nopqr คืออักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว ส่วน stuvw คืออักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน โดยใช้สีน้ำเงินรหัส #0000FF

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 1.18 ตัวอย่างคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

เนื่องจากแคปท์ชาข้อความที่เหมาะสมจะต้องง่ายต่อการตอบของมนุษย์ แต่ยังต้องรอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ด้วย และในปัจจุบันมีโปรแกรมโอซีอาร์ที่สามารถโจมตีแคปท์ชาได้ ดังนั้นการตรวจสอบความสามารถของแคปท์ชาข้อความเมื่อมีลักษณะต่าง ๆ กันตามสี่ตัวแปรที่ได้อธิบายข้างต้น จึงสามารถกระทำกับ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human

Affirmative Rate) และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา (Robustness Rate of CAPTCHA) โดยที่อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยวัดจากสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด และอัตราความทนทานของแคปท์ชา หมายถึง ความสามารถของแคปท์ชาข้อความในการป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยวัดจากจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ที่ไม่ถูกต้องต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทั้งหมด (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

ดังนั้น จึงอาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่าวิทยานิพนธ์นี้ต้องการเปรียบเทียบ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา เมื่อแคปท์ชาข้อความมีลักษณะต่างๆ ตามสี่ตัวแปร ดังนี้ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่กำหนดระยะห่างระหว่างอักษรสองแบบคือ (1) ขยาย 8 พอยต์ และ (2) บีบ 3.4 พอยต์

2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษร (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

3. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้จำนวนอักษร (1) ห้าตัวอักษร และ (2) สิบห้าตัวอักษร

4. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดง (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

1.3 นิยามของศัพท์สำคัญ

1. แคปท์ชา (CAPTCHA) หมายถึงโปรแกรมทดสอบเพื่อเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์แบบโต้ตอบชนิดหนึ่ง เพื่อทดสอบว่าผู้ใช้เป็นมนุษย์จริงหรือไม่ (Von Ahn et al., 2004)

2. ระยะห่างระหว่างอักษร หมายถึง ระยะห่างระหว่างอักษรที่ประกอบเป็นแคปท์ชา (นวลจันทร์ เสมาขันธ์, 2539) เช่น (1) ขยาย 3 พอยต์ และ (2) บีบ 6 พอยต์

3. ตำแหน่งอักษร (Position) หมายถึง ตำแหน่งทางแนวตั้งที่ใช้วางตัวอักษรของแคปท์ชาข้อความ ทั้งนี้การเลื่อนตำแหน่งอักษรคือการเลื่อนอักษรขึ้นลงในแนวตั้ง เช่น (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้น 2 พอยต์ หรือ (3) ต่ำลง 4 พอยต์

4. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ หมายถึง จำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏของแคปท์ชาข้อความ (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) เช่น (1) สี่ตัวอักษร และ (2) เจ็ดตัวอักษร

5. คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง หมายถึง การจับคู่กันระหว่างสีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้มีแคปท์ชาที่อ่านได้ง่ายและทนทานต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ เช่น (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

6. อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยวัดจากสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) เช่น 20%, 25% เป็นต้น

7. อัตราความทนทานของแคปท์ชา หมายถึง ความสามารถของแคปท์ชาข้อความในการป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยวัดจากจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของบอตที่ไม่ถูกต้องต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของบอตทั้งหมด (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) เช่น 35%, 50% เป็นต้น

8. บอต (Bot) หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ หมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่รับคำสั่งจากผู้ควบคุมให้สามารถทำงานตามคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้โดยอัตโนมัติ (ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย, 2556)

9. โปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) หมายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้แปลภาพของข้อความจากการเขียนหรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขและเก็บไว้ได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Imsamai & Phimoltares, 2010; Taghva et al., 1996)

1.4 ระเบียบวิธีวิจัยเบื้องต้น

วัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์นี้ คือการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการออกแบบของแคปท์ชาข้อความในลักษณะของระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ และคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ

แนวคิดของวิธีวิจัยที่เหมาะสมกับวิทยานิพนธ์นี้ คือการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental study) นั่นคือ ผู้วิจัยกำหนดให้ตัวแปรเฉพาะที่สนใจมีการเปลี่ยนแปลงได้ (ในที่นี้คือ ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ และคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่แตกต่างกันสองลักษณะ) แต่ควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ (ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องควบคุมให้คงที่ ในที่นี้อาจเป็นลักษณะของแคปท์ชาข้อความ ความเร็วในการประมวลผล การกำหนดหน่วยทดลอง และเว็บไซต์ที่ใช้นำเสนอแคปท์ชาข้อความให้เหมือน ๆ กัน) เพื่อให้ความแตกต่างของประสิทธิภาพที่วัดได้ เป็นลักษณะของแคปท์ชาข้อความอย่างแท้จริง ในการนำเสนอส่วนของระเบียบวิธีจึงประกอบด้วยสี่หัวข้อย่อยดังต่อไปนี้

1. แคปท์ชาข้อความที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของแคปท์ชาข้อความไว้ให้เหมือนกันทั้ง 16 เงื่อนไขดังนี้ (1) ใช้แบบอักษร Arial เนื่องจากเป็นแบบอักษรที่อ่านได้ง่ายและพบบ่อยที่สุดบนเว็บไซต์ (Bernard, Chaparro, Mills, & Halcomb, 2003) (2) มีขนาด 24 พอยต์ เนื่องจากเป็นขนาดที่อ่านได้ชัด และหน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด (Kingery & Furuta, 1997) (3) ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็ก a-z โดยไม่รวมตัวเลขและอักขระอื่น ๆ เนื่องจากเป็นชุดอักษรที่หน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ และชุดอักษร

ตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก และเพื่อลดปัญหาความสับสนของอักษรที่มีลักษณะคล้ายกับตัวเลขหรืออักขระ (Yan & El Ahmad, 2008; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) และ (4) คำที่ประกอบเป็นแคปท์ชาที่อ่านไม่ได้ (Unreadable) อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่ไม่มีความหมายในพจนานุกรม เนื่องจากเป็นวิธีการหนึ่งที่จะลดความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยการสุ่มเดาจากคำในพจนานุกรม (Yan & El Ahmad, 2008)

2. การเลือกหน่วยทดลองและจำนวนหน่วยทดลอง

การสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย พบว่ากลุ่มผู้ใช้ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556) ผู้วิจัยจึงกำหนดหน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเป็นตัวอย่างของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่

เนื่องจากตัวแปรอิสระมีสี่ตัว (1) ระยะห่างระหว่างอักษรมีสองค่า ได้แก่ ขยาย 8 พอยต์ และบีบ 3.4 พอยต์ (2) ตำแหน่งอักษรมีสองค่า ได้แก่ ตำแหน่งปกติ และยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน (3) จำนวนอักษรมีสองค่า ได้แก่ ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังมีสองค่า ได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ดังนั้น การทดลองนี้จึงประกอบด้วยการทดลองทั้งสิ้น 2*2*2*2 = 16 กลุ่ม

การเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ทำในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ โดยเลือกหน่วยทดลองจากนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี สำหรับร่วมเงื่อนไขของการทดลองทั้งสิ้น 16 กลุ่ม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปรียบเทียบของหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนต์ที่แตกต่างกัน จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานควรเป็นอย่างน้อย 20 คนต่อกลุ่ม (Nielsen, 2012) ดังนั้นจึงต้องมีหน่วยทดลองอย่างน้อยเป็นจำนวน 16*20 = 320 คน ทั้งนี้จะมีการทดสอบให้มั่นใจว่าการเก็บจำนวนการตอบของแคปท์ชาข้อความเป็นไปอย่างเชื่อถือได้และถูกต้อง

3. เว็บไซต์สำหรับแสดงแคปท์ชาข้อความ

ผลสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยจำแนกตามกลุ่มอายุ และเปรียบเทียบตามกิจกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ต พบว่ากลุ่มผู้ใช้ในกลุ่มอายุ 15-24 ปี อันเป็นกลุ่มอายุของหน่วยทดลอง มีการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาข้อมูลมากที่สุด และรองลงมาคือเพื่อดาวน์โหลด

(สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556) และเมื่อสำรวจข้อมูลสถิติคำค้นหาที่มีปริมาณการค้นหาเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2556 ที่ผ่านมาจากเว็บไซต์ Google พบว่าห้าอันดับแรก ได้แก่ เดี่ยว 10, คุณชายพุฒิภัทร, พี่มากพระโขนง, ฮอร์โมนวัยว้าวุ่น และทองเนื้อเก้า ตามลำดับ อันเป็นกลุ่มของภาพยนตร์และละครโทรทัศน์ (Google Inc, 2556) ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) เพื่อให้อยู่ในความสนใจของหน่วยทดลองของการศึกษานี้ เมื่อผู้ใช้ต้องการดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) เว็บไซต์ดังกล่าวจะแสดงแคปท์ชาข้อความให้ผู้ใช้กรอกข้อความตามแคปท์ชาข้อความที่ผู้ใช้ได้เห็น เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบ

4. การเก็บข้อมูลและกรอบการวิเคราะห์

การเก็บข้อมูลของวิทยานิพนธ์นี้ทำในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ โดยเลือกหน่วยทดลองจากนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จำนวนอย่างน้อย 320 คน สำหรับเงื่อนไขของการทดลองทั้งสิ้น 16 เงื่อนไข ทั้งนี้จะมีการทดสอบให้มั่นใจว่าการเก็บจำนวนการตอบของแคปท์ชาข้อความเป็นไปอย่างเชื่อถือได้และถูกต้อง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเพื่อเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง ได้แก่ (1) ข้อมูลเพศ (2) ข้อมูลหลักสูตร (3) ปัญหาเกี่ยวกับสายตา และ (4) วิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายตา เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำถามนี้จะแสดงให้หน่วยทดลองกรอกข้อมูลหลังจากหน่วยทดลองได้ดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เมื่อการทดลองในแต่ละกลุ่มเสร็จ ผู้วิจัยจะนำแคปท์ชาข้อความเดียวกันกับที่หน่วยทดลองได้ตอบในระหว่างการทดลองนั้น มาทดสอบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ด้วยโปรแกรม OmniPage Professional 18 เนื่องจากผู้วิจัยได้มีลิขสิทธ์ของซอฟต์แวร์โอซีอาร์ดังกล่าว อันเป็นซอฟต์แวร์โอซีอาร์ที่ดีที่สุด จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์ของเว็บไซต์ Toptenreviews ในปี ค.ศ. 2011 ถึงแม้ว่าในปี ค.ศ. 2014 จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์ที่ดีที่สุดของเว็บไซต์ Toptenreviews (Purch Inc., 2014) จะเป็นโปรแกรม OmniPage Ultimate แต่ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติในด้านความถูกต้องของการอ่านคำ (Word Accuracy) ไม่แตกต่างกัน อันเป็นคุณสมบัติหลักที่ใช้ทดสอบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (Nuance Communications, 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้เพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อ ผู้วิจัยเลือกใช้การทดสอบ Z (Z-test) เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างสัดส่วนของประชากรสองประชากร ในลักษณะที่สนใจของกลุ่มประชากรหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553) สำหรับตัวแปรอิสระทั้งสี่ตัว ได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรมีสองค่า ได้แก่ ขยาย 8 พอยต์ และบีบ 3.4 พอยต์ (2) ตำแหน่งอักษรมีสองค่า ได้แก่ ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน และตำแหน่งปกติ (3) จำนวนอักษรมีสองค่า ได้แก่ ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังมีสองค่า ได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ทั้งนี้รายละเอียดของระเบียบวิธีวิจัยที่ครบถ้วนรวมถึงการทดสอบสมมติฐานอยู่ในบทที่ 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ต่อแคปท์ชาข้อความในรูปแบบต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ โดยอาศัยข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลอง

2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ต่อแคปท์ชาข้อความในรูปแบบต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ โดยอาศัยข้อมูลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ทางทฤษฎี (Theoretical contribution) ได้แก่

    ก. ต่อยอดองค์ความรู้สำหรับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ

    ข. เข้าใจในบริบทการออกแบบแคปท์ชา

    ค. ช่วยยืนยันเชิงประจักษ์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อการค้นคว้าใหม่ในอนาคต

2. ประโยชน์ทางปฏิบัติ (Practical contribution) ได้แก่

ก. ทราบแนวทางในการเลือกแคปท์ชาข้อความให้กับเจ้าของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพ

ข. เป็นกรอบให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้แคปท์ชาข้อความรอดพ้นจากการโจมตีของบอต และง่ายต่อการโต้ตอบของมนุษย์

1.7 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้เก็บข้อมูลโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้คงที่ ได้แก่ สถานที่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน และความเร็วการเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สภาวะนั้นแตกต่างกับการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความในสถานการณ์จริง (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

2. การเลือกหน่วยทดลองเพื่อเก็บข้อมูลของวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยเลือกจากผู้ที่อยู่ในกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยส่วนใหญ่ในปี พ.ศ. 2556 คือกลุ่มผู้ใช้ที่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี โดยผู้วิจัยได้กำหนดหน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนั้นการนำผลสรุปไปใช้ควรคำนึงถึงกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตจริง ๆ อันประกอบด้วยผู้ใช้หลากหลายกลุ่ม ไม่เฉพาะที่เป็นนิสิต นักศึกษา (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

3. สาเหตุที่ผู้วิจัยไม่เลือกทดสอบความทนทานของแคปท์ชาข้อความด้วย Captcha Solver อันหมายถึงโปรแกรมโอซีอาร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อโจมตีแคปท์ชาข้อความ เนื่องจาก Captcha Solver เป็นซอฟต์แวร์ที่ไม่ปลอดภัยและไม่น่าเชื่อถือ หากนำมาใช้อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ (ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย, 2557) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกทดลองด้วยโปรแกรม OmniPage Professional 18 อันซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์ที่น่าเชื่อถือ และเป็นโปรแกรมโอซีอาร์ที่ดีที่สุด (Nuance Communications, 2011)

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ความนำ

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลของการทบทวนวรรณกรรม (Literature review) ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ ตลอดจนข้อจำกัดของวรรณกรรมในอดีต โดยเฉพาะประเด็นข้อจำกัดที่งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งปรับแก้ให้ชัดเจนขึ้น

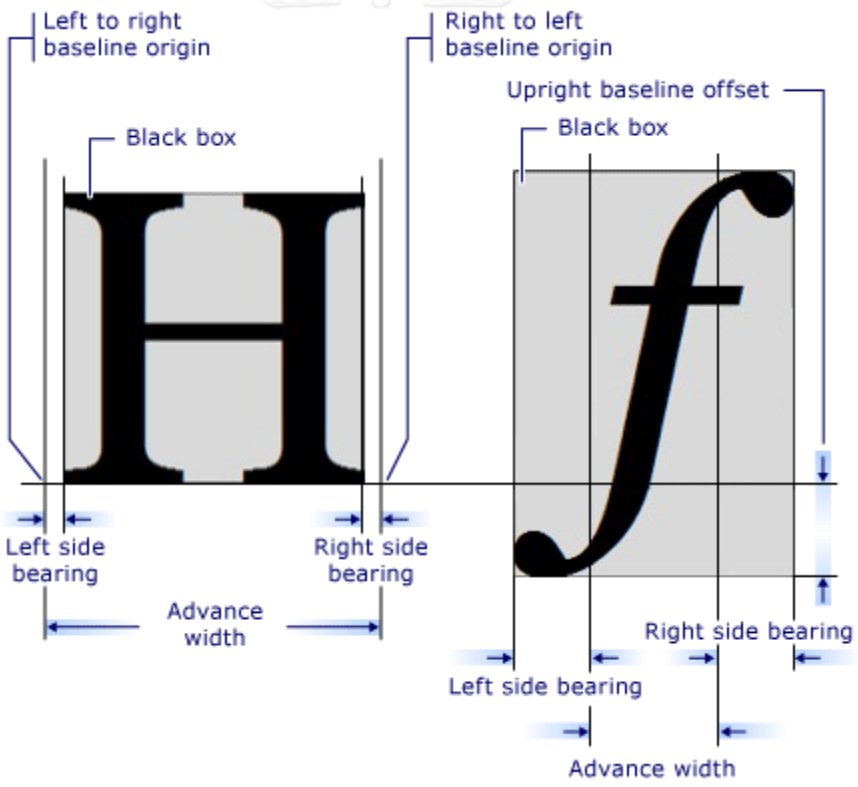
ผลของการทบทวนวรรณกรรมที่จะนำเสนอต่อไปนี้ ประกอบด้วยหัวข้อย่อยคือ (1) การออกแบบภาพอักษร (2) ความสำคัญของแคปท์ชา (3) แคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อมนุษย์ (4) แคปท์ชาข้อความที่ยากต่อการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ และประเด็นสุดท้ายของบทจะนำเสนอข้อจำกัดสำคัญของงานในอดีต เพื่อชี้ให้เห็นความสำคัญของวิทยานิพนธ์นี้

2.2 การออกแบบภาพอักษร

ประชิด ทิณบุตร (2554) ได้นำเสนอความหมายของคำว่า Typography อันมาจากงานของ Kyrnin (2011) ว่าหมายถึงศาสตร์ของการออกแบบและการจัดตัวอักษรเพื่อการสื่อสาร โดยหมายถึงการออกแบบภาพอักษร (Typefaces) และการจัดวางชุดแบบตัวพิมพ์ (Fonts) ให้เหมาะสมสวยงามกับพื้นที่ว่างและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในงานออกแบบสื่อสารตามระบบการพิมพ์และการเผยแผ่ประชาสัมพันธ์ทุกชนิด

ธวัชชัย ศรีสุเทพ (2549) ได้อธิบายคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับ Typography ไว้ดังนี้ (1) ตัวพิมพ์ (Type) หมายถึงอักษร ตัวเลข สัญลักษณ์ ที่ออกแบบมาให้มีลักษณะ ขนาด และสไตล์ต่าง ๆ กัน (2) ตระกูลหรือสกุลของตัวพิมพ์ (Font family, Type family) หมายถึงแบบตัวพิมพ์ที่ออกแบบขึ้นมาในขนาดและสไตล์ต่าง ๆ โดยทั่วไปแล้ว Font family มักประกอบด้วยสี่สไตล์คือ Regular, Italic, Bold และ Bold italic (3) แบบตัวพิมพ์ (Typeface) หมายถึงชุดของตัวอักษรในสไตล์เดียวกัน ที่ขนาดใด ๆ ก็ตาม เช่น Arial, Arial Italic, Arial Bold และ Arial Bold Italic ต่างเป็นแบบตัวพิมพ์ (Typeface) คนละชนิดกัน และ (4) ชุดแบบตัวพิมพ์ (Font) หมายถึงชุดของตัวอักษรที่มีลักษณะในสไตล์เดียวกัน และขนาดเดียวกัน เช่น Arial 14 พอยต์, Arial 16 พอยต์ และ Arial 24 พอยต์ ต่างเป็นชุดตัวพิมพ์ (Font) คนละชุดกัน

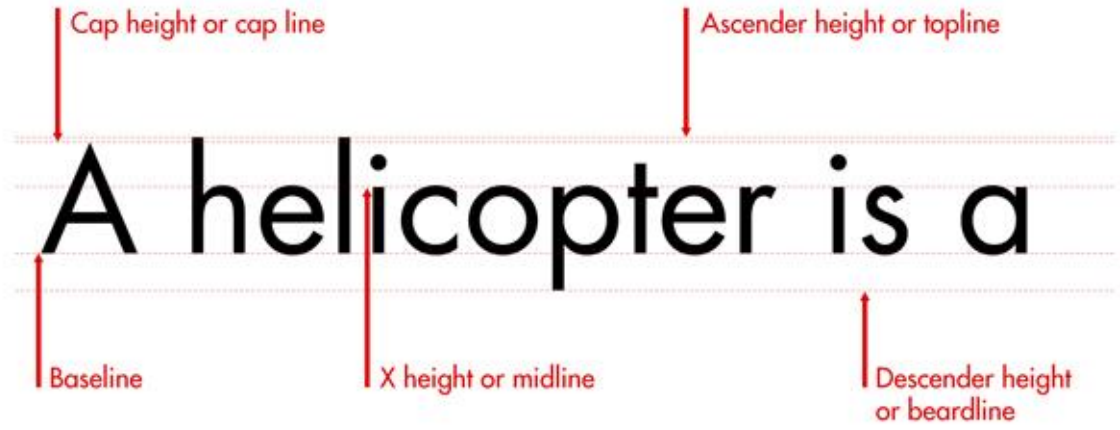
Microsoft Corporation (2014) ได้ให้ความหมายของภาพอักษร (Glyph) หมายถึงภาพของตัวพิมพ์ (Type) ที่ใช้แสดงผลบนหน้าจอ ภาพที่ 2.1 คือตัวอย่างภาพอักษรของตัว H และตัว f โดยที่ Black box คือขนาดความกว้างของอักษร ส่วน Advance width คือความกว้างของภาพอักษร และ Left side bearing คือระยะห่างด้านซ้าย ส่วน Right side bearing คือระยะห่างด้านขวา จากภาพที่ 2.1 จะเห็นว่า H มีความกว้างของภาพอักษรมากกว่าความกว้างของอักษร ในกรณีนี้ระยะห่างด้านซ้ายและด้านขวาของ H จะมีค่าเป็นบวก ระยะห่างด้านซ้ายและด้านขวาจะอยู่นอก Black box ส่วน f มีความกว้างของภาพอักษรน้อยกว่าความกว้างของอักษร ในกรณีนี้ระยะห่างด้านซ้ายและด้านขวาของ f จะมีค่าเป็นลบ โดยที่ระยะห่างด้านซ้ายและด้านขวาจะอยู่ใน Black box



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างภาพอักษร (Microsoft Corporation, 2014)

Bailey (2011) ได้อธิบายถึงหลักพื้นฐานของ Typography ประกอบด้วยสามประเด็นดังนี้ (1) เส้น (Line) (2) Tracking และ (3) Kerning โดยภาพที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของเส้นแนวนอนต่าง ๆ ห้าเส้น ได้แก่ (1) เส้นบรรทัด (Baseline) หมายถึงเส้นพื้นฐานที่ใช้วางตัวอักษรวางอยู่ใน

แนวเดียวกัน (2) เส้นความสูงของตัวพิมพ์ใหญ่ (Cap height or cap line) หมายถึงเส้นที่ใช้กำกับความสูงของตัวพิมพ์ใหญ่ (3) เส้นกลาง (X-height or midline) หมายถึงเส้นที่ใช้กำกับความสูงของตัวพิมพ์เล็ก ใช้ความสูงของตัวพิมพ์เล็กของอักษร x ในการวัด (4) เส้นชานบน (Ascender height or topline) หมายถึงเส้นที่ใช้กำกับความสูงของอักษรที่สูงกว่าเส้นกลาง และ (5) เส้นชานล่าง (Descender height or beardline) หมายถึงเส้นที่ใช้กำกับความสูงของอักษรที่ต่ำกว่าเส้นบรรทัด



ภาพที่ 2.2 รายละเอียดของเส้นต่าง ๆ (Bailey, 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Tracking คือ การกำหนดระยะห่างของอักษรทั้งหมดเมื่อจัดเป็นคำหรือรูปประโยค การกำหนด Tracking มีสองระดับ ได้แก่ (1) ขยาย (Expanded) คือการเพิ่มระยะห่างด้านขวาของภาพอักษร และ (2) บีบ (Condensed) คือการลดระยะห่างด้านขวาของภาพอักษร ทั้งนี้การ Tracking จะใช้กำหนดค่าของตัวแปรระยะห่างระหว่างอักษร (Spacing) ภาพที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ Tracking เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง Tracking2 ถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษร 5 พอยต์เมื่อเทียบกับ Tracking1 และ Tracking3 ได้ถูกบีบลง 5 พอยต์เมื่อเทียบกับ Tracking1

ภาพที่ 2.3 รายละเอียดของ Tracking

Kerning คือ การกำหนดระยะห่างระหว่างตัวอักษรเฉพาะคู่ที่อยู่ติดกัน ทั้งนี้ระยะห่างระหว่างอักษรจะวัดระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวแรกรวมกับระยะห่างด้านซ้ายของภาพอักษรตัวหลัง ภาพที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของ Kerning เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง อักษร e และ r ใน Kerning2 ถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษร 10 พอยต์เมื่อเทียบกับ Kerning1 และอักษร n และ g ใน Kerning3 ได้ถูกบีบลง 10 พอยต์เมื่อเทียบกับ Kerning1

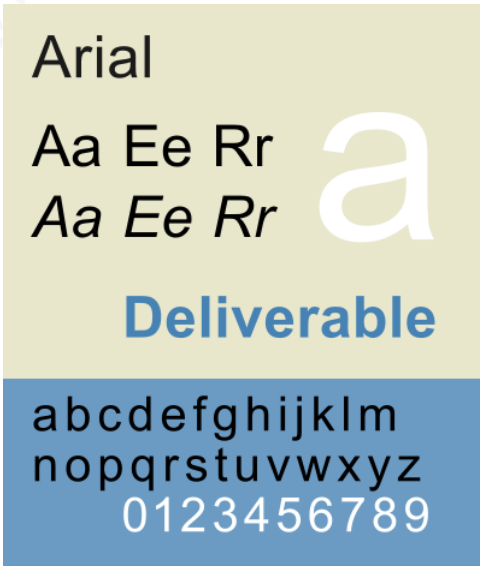
ภาพที่ 2.4 รายละเอียดของ Kerning

ความกว้างของอักษรแบ่งออกได้เป็นสองประเภท (ธวัชชัย ศรีสุเทพ, 2549) ได้แก่ (1) แบบกว้างตามสัดส่วน (Proportional) คือแบบตัวพิมพ์ (Typeface) ที่กำหนดความกว้างของอักษรขึ้นอยู่กับระยะห่างด้านซ้ายและด้านขวาของภาพอักษร ระยะห่างระหว่างอักษรแต่ละคู่จะใกล้เคียงกัน และอาจมีการกำหนด Kerning บางคู่อักษร เพื่อให้ง่ายต่อการอ่าน และ (2) แบบกว้างขนาดเดียว (Monospaced) คือแบบตัวพิมพ์ (Typeface) ที่กำหนดความกว้างของอักษรเท่ากันทั้งหมด ทำให้ระยะห่างระหว่างอักษรในบางครั้งดูแตกต่างกันมาก ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างความกว้างของ Proportional และ Monospaced เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง

Proportional จะมีความกว้างของอักษรที่แตกต่างกัน ส่วน Monospaced จะมีความกว้างของอักษรเท่ากันทั้งหมด ทั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แคปท์ชาข้อความที่มีความกว้างแบบตามสัดส่วน (Proportional) เนื่องจากความกว้างแบบตามสัดส่วนจะมีระยะห่างระหว่างอักษรของทุกคู่ที่ใกล้เคียงกัน สามารถใช้ Tracking ในการกำหนดระยะห่างระหว่างอักษรได้

แบบอักษร Arial เป็นแบบตัวพิมพ์ (Typeface) ที่มีความกว้างตามสัดส่วน (Proportional) โดย Bernard et al. (2003) กล่าวว่าแบบอักษร Arial เป็นแบบอักษรที่อ่านได้ง่าย และพบบ่อยที่สุดบนเว็บไซต์ ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างแบบอักษร Arial และในตารางที่ 1.1 คือค่าความกว้างระยะห่างด้านซ้าย และระยะห่างด้านขวาทั้งหมดของภาพอักษรตัวพิมพ์เล็กแบบอักษร Arial (Microsoft Corporation, 2014) ทั้งนี้ หน่วยที่ใช้บอกขนาดความกว้างดังกล่าวคือ หน่วย U (Unit)

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างความกว้างของ Proportional และ Monospaced (ธวัชชัย ศรีสุเทพ, 2549)



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างแบบอักษร Arial (Hood, 2006)

การออกแบบภาพอักษร (Glyph) จะมีหน่วย U เป็นหน่วยที่ใช้กำหนดขนาด โดยภายในหนึ่งภาพอักษร (Glyph) จะมีหน่วย U ไม่เกิน 2048 U เรียกค่าดังกล่าวว่า UPM (Unit per Em) (Fontlab Ltd, 2006) ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Microsoft Word 2013 ในการสร้างแคปท์ชาข้อความในการศึกษานี้ ดั้งนั้นจึงมีความจำเป็นต้องกำหนดขนาดระยะห่างระหว่างอักษรโดยใช้หน่วยพอยต์ (Point) โดยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วย U กับหน่วยพอยต์ Microsoft Corporation (2014) ได้นำเสนอไว้ดังสูตรต่อไปนี้

$$P = U \times \frac{FontSize}{UPM}$$

เมื่อ P คือ ขนาดอักษรที่เปลี่ยนแปลงมีหน่วยเป็นพอยต์

U คือ ขนาดอักษรที่เปลี่ยนแปลงมีหน่วยเป็น U

FontSize คือ ขนาดอักษรที่ใช้แสดงในแคปท์ชา มีค่าคงที่ คือ 24 พอยต์

UPM คือ จำนวนหน่วย U สูงสุดของภาพอักษร มีค่าคงที่ คือ 2048 U

2.3 ความสำคัญของแคปท์ชา

Baird and Luk (2003) อธิบายว่าบอต (Bot) หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติเริ่มมีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 โดยจะแสดงตัวในระบบออนไลน์เหมือนผู้ใช้งานทั่วไป การกระทำโดยอัตโนมัติของบอตสามารถสรุปตามที่ สุทธิเกียรติ มีลาภ (2557) ได้กล่าวไว้ดังนี้ (1) เพิ่มผลโหวตอัตโนมัติโดยการเพิ่มจำนวนเข้าชมในระบบ เพื่อให้เว็บไซต์ของตนเองเป็นที่โด่งดังและได้รับความนิยม เป็นการโกงระบบแสดงผลของการค้นหาให้แสดงผลเว็บไซต์ของตนเอง (2) ส่งสแปมจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ออกไปยังผู้รับจำนวนมาก ที่ไม่ได้ประสงค์จะได้รับข้อมูลนั้นมาก่อน สร้างความรำคาญให้กับผู้ใช้ ทำให้เนื้อที่รองรับจดหมายอิเล็กทรอนิกส์เต็มอย่างรวดเร็ว (3) เปลี่ยนแปลงเนื้อหาในระบบ เพื่อให้ระบบแสดงผลการค้นหาของเว็บไซต์ตนเอง แม้จะไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ค้นหาก็ตาม (4) สมัครสมาชิกของระบบ โดยให้ฐานข้อมูลเต็มไปด้วยสมาชิกที่ไม่มีผู้ใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานจริงไม่สามารถสมัครสมาชิกได้ (5) สมัครสมาชิกของระบบ โดยให้ใช้งานระบบตามชุดคำสั่งก่อกวน ทำให้ระบบทำงานได้ช้าลง (6) ปลอมแปลงผู้ใช้งาน เพื่อขโมยข้อมูลในระบบหรือข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งานคนนั้น หรือ (7) โจมตีระบบแบบ Denial of service ทำให้ระบบเกิดความล่าช้าโดยส่งคำขอใช้บริการซ้ำ ๆ เต็มไปด้วยข้อมูลที่ไม่จำเป็น และไม่สามารถให้บริการผู้ใช้ได้ ระบบออนไลน์ต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องมีระบบรักษาความปลอดภัยจากบอตเหล่านี้

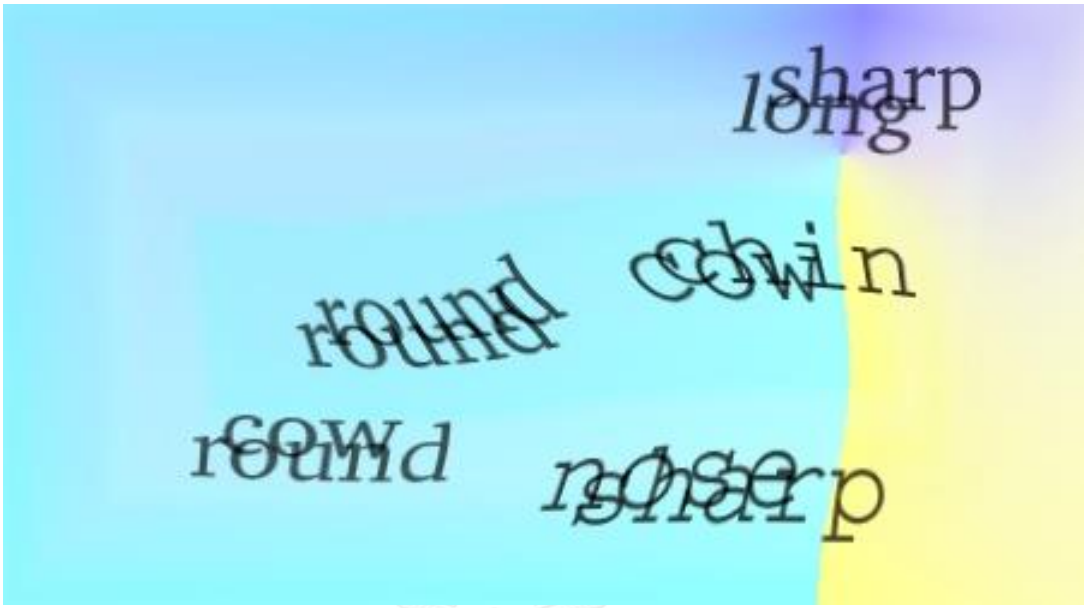
Noir (1996) ได้เสนอแนวคิดในการให้คอมพิวเตอร์สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างมนุษย์กับบอต นักวิจัยจึงได้นำแนวคิดพื้นฐานนี้มาสร้างเป็นระบบที่ใช้ป้องกันบอตเรียกว่า แคปท์ชา (CATPCHA) อันย่อมาจาก Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart เพื่อทดสอบผู้ใช้ว่าเป็นมนุษย์หรือเป็นบอต โดยให้ผู้ใช้ที่เป็นมนุษย์เท่านั้นสามารถเข้าใช้งานในระบบได้

หลังจากมีการใช้แคปท์ชาเพื่อป้องกันการโจมตีของบอต ผู้ไม่ประสงค์ดียังได้พัฒนาบอตเน็ทให้สามารถผ่านการทดสอบของแคปท์ชาได้เสมือนเป็นมนุษย์ ดังนั้นผู้ออกแบบแคปท์ชาจึงต้องพัฒนาแคปท์ชาให้ซับซ้อนมากขึ้น ในปัจจุบันแคปท์ชาถูกพัฒนาและแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. แคปท์ชาข้อความ (Text-Based CAPTCH)

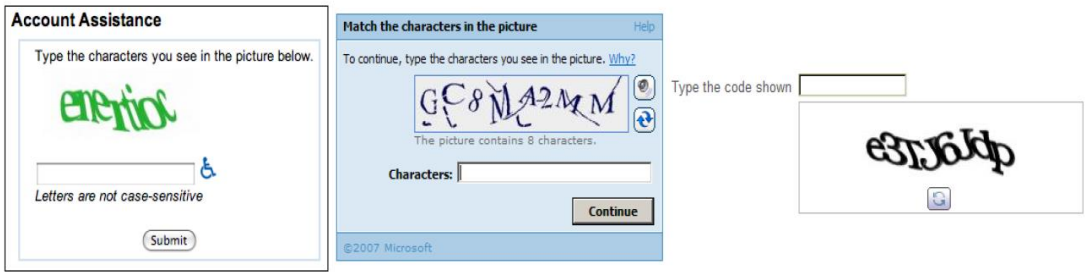
แคปท์ชาข้อความเป็นแคปท์ชารูปแบบแรกที่ถูกสร้างขึ้นมา และยังคงเป็นแคปท์ชาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Yan & El Ahmad, 2008) เป็นการทดสอบโดยให้ผู้ใช้พิมพ์ข้อความที่ปรากฏให้ถูกต้อง โดยแคปท์ชาข้อความเริ่มแรกนั้น Mori and Malik (2003) ได้เสนอแนวคิดวิธีการทดสอบชื่อ Gimpy แสดงอักษรข้อความเป็นศัพท์จากพจนานุกรมห้าคู่ แล้วให้ผู้ใช้ตอบให้ถูกต้องเพียงสามคำเท่านั้น โดยคำที่แสดงถูกทำให้บิดเบี้ยวและซ้อนทับกัน ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Gimpy ที่แสดงคำทั้งหมดหกคำ ได้แก่ (1) sharp (2) long (3) chin (4) cow (5) round (6) nose เมื่อผู้ใช้ตอบถูกต้องเพียงสามในหกคำก็จะผ่านการทดสอบ แต่เนื่องจากความยุ่งยากในการจำแนกของผู้ใช้จึงพัฒนาต่อมาเป็น EZ-Gimpy ที่แสดงคำมาเพียงคำเดียว ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่าง EZ-Gimpy ที่แสดงแคปท์ชาข้อความ road

เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมโอซีอาร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง สามารถรู้และจำแนกอักษรข้อความในแคปท์ชาให้เป็นตัวอักษรได้ จึงทำให้การออกแบบแคปท์ชาข้อความต้องทำให้บิดเบือนมากขึ้น โดยการเลื่อนตำแหน่ง หมุนเอียง ใส่เส้นพื้นหลัง ใส่สีพื้นหลัง หรือสุ่มคำที่ไม่มีความหมายเพื่อทำให้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์กระทำได้ยากขึ้น ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างแคปท์ชารูปแบบในปัจจุบันยังคงใช้หลักการเดียวกับ EZ-Gimpy ของ Google, Microsoft และ Yahoo



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Gimpy (Mori and Malik, 2003)

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ EZ-Gimpy (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

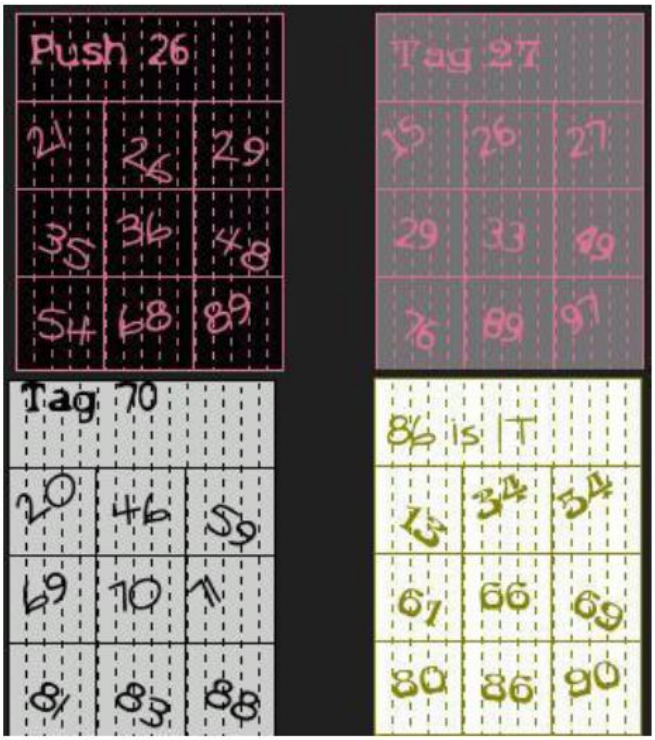


ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Google, Microsoft และ Yahoo (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

แคปท์ชาข้อความที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในปัจจุบัน คือ reCAPTCHA (El Ahmad et al., 2011; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557) ที่พัฒนาโดย Von Ahn, Maurer, McMillen, Abraham, and Blum (2008) ดังภาพที่ 1.1 เป็นแคปท์ชาที่นิยมใช้แพร่หลายในระบบออนไลน์ โดยแคปท์ชานี้แสดงข้อความจำนวนสองคำที่สุ่มมาจากหนังสือ เป็นคำที่มีความหมายทำให้ผู้ใช้สามารถสะกดและเดาถึงความหมายของคำที่ปรากฏได้ และอีกคำเป็นอักษรสุ่มที่ไม่มีความหมายเพื่อเป็นการป้องกันการคาดเดาจากโปรแกรมโอซีอาร์ จากนั้นจะนำข้อความทั้งสองมาบิดเบี้อน ผู้ใช้จะต้องพิมพ์คำที่ปรากฏทั้งสองคำให้ถูกต้อง นอกจากนี้ reCAPTCHA ยังมีปุ่มออกเสียงคำที่ปรากฏสำหรับช่วยเหลือผู้มีปัญหาทางสายตา และสามารถช่วยผู้ใช้ที่พิมพ์ผิดเล็กน้อยให้กลายเป็นถูกต้องได้ หากผู้ใช้ทดสอบผ่านตามเงื่อนไขที่กำหนด รวมไปถึงการสร้างข้อความที่ผู้ใช้ไม่ต้องพิมพ์ เพื่อป้องกันการโจมตีของบอต เช่น เส้นตรง วงกลม หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ปรากฏบนแป้นพิมพ์ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

นอกจากการพิมพ์อักษรที่ปรากฏ แคปท์ชาข้อความยังสามารถพลิกแพลงการทดสอบของผู้ใช้ได้อีก เช่น Fedora CAPTCHA พัฒนาโดย Fedora Security System เป็นแคปท์ชาข้อความที่แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ โดยแสดงตัวเลขสองตัว พร้อมกับเครื่องหมายบวก และเครื่องหมายเท่ากับ เพื่อทดสอบผู้ใช้ให้ใส่ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้มีการบิดเบือนข้อความโดยเลื่อนตำแหน่ง และแสดงเส้นรบกวนแบบสุ่ม ภาพที่ 2.10 คือแคปท์ชาข้อความ Fedora ที่แสดงตัวเลขบวกกัน ได้แก่ 68 + 12 = 80 หรือ PaPPy ได้นำเสนอแนวคิดในการทำแคปท์ชาแบบอักษรที่ใช้เพียงการกดเลือกตัวเลขที่ชื่อ Clickable CAPTCHA เป็นการแสดงกลุ่มตัวเลขให้ผู้ใช้กดเลือกตัวเลขที่ตรงกับคำถามแทนที่การพิมพ์คำตอบ ภาพที่ 2.11 คือตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Clickable แสดงตัวเลขสี่ตัว ได้แก่ (1) 26 (2) 70 (3) 27 และ (4) 86 โดยผู้ใช้ต้องกดเลือกตัวเลขที่ตรงกับคำถาม (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Fedora (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ Clickable (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ข้อดีของแคปท์ชาข้อความ คือเป็นแคปท์ชาที่ไม่ซับซ้อน ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่าย เมื่อเปรียบเทียบกับแคปท์ชาประเภทอื่น เพราะผู้ใช้เพียงแค่พิมพ์หรือกดตัวอักษรที่ปรากฏให้ถูกต้อง (Imsamai & Phimoltares, 2010; Taghva et al., 1996; Yan & El Ahmad, 2008) อีกทั้ง สุทธิเกียรติ มีลาภ (2557) ได้กล่าวว่า แคปท์ชาข้อความเป็นแคปท์ชาที่ไม่ใช้ฐานข้อมูล แคปท์ชาสามารถสร้างอักษร ข้อความหรือสร้างพื้นหลังได้เองในเครื่องฝั่งผู้ใช้บริการ และสามารถตรวจคำตอบได้ในเครื่องฝั่งผู้ใช้บริการด้วย ทำให้นำไปใช้กับระบบได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ได้นอกจากให้ผู้ใช้พิมพ์อักษรข้อความที่ปรากฏ เช่น แบบสูตรสมการทางคณิตศาสตร์อย่างของ

Fedora CAPTCHA แคปท์ชาข้อความยังง่ายกับผู้ใช้ที่มีพื้นความรู้ทางภาษาอังกฤษ โดยบางชนิดสร้างคำที่มีความหมายให้ผู้ใช้สามารถเดาได้ เช่น reCAPTCHA ด้วยเหตุนี้ยังมีระบบออนไลน์จำนวนมากที่ยังใช้แคปท์ชารูปแบบอักษรข้อความอยู่ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ข้อเสียของแคปท์ชาข้อความคือไม่เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่มีปัญหาทางสายตา ไม่ว่าจะเป็นพิการทางสายตา คนชรา หรือมีความบกพร่องในการอ่าน แต่ในปัจจุบันได้แก้ปัญหาโดยแคปท์ชาข้อความบางชนิดสามารถออกเสียงสะกดคำแทนการอ่าน อย่างไรก็ตาม ความสามารถในทำให้โปรแกรมโอซีอาร์จำแนกอักษรในแคปท์ชาข้อความได้ถูกพัฒนาไปมาก ทำให้สามารถผ่านการทดสอบของแคปท์ชาข้อความได้เช่นกัน เพื่อทำให้โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถอ่านได้จึงต้องบิดเบือนข้อความให้มากขึ้น แต่ได้ทำให้ผู้ใช้อ่านข้อความยากขึ้นตามไปด้วย (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

2. แคปท์ชารูปภาพ (Image-Based CAPTCHA)

แคปท์ชารูปภาพถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาความยากต่อผู้ใช้ของแคปท์ชาข้อความ ที่ต้องบิดเบือนข้อความเพื่อป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ ลักษณะการทดสอบของแคปท์ชารูปภาพมีหลากหลายกว่ารูปแบบและเป็นการทดสอบที่ง่ายต่อผู้ใช้ ผู้ใช้ไม่ต้องพิมพ์ข้อความที่แสดงเหมือนแคปท์ชาข้อความ เริ่มแรกเป็นการทดสอบโดยให้ผู้ใช้เลือกภาพที่แตกต่างจากพวกหรือตามคำสั่งของแคปท์ชารูปภาพ ผู้ใช้จะผ่านการทดสอบเมื่อเลือกภาพได้ถูกต้อง เช่น ESP-PIX CAPTCHA เป็นแคปท์ชารูปภาพที่พัฒนาในยุคแรก โดยสุ่มรูปภาพที่มีเนื้อหาเหมือนกันขึ้นมาสี่ภาพจากฐานข้อมูล ผู้ใช้ต้องเลือกคำตอบที่เกี่ยวข้องกับภาพทั้งสี่ ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ ESP-PIX ผู้ใช้จะต้องเลือกคำตอบที่เกี่ยวข้องกับภาพทั้งสี่ โดยคำตอบที่ถูกต้องคือ Volcano (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

การเลือกคำตอบที่เป็นตัวเลือกของแคปท์ชารูปภาพนั้น แม้จะง่ายต่อผู้ใช้ แต่บอตสามารถสุ่มเลือกเพื่อเดาคำตอบที่ถูกต้องได้ และมีความน่าจะเป็นที่สุ่มตัวเลือกตอบถูกสูง จึงมีการพัฒนาแคปท์ชารูปภาพโดยเพิ่มตัวเลือกคำตอบที่ถูกต้องให้มีหลายตัว เพื่อช่วยลดโอกาสที่บอตคาดเดาคำตอบได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแคปท์ชารูปภาพมีแนวโน้มให้ผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์มากกว่าการเลือกคำตอบตามคำสั่งหรือรูปภาพที่ถูกต้องหลายตัวเลือก ทำให้มีผู้พัฒนาแคปท์ชารูปภาพที่มีลักษณะแปลก ซับซ้อน และหลากหลายได้มากกว่าการพิมพ์อักษรที่แสดงของแคปท์ชาข้อความหรือการฟังเสียงจากแคปท์ชาเสียง (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ ESP-PIX (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

What's up captcha? เป็นแคปท์ชารูปภาพที่ทดสอบให้ผู้ใช้หมุนรูปภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง รูปภาพที่แคปท์ชานำเสนอจะมีลักษณะเป็นวงกลมที่กลับหัวหรือมีทิศทางที่อยู่ในตำแหน่งผิดปกติ ผู้ใช้จะต้องวิเคราะห์ว่ารูปภาพดังกล่าวเป็นภาพอะไร มีตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นอย่างไร แล้วหมุนรูปภาพดังกล่าวโดยการเลื่อนขีดสเกลที่อยู่ด้านบนของรูปภาพ ภาพที่ 1.2 แสดงตัวอย่างแคปท์ชารูปภาพ What's up captcha? ผู้ใช้ต้องหมุนภาพให้จานวางอยู่บนโต๊ะในแนวตั้งแล้วกดปุ่ม Submit เพื่อยืนยันการทดสอบ แม้ว่าบอตสามารถจำแนกและรู้ถึงลักษณะของภาพแต่บอตไม่สามารถบอกทิศทางที่ถูกต้องของวัตถุในภาพได้ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

Playthru เป็นแคปท์ชาแบบรูปภาพที่ทดสอบให้ผู้ใช้ลากรูปภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยที่แคปท์ชาจะแสดงรูปภาพพื้นหลัง พร้อมกับรูปภาพวัตถุแบบสุ่มทั้งสี่อย่างที่สามารถเคลื่อนที่โดยการลากรูปภาพไปมา ผู้ใช้จะต้องวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงความหมายระหว่างพื้นหลังกับวัตถุ แล้วลากวัตถุนั้นไปยังตำแหน่งของพื้นหลังที่เหมาะสม และในบางครั้งตัวเลือกที่เหมาะสมกับพื้นหลังมีได้มากกว่าหนึ่งอย่าง ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการทดสอบนั้น ตัวอย่างภาพที่ 1.3 คือแคปท์ชารูปภาพ Playthru แสดงคำสั่งให้วางลูกบาสเกตบอลไว้ที่ห่วงซึ่งเป็นฉากหลัง ผู้ใช้ต้องใช้ เมาส์คลิกที่ลูกบาสเกตบอลแล้วลากมาวางไว้ที่ห่วงเป็น ตำแหน่งที่เหมาะสมแต่แคปท์ชานี้ต้องใช้ฐานข้อมูลมากในการเก็บภาพที่ใช้และลักษณะของคำสั่งทั้งหมด นอกจากนี้

ยังต้องการโปรแกรมภายนอกเสริมให้แคปท์ชาทำงานได้บนเบราเซอร์ของผู้ใช้ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ข้อดีของแคปท์ชารูปภาพคือสามารถทดสอบผู้ใช้ได้โดยง่ายและหลากหลายกว่ารูปแบบอื่น ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องพิมพ์ข้อความเพียงแค่เลือกรูปภาพที่ถูกต้อง แต่ข้อเสียสำคัญของแคปท์ชารูปภาพคือต้องใช้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ในการเก็บในการเก็บรูปภาพเพื่อใช้ทดสอบ อีกทั้งการเลือกรูปภาพบอตสามารถเดาคำตอบโดยการสุ่มได้ และหลักการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ในปัจจุบันก็ได้พัฒนาขึ้น จนสามารถใช้โจมตีแคปท์ชารูปภาพได้ (Golle, 2008) ด้วยเหตุนี้ทำให้แคปท์ชารูปภาพยังมีระบบนำไปใช้ไม่มาก (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

3. แคปท์ชาเสียง (Audio-Based CAPTCHA)

แคปท์ชาแบบเสียงถูกสร้างเพื่อรองรับผู้ใช้ที่มีปัญหาทางการมองเห็นโดยผู้ใช้ปกติสามารถใช้งานได้ และมักถูกนำไปรวมกับแคปท์ชาแบบอักษรให้มีความสามารถอ่านสะกดตัวอักษรของข้อความนั้นได้ เช่น reCAPTCHA ดังภาพที่ 1.1 ผู้ใช้สามารถกดปุ่มลำโพงเพื่อฟังเสียงการสะกดอักษรตามภาพที่ปรากฏ แต่ในปัจจุบันองค์ความรู้ด้านการจำแนกเสียงเป็นข้อความของคอมพิวเตอร์ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการจำแนกเสียงจึงต้องใส่เสียงรบกวนลงไปในแคปท์ชาเสียง โดยทำโทนเสียงให้เพี้ยนไปจากปกติ หรือเพิ่มเป็นเสียงประกอบพื้นหลังที่ไม่เกี่ยวข้อง (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

Gao, Liu, Yao, Liu, and Aickelin (2010) ได้พัฒนาแคปท์ชาเสียงที่นำข้อความในหนังสือมาออกเสียง แล้วให้ผู้ใช้ออกเสียงผ่านอุปกรณ์รับเสียงตามที่ได้ยินให้ถูกต้อง ระบบจะนำเสียงของผู้ใช้มาบันทึกเพื่อเปรียบเทียบกับเสียงที่ได้จากการแปลงข้อความ หากตรงตามเงื่อนไขในระบบจะถือว่าผ่านการทดสอบ ภาพที่ 2.13 คือตัวอย่างแคปท์ชาเสียงที่พัฒนาโดย Gao et al. (2010) แคปท์ชาเสียงจะแสดงข้อความเป็นภาษาอังกฤษประมาณ 8-20 คำ เมื่อกดปุ่ม Play ระบบจะออกเสียงข้อความดังกล่าวให้ผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ฟังจบจะต้องกดปุ่ม Begin เพื่อเริ่มบันทึกเสียง และกดปุ่ม End เพื่อหยุดการบันทึก ส่วนปุ่ม Another จะใช้เปลี่ยนข้อความที่ทดสอบ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ข้อดีคือ หากเป็นการพูดคำศัพท์หรือสะกดตัวอักษร โปรแกรมสามารถสร้างลักษณะการออกเสียงเองได้โดยไม่ใช้ฐานข้อมูล และตรวจคำตอบสามารถทำได้บนเครื่องฝั่งผู้ใช้บริการเช่นกัน จึงง่ายต่อการนำไปใช้ อีกทั้งผู้ใช้บางกลุ่มมีปัญหาด้านการอ่านสามารถใช้เสียงฟังคำสั่งหรือวิธีการทดสอบแคปท์ชานั้นได้ แต่ข้อเสียคือผู้ใช้ต้องมีความรู้ทางด้านภาษา จึงจะฟังเสียงนั้นให้เข้าใจเพื่อ

ผ่านการทดสอบได้ อีกทั้งการจำแนกเสียงเป็นข้อความของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันสามารถทำได้ดีกว่ามนุษย์ (Bursztein, Beauxis, et al., 2011; Bursztein et al., 2010; Lopresti et al., 2002) ดังนั้น แคปท์ชาเสียงจึงไม่เป็นที่นิยม ระบบส่วนใหญ่มักจะใช้แคปท์ชาเสียงร่วมกับแคปท์ชาข้อความหรือรูปภาพ (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างแคปท์ชาเสียงที่ผู้ใช้ต้องออกเสียงตามที่ได้ยิน (สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

แคปท์ชาเป็นระบบที่ทดสอบการยืนยันความเป็นมนุษย์ เพื่อป้องกันไม่ให้บอตหรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติเข้ามาสร้างความเสียหายให้กับระบบนั้นได้ ถือเป็นระบบรักษาความปลอดภัยที่จำเป็นในระบบออนไลน์ ได้มีการพัฒนาแคปท์ชาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันตามความฉลาดของบอตที่ถูกพัฒนาขึ้นตามกันไป และด้วยเหตุผลข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้ว การพัฒนาแคปท์ชาข้อความ จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าแคปท์ชาประเภทอื่นที่ผู้วิจัยจะนำมาพัฒนาต่อ

2.4 แคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อมนุษย์

Yan and El Ahmad (2008) ได้สำรวจความเห็นของผู้ใช้แคปท์ชาข้อความ และได้สรุปปัญหาของการใช้แคปท์ชาข้อความ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปัญหาของการใช้แคปท์ชาข้อความ (Yan and Ahmad, 2008)

ประเภทปัญหา	**ประเด็นความสามารถใช้งานได้ (Usability)**
การบิดเบือน (Distortion)	วิธีและระดับการบิดเบือน (Distortion method and level)
	อักษรที่สับสนไม่ชัดเจน (Confusing characters)
	ความเป็นมิตรต่อชาวต่างชาติ (Friendly to foreigners)
เนื้อหา (Content)	รูปแบบอักษร (Character set)
	ความยาวของสายอักษร (String Length)
	อักษรแบบสุ่มกับคำที่มาจากพจนานุกรม (Random Text vs Dictionary Words)
	คำที่ไม่เหมาะสม (Offensive word)
การนำเสนอ (Presentation)	การใช้สี (Use of color)
	การทำงานร่วมกับหน้าเว็บ (Integration with web pages)

1. การบิดเบือน (Distortion)

การบิดเบือน (Distortion) คือการทำให้อักษรของแคปท์ชาข้อความบิดเบี้ยวในลักษณะต่าง ๆ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.2 การบิดเบี้ยวของอักษรจะทำให้ผู้ใช้เข้าใจแคปท์ชาข้อความได้ยากขึ้น การบิดเบือนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ยังคงง่ายต่อผู้ใช้จึงเป็นประเด็นที่สำคัญมากของการออกแบบแคปท์ชาข้อความ

จากการศึกษาวิธีและระดับการบิดเบือน (Distortion method and level) ที่ง่ายต่อผู้ใช้ Yan and El Ahmad (2008) ได้สรุปผลว่า การออกแบบการบิดเบือนอักษรของ Microsoft CAPTCHA ถือว่าเป็นการออกแบบที่ง่ายต่อการอ่าน และควรนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

แคปท์ชาข้อความ โดย Chellapilla et al. (2005) ได้จำแนกของการบิดเบือนอักษรออกเป็นสี่แบบ ได้แก่ (1) การเลื่อน (Translation) เป็นการเลื่อนตำแหน่งอักษรของแคปท์ชา เพื่อให้เกิดระยะห่างจากตำแหน่งปกติในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกัน ระดับการเลื่อนจะกำหนดไม่เกินร้อยละ 40 ของความสูงหรือความกว้างของอักษร (2) การหมุนเอียง (Rotation) เป็นการเอียงตำแหน่งอักษรในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา ระดับการหมุนเอียงจะกำหนดไม่เกิน 45 องศา (3) การปรับมาตราส่วน (Scaling) เป็นการย่อหรือขยายตัวอักษรในแนวตั้งและแนวนอน ระดับการปรับมาตราส่วนจะกำหนดไม่เกินร้อยละ 50 ของความกว้างอักษร (4) การห่อ (Wrap) เป็นการแทนเส้นตรงของอักษรด้วยเส้นขรุขระทั้งในแนวตั้งหรือแนวนอน โดยการห่อมีสองแบบ ได้แก่ (ก) การห่อภายนอก (Global Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขจะมีลักษณะโค้งงอและขยายออก โดยเทียบเคียงกับอักษรหรือตัวเลขที่อยู่ใกล้เคียงกัน ระดับการห่อภายนอกที่ง่ายต่อผู้ใช้จะกำหนดไม่เกิน 270 (ข) การห่อภายใน (Local Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขโดยการทำให้เส้นของอักษรหรือตัวเลขแต่ละตัวโค้งงอเหมือนถูกห่อเข้าด้วยกัน เกิดเป็นคลื่นเล็กๆ ภายในอักษรหรือตัวเลข โดยการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขในลักษณะนี้ไม่ขึ้นกับอักษรที่อยู่ก่อนหน้าหรือที่อยู่ติดกัน ระดับการห่อภายในที่ง่ายต่อผู้ใช้จะกำหนดไม่เกิน 55

ตารางที่ 2.2 เป็นตัวอย่างการบิดเบือนแคปท์ชาข้อความของ Microsoft (Chellapilla et al., 2005) ได้แก่ 3R2YAZ9X คือการเลื่อน (Translation) ในระดับร้อยละ 25 ของความสูงหรือความกว้างของอักษร, B5PYMMLB คือการหมุนเอียง (Rotation) ในระดับ 30 องศา, HGCNCUZK คือการปรับมาตราส่วน (Scaling) ในระดับร้อยละ 35 ของความกว้างอักษร, B3277UHF คือการห่อภายนอก (Global Wrap) ในระดับ 270 และ 7SXUPGCB คือการห่อภายใน (Local Wrap) ในระดับ 55

อย่างไรก็ตามมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ไม่พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา แต่กลับพบว่าหน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องเพียงร้อยละ 57.9 เท่านั้น

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการบิดเบือนแคปท์ชาข้อความของ Microsoft (Chellapilla et al., 2005)

การบิดเบือน	ตัวอย่างของการบิดเบือน
การเลื่อน (Translation)	
การหมุนเอียง (Rotation)	
การปรับมาตราส่วน (Scaling)	
การห่อภายนอก (Global Wrap)	
การห่อภายใน (Local Wrap)	

ทั้งนี้ การเลื่อน (Translation) ของ Chellapilla et al. (2005) มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรระยะห่างระหว่างอักษร และตำแหน่งอักษร โดยเป็นการเลื่อนตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมกัน ระดับการเลื่อนจะกำหนดเป็นร้อยละเมื่อเทียบตำแหน่งปกติ โดยการเลื่อนตำแหน่งในแนวนอนจะขยายระยะห่างระหว่างอักษรในระดับห่างกันไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร และการเลื่อนตำแหน่งในแนวตั้งจะเลื่อนขึ้นหรือลง เมื่อเทียบกับระดับบรรทัดห่างกันไม่เกินร้อยละ 40 ของความสูงอักษร ผลการทดลองของการเลื่อนดังกล่าวพบว่าร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง ภาพที่ 2.14 คือตัวอย่างการเลื่อน เมื่อพิจารณาจากบนลงล่าง จะเห็นว่า 5MS9FVLL คือการเลื่อนระดับร้อยละ 10 ในขณะที่ 3R2YAZ9X คือการเลื่อนในระดับร้อยละ 25 ส่วน C7AXBZZR คือการเลื่อนในระดับร้อยละ 40 ของความสูงและความกว้างอักษร

ภาพที่ 2.14 ตัวอย่างการเลื่อน (Translated) (Chellapilla et al., 2005)

การบิดเบือน (Distortion) มักจะสร้างอักษรที่สับสนไม่ชัดเจน (Confusing Characters) ทำให้ผู้ใช้เข้าใจอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ยาก ถึงแม้ว่าอักษรหรือตัวเลขจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไป แต่เมื่อทำให้บิดเบี้ยวแล้ว จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก Yan and El Ahmad (2008) ได้สรุปอักษรที่สับสนไม่ชัดเจน (Confusing Characters) ไว้ดังต่อไปนี้ (1) ระหว่างอักษรกับตัวเลข อันได้แก่ อักษรตัว O กับเลข 0, อักษรตัว G กับเลข 6 และอักษรตัว b กับเลข 5 (2) ระหว่างตัวเลขกับตัวเลข อันได้แก่ เลข 5 เมื่อบิดเบี้ยวแล้วอาจกลายเป็นเลข 6, เลข 7 เมื่อบิดเบี้ยวแล้วอาจกลายเป็นเลข 1 และเลข 8 เมื่อบิดเบี้ยวแล้วอาจกลายเป็นเลข 6 หรือเลข 9 และ (3) ระหว่างอักษรกับอักษร อันได้แก่ อักษร vv คล้ายกับอักษร w, อักษร cl คล้ายกับอักษร d, อักษร rn คล้ายกับอักษร m, อักษร rm คล้ายกับอักษร nn และอักษร cm คล้ายกับอักษร an ดังนั้น เพื่อลดปัญหาอักษรที่สับสนไม่ชัดเจนในแคปท์ชาข้อความ ผู้วิจัยจึงกำหนดให้ใช้แค่อักษรในการออกแบบแคปท์ชาข้อความ โดยไม่รวมตัวเลข

ความเป็นมิตรต่อชาวต่างชาติ (Friendliness to Foreigners) ปัญหาเรื่องของภาษา (Localization Issues) ในแคปท์ชาข้อความน่าจะมีน้อยมาก และสามารถนำไปใช้กับผู้ใช้ทั่วโลกได้ ผู้ใช้ส่วนใหญ่ก็สามารถโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความจากเว็บยอดนิยม อย่างเช่น Facebook และ Twitter ได้อย่างไม่มีปัญหา แต่การทดสอบของ Yan and El Ahmad (2008) โดยใช้แคปท์ชาข้อความอักษรละติน ทดสอบกับนักศึกษา 20 คน พบว่า นักศึกษาต่างชาติส่วนใหญ่ที่ไม่ได้พูดภาษาที่ใช้ตัวละติน (เช่น ภาษาอังกฤษ ภาษาฝรั่งเศส ภาษาเยอรมัน) เป็นภาษาแม่ ได้คะแนนการทดสอบน้อย กว่ากลุ่มที่ใช้ภาษาที่ใช้ตัวอักษรละติน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ภาษาแม่ของผู้ใช้มีผลต่อการใช้งานแคปท์ชาข้อความ อย่างไรก็ตาม Tangmanee and Sujarit - Apirak (2013) ได้ศึกษาทัศนคติต่อแคปท์ชาข้อความของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในไทย พบว่า ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตชาวไทยส่วนใหญ่ไม่เห็นด้วยกับการใช้อักษรไทยเพื่อสร้างแคปท์ชาข้อความ

2. เนื้อหาแคปท์ชาข้อความ (Content)

Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวถึงรูปแบบอักษรที่ใช้ในแคปท์ชาข้อความ (Character set) อันหมายถึงรูปแบบอักษรพิมพ์เล็ก อักษรพิมพ์ใหญ่ หรือตัวเลข ว่าส่งผลต่อความเข้าใจของผู้ใช้ ยิ่งมีรูปแบบจำนวนมาก เมื่อถูกบิดเบือนอาจทำให้มีลักษณะของอักษรที่คล้ายกันกับรูปแบบอื่น ทำให้ผู้ใช้เข้าใจแคปท์ชาข้อความที่ปรากฏได้ยากขึ้น แต่นั่นหมายความว่าแคปท์ชาข้อความนั้นปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์เช่นกัน ยิ่งมีจำนวนรูปแบบอักษรที่ใช้ในแคปท์ชาข้อความ (Character set) มากก็ยิ่งปลอดภัยจากการเดาสุ่ม ทั้งนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์

(2555) พบว่าอักษรพิมพ์เล็ก เป็นชุดอักษรที่หน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ และชุดอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก

สำหรับประเด็นของจำนวนอักษรที่แสดงของแคปท์ชาข้อความนั้น Yan and El Ahmad (2008) กล่าวว่าหากแคปท์ชาข้อความใช้จำนวนอักษรน้อย จะทำให้ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องโดยง่าย แต่ในขณะเดียวกันอาจถูกโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ง่ายขึ้น โดยจำนวนอักษรที่ผู้ใช้เข้าใจได้โดยง่ายนั้น Miller (1956) ได้นำเสนอทฤษฎี Miller's law อันเป็นทฤษฎีจิตวิทยาความจำระยะสั้นของจำนวนวัตถุที่เหมาะสมที่มนุษย์สามารถจดจำและนำไปประมวลผลข้อมูลได้ดี คือเจ็ดบวกหรือลบสองอักษร อันหมายถึงห้าถึงเก้าอักษร โดยยกตัวอย่างการทดลองให้หน่วยทดลองจดจำคำห้าอักษร กับสิบห้าอักษร ผลปรากฏว่า หน่วยทดลองสามารถจดจำคำห้าอักษรได้ แต่ไม่สามารถจดจำคำสิบห้าอักษรได้ ทั้งนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ไม่พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้จำนวนอักษรสี่ตัวกับสิบตัว

สำหรับประเด็นของอักษรแบบสุ่มกับคำที่มาจากพจนานุกรม (Random Text vs Dictionary Words) แม้ว่า Rusu, Thomas, and Govindaraju (2010) กล่าวว่าการสร้างแคปท์ชาข้อความด้วยคำจากพจนานุกรม จะทำให้ผู้ใช้ที่รู้ความหมายหรือเคยพบเห็นคำนั้น ๆ มาก่อนจะสามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่าคำที่ไม่รู้ความหมายหรือไม่เคยพบเห็นมาก่อน แต่นั่นก็ไม่ได้หมายความว่าผู้ใช้ทุกคนจะรู้ความหมาย หรือเคยพบเห็นมาก่อน อีกทั้ง Yan and El Ahmad (2008) กล่าวว่าการใช้อักษรแบบสุ่มอันหมายถึงคำที่ประกอบเป็นแคปท์ชาที่อ่านไม่ได้ (Unreadable) การใช้คำจากพจนานุกรมที่เป็นคำที่มีความหมายนั้นมีความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมโอซีอาร์ได้มากกว่าการใช้อักษรแบบสุ่มอันหมายถึงคำที่ประกอบเป็นแคปท์ชาที่อ่านไม่ได้ (Unreadable) เนื่องจากโปรแกรมโอซีอาร์สามารถเดาสุ่มคำศัพท์จากพจนานุกรมได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้อักษรแบบสุ่มและไม่ใช่คำในพจนานุกรมในแคปท์ชาข้อความ

คำที่ไม่เหมาะสม (Offensive word) Yan and El Ahmad (2008) กล่าวว่าการสร้างแคปท์ชาข้อความไม่ว่าจะเป็นคำที่มาจากพจนานุกรมหรือใช้อักษรแบบสุ่ม ก็อาจจะเกิดคำที่ไม่เหมาะสม (Offensive word) ต่อผู้ใช้ ปัญหานี้เกิดขึ้นโดยทั่วไปทั้งใน Google CAPTCHA และ reCAPTCHA และเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้จึงควรมีบัญชีดำของคำที่ไม่เหมาะสมด้วย

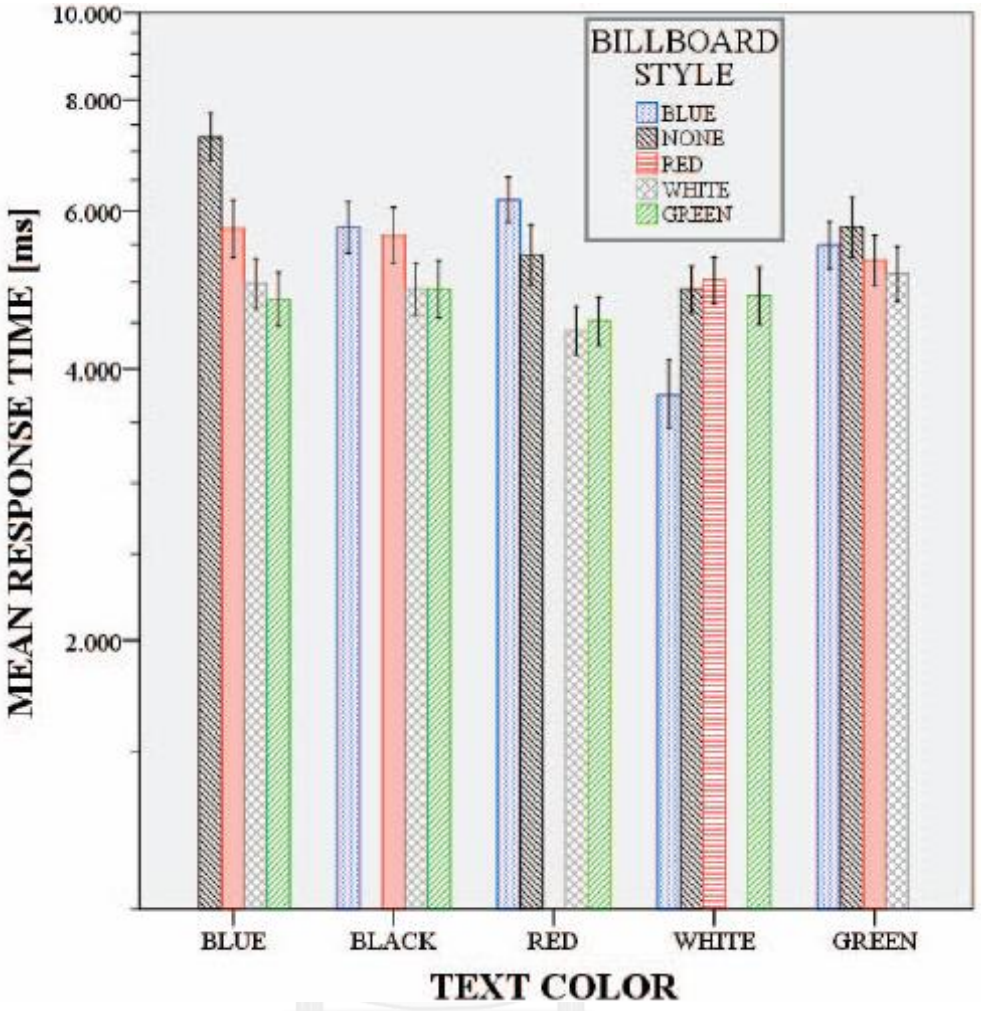
3. การนำเสนอ (Presentation)

Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าการใช้สี (Use of Color) จะช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับแคปท์ชาข้อความ และทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจแคปท์ชาข้อความได้ง่ายขึ้น อีกทั้งการใช้สีในแคปท์ชาข้อความจะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เนื่องจากโดยทั่วไปโปรแกรมโอซีอาร์จะมีประสิทธิภาพต่ำในการรับรู้สี แต่อย่างไรก็ตาม ได้กล่าวอีกว่าแคปท์ชาข้อความที่ใช้หลายสีเกินไป อาจทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ยาก อีกทั้งโปรแกรมโอซีอาร์บางโปรแกรมก็ยังสามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่ใช้สีได้ (Yan & El Ahmad, 2008)

คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ในที่นี้หมายถึง การจับคู่กันระหว่างสีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ โดยที่ Tinker and Paterson (1931) พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่อ่านง่ายที่สุด โดยใช้วิธีวัดความเร็วในการอ่าน อีกทั้ง Ling and Schaik (2002) พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าคู่สีอื่น ๆ และนอกจากนี้ Debernardis et al. (2012) พบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่อ่านได้เร็วที่สุด ภาพที่ 2.15 เป็นกราฟแสดงถึงอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินอ่านได้เร็วที่สุด โดยค่าแกน x คือสีอักษร ค่าแกน y คือความเร็วในการอ่าน และ Billboard style คือสีพื้นหลัง สอดคล้องกับกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2535) พบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่หน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด

การทำงานของแคปท์ชาข้อความร่วมกับหน้าเว็บ (Integration with web pages) Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวถึงการทำงานของแคปท์ชาข้อความว่าควรออกแบบให้ปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติ เมื่อต้องการให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาข้อความ ไม่ต้องให้ผู้ใช้งานเปิดใช้ด้วยตนเอง เพื่อลดภาระในการใช้งานของผู้ใช้ อีกทั้งเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ใช้เกิดความรำคาญในแคปท์ชาข้อความควรออกแบบหน้าตาของแคปท์ชาข้อความให้เข้ากับหน้าเว็บด้วย

การนำเสนอแคปท์ชาข้อความที่ผู้ใช้เข้าใจง่ายนั้น นอกจากสองประเด็นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น Bernard et al. (2003) กล่าวว่าแบบอักษร Arial เป็นแบบอักษรที่อ่านได้ง่าย และพบบ่อยที่สุดบนเว็บไซต์ อีกทั้ง Kingery and Furuta (1997) ได้กล่าวถึงขนาดที่เหมาะสมของแคปท์ชาข้อความคือ 24 พอยต์ เนื่องจากเป็นขนาดที่เห็นได้ชัดเจน และหน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด รวมถึง Cabibi (1973) ได้อธิบายถึงความง่ายในการอ่านว่า อักษรควรเรียงกันเป็นบรรทัด สอดคล้องกับกำธร สถิรกุล (2515) ที่อธิบายว่าตำแหน่งอักษรปกติที่เส้นบรรทัด เรียงกันเป็นแนวเส้นบรรทัด เป็นตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายกว่าตำแหน่งที่ไม่เป็นระเบียบ ยกขึ้นต่ำลงไม่เป็นบรรทัด



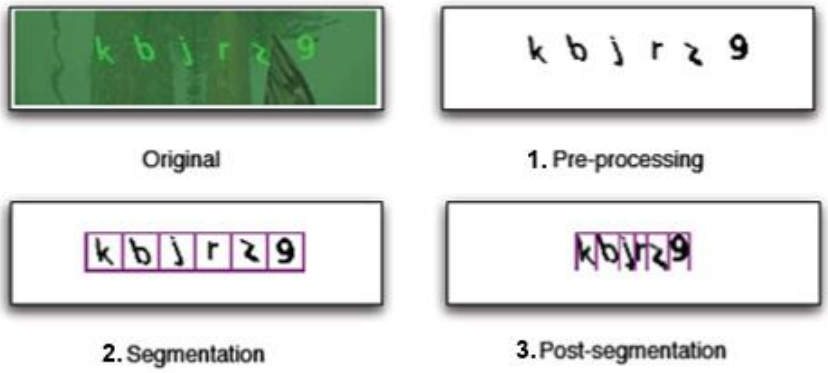
ภาพที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความเร็วในการอ่าน (Debernardis et al., 2012)

2.5 แคปท์ชาข้อความที่ยากต่อการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์

โปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) คือซอฟต์แวร์ที่ใช้แปลภาพของข้อความจากการเขียนหรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขและเก็บไว้ได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Imsamai & Phimoltares, 2010; Taghva et al., 1996)

Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้ศึกษาการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ โดยแบ่งขั้นตอนการโจมตีได้ออกเป็นสามขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นตอนที่เตรียมข้อมูลเพื่อแบ่งพื้นหลังออกจากตัวอักษร (Pre-processing) (2) ขั้นตอนการแบ่งตัวอักษร (Segmentation) และ (3) ขั้นตอนการจำแนกตัวอักษร (Post-processing)

ตามที่ได้แสดงในภาพที่ 2.16 อักษรที่ใช้เป็นแคปท์ชาข้อความคือ kbjrz9 จะเห็นว่าขั้นตอนแรก (Pre-processing) คือ ขั้นตอนที่เตรียมข้อมูลเพื่อแยกพื้นหลังออกจากตัวอักษร โดยจะเป็นขั้นตอนวิธีการเปลี่ยนรูปภาพสีให้กลายเป็นขาวดำ โดยเปลี่ยนเป็นอักษรสีดำและพื้นหลังสีขาวเป็นหลัก ต่อมาตอนที่ 2 (Segmentation) คือ ขั้นตอนการแบ่งตัวอักษร โดยจะแบ่งอักษรสีดำแต่ละตัวแยกออกจากกัน และขั้นตอนสุดท้าย (Post-processing) คือ ขั้นตอนการจำแนกตัวอักษรโดยนำอักษรที่แบ่งมาจำแนกเพื่อระบุว่าเป็นอักษรอะไร

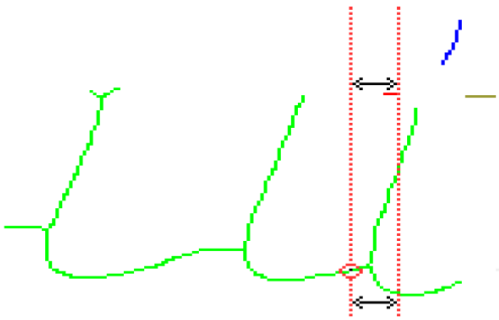


ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างขั้นตอนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของบอต (Bursztein et al., 2011)

Bursztein, Martin, et al. (2011) ยังได้กล่าวถึงเทคนิคที่ใช้ป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ อันได้แก่ (1) เทคนิคการป้องกันการจำแนกตัวอักษร (The anti-recognition techniques) เช่น การใช้ชุดแบบตัวพิมพ์ที่หลากหลาย (Multi-fonts), การใช้ขนาดอักษรที่หลากหลาย (Font size), การบิดเบือน (Distortion) และ (2) เทคนิคการป้องกันการแบ่งตัวอักษร (The anti-segmentation techniques) เช่น การเติมเส้นบนพื้นหลัง (Lines) ความสับสนระหว่างสีตัวอักษรกับสีพื้นหลัง (Background confusion) และการลดระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing)

El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายถึงการยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันหนึ่งตัวอักษรเป็นลักษณะคลื่น (Waving the captcha) ว่าจะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์จำแนกอักษรพิมพ์เล็กกับพิมพ์ใหญ่ได้ยากขึ้น โดยเรียกขั้นตอนนี้ว่า Blanket algorithm อันเป็นผลให้การโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทำได้ยากขึ้น สอดคล้องกับ Bursztein, Martin, et al. (2011) ที่พบว่าการออกแบบแคปท์ชาข้อความให้มีลักษณะยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันเป็นคลื่น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ โดยให้เหตุผลว่าจะช่วยเพิ่มความ

ยากของการอ่านอักษรให้กับโปรแกรมโอซีอาร์ในการหาจุดตัด (Cut points) ระหว่างอักษรเมื่อมีการยุบระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) ภาพที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการหาจุดตัด (Cut points) ของโปรแกรมโอซีอาร์ จากอักษร u กับ t ที่ติดกัน วงกลมคือจุดตัดที่โปรแกรมโอซีอาร์หาได้



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการหาจุดตัด (Cut points) ของโปรแกรมโอซีอาร์ (Ahmad et al., 2011)

Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าแคปท์ชาข้อความที่ใช้สีทั้งอักษรและพื้นหลัง จะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เนื่องจากโปรแกรมโอซีอาร์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการรับรู้สีที่ต่ำ สอดคล้องกับ Chandavale et al. (2009) ที่อธิบายว่าโปรแกรมโอซีอาร์ทั่วไปจะโจมตีแคปท์ชาข้อความที่เปลี่ยนพื้นหลังสีขาวธรรมดาเป็นสีอื่นได้ยากขึ้น อีกทั้ง Yan and El Ahmad (2008) ยังได้อธิบายถึงแคปท์ชาข้อความว่าหากมีจำนวนอักษรที่มากกว่า จะทำให้รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้มากกว่าจำนวนอักษรที่น้อยกว่า สอดคล้องกับ Rice et al. (1993) ที่ได้ใช้เอกสารออนไลน์จำนวน 500 หน้ามาให้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตี โดยในเอกสารออนไลน์มีคำที่มีอักษรจำนวนน้อยที่สุดหนึ่งตัว และคำที่มีอักษรจำนวนมากที่สุดถึงสิบสี่ตัว พบว่าจำนวนอักษรในเอกสารออนไลน์ยิ่งมีมาก จะทำให้ความแม่นยำของโปรแกรมโอซีอาร์ค่อนข้างต่ำ

มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ได้ทดลองนำโปรแกรม OmniPage Professional 18 ซึ่งถือเป็นโปรแกรมโอซีอาร์ตัวหนึ่งที่มีประสิทธิภาพมาโจมตีแคปท์ชาข้อความ ผลการทดลองยืนยันได้ว่า โปรแกรม OmniPage Professional 18 สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ แต่เป็นแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา หรือในระดับ 90 ทั้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และทิศทางทวนเข็มนาฬิกา แต่สำหรับแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ยังเป็นสิ่งที่โปรแกรม OmniPage Professional 18 ไม่สามารถโจมตีได้

2.6 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมในบทนี้ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแคปท์ชาข้อความในปัจจุบัน ได้สรุปถึงปัญหาการใช้งานแคปท์ชาข้อความของผู้ใช้ รวมไปถึงการออกแบบแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อผู้ใช้ และยากต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ อีกทั้งยังได้นำเสนอความรู้พื้นฐานในการออกแบบภาพอักษร อันเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของแคปท์ชาข้อความ

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมในอดีต ผู้วิจัยยังพบว่ามีการศึกษาการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความของผู้ใช้ในประเทศไทยค่อนข้างน้อย และยังไม่มีการศึกษาและเปรียบเทียบเชิงประจักษ์ของระยะห่างระหว่างอักษร ตำแหน่งอักษร และคู่สีอักษรและสีพื้นหลังเพื่อการออกแบบแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อผู้ใช้ และยากต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ แม้ว่าจะมีการศึกษาและเปรียบเทียบของจำนวนอักษร (Rice et al., 1993; Yan & El Ahmad, 2008; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) แต่ผลที่ได้กลับไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นการศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งต่อยอดองค์ความรู้สำหรับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ และช่วยยืนยันเชิงประจักษ์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อการศึกษาค้นคว้าใหม่ในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ความนำ

วัตถุประสงค์หลักของวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการออกแบบของแคปท์ชาข้อความในสี่ตัวแปร อันประกอบด้วย (1) ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความมีสองค่า อันได้แก่ ขยาย 8 พอยต์ และบีบ 3.4 พอยต์ (2) ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความมีสองค่า อันได้แก่ ตำแหน่งปกติ และยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความมีสองค่า อันได้แก่ ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความมีสองค่า อันได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

รายละเอียดที่นำเสนอในบทของระเบียบวิธีวิจัยนี้จึงเป็นการดำเนินการเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้างต้น การนำเสนอประกอบด้วยประชากรและหน่วยทดลอง กระบวนวิธีการเก็บข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล แนวทางศึกษาและการทดสอบสมมติฐาน ประเด็นของความเชื่อถือได้ (Reliability) และความถูกต้อง (Validity) และกรอบการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 ประชากรและหน่วยทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้ต้องการวิเคราะห์การใช้แคปท์ชาข้อความเพื่อยืนยันความเป็นมนุษย์ของผู้ใช้อินเทอร์เน็ต และตรวจสอบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเมื่อถูกโจมตีด้วยโปรแกรมโอซีอาร์ แต่เนื่องจากผู้ใช้อินเตอร์เน็ตเป็นประชากรขนาดใหญ่ ไม่ทราบขนาดของประชากรทั้งหมด ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลจากประชากรได้ทุกหน่วย จึงต้องเก็บข้อมูลจากตัวอย่าง หรือหน่วยทดลองที่สามารถเป็นตัวแทน (Representativeness) ของประชากร (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553; สิทธิ์ ธีรสรณ์, 2552)

การที่กลุ่มตัวอย่างจะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร เพื่อการอ้างอิงไปยังประชากรอย่างน่าเชื่อถือได้นั้น จะต้องมีการเลือกตัวอย่างและกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม การเลือกหน่วยทดลองตามความน่าจะเป็น (Probability Sampling) จึงเป็นการเลือกหน่วยทดลองที่เป็นตัวแทนที่ดี (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553) แต่เนื่องจากผู้วิจัยไม่ทราบขนาดของประชากร และมีข้อจำกัดในการเลือกหน่วยทดลองเพื่อมาทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงทำให้ไม่สามารถอาศัยหลักเกณฑ์ทาง

สถิติเข้ามาช่วยในการสุ่มตัวอย่างได้ ดังนั้นการเลือกหน่วยทดลองที่เหมาะสมในวิทยานิพนธ์นี้จึงเป็นไปในเชิงไม่อิงกับความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling)

แนวคิดของระเบียบวิธีวิจัยที่เหมาะสมกับวิทยานิพนธ์นี้ คือการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental study) นั่นคือ ผู้วิจัยจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ และจำเป็นต้องเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) ของศูนย์คอมพิวเตอร์ของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนั้น เพื่อความร่วมมือในการเก็บข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดหน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับเป็นตัวอย่างของผู้ใช้อินเทอร์เน็ต สอดคล้องกับผลสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยจำแนกตามระดับการศึกษา ที่พบว่ากลุ่มผู้ใช้ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556)

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความต่อรูปแบบของแคปท์ชา เมื่อตัวแปรอิสระทั้งสี่ตัวต่อไปนี้มีค่าแตกต่างกัน ได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรมีสองค่า อันได้แก่ ขยาย 8 พอยต์ และบีบ 3.4 พอยต์ (2) ตำแหน่งอักษรมีสองค่า อันได้แก่ ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน และตำแหน่งปกติ (3) จำนวนอักษรมีสองค่า อันได้แก่ ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังมีสองค่า อันได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ดังนั้น การทดลองนี้จึงประกอบด้วย 2*2*2*2 = 16 กลุ่ม

การเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้จะกระทำในลักษณะของการทดลอง (Experiment) ในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยต้องควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ โดยเลือกหน่วยทดลองจากนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี สำหรับทำงานภายใต้เงื่อนไขของการทดลองทั้งสิ้น 16 เงื่อนไข ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสของความแตกต่างที่จะทำให้การเปรียบเทียบของหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนต์เอนเอียง Nielsen (2012) ได้แนะนำว่าการศึกษาตัวแปรในลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative) เพื่อให้เหมาะสมกับการทดลอง จะต้องใช้จำนวนหน่วยทดลองอย่างน้อยเงื่อนไขละ 20 คน ดังนั้นจึงต้องมีหน่วยทดลองทั้งหมดอย่างน้อยเป็นจำนวน 16*20 = 320 คน

3.3 กระบวนวิธีการเก็บข้อมูล

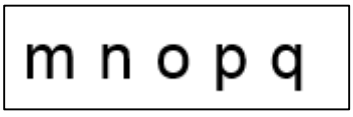
แนวคิดของวิธีวิจัยที่เหมาะสมเพื่อตอบวัตถุประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) โดยผู้วิจัยกำหนดให้ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เฉพาะที่สนใจมีการเปลี่ยนแปลงได้ 16 เงื่อนไข เพื่อเปรียบเทียบผลของตัวแปรตาม (Dependent Variable) แต่จะพยายามควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ (Constant)

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ในวิทยานิพนธ์นี้มีสี่ตัวแปร ได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษร (2) ตำแหน่งอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ

ระยะห่างระหว่างอักษร (Spacing) หมายถึง ระยะห่างระหว่างอักษรที่ประกอบเป็นแคปท์ชา (นวลจันทร์ เสมาขันธ์, 2539) โดยวัดระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรตัวแรกรวมกับระยะห่างด้านซ้ายของภาพอักษรตัวหลัง (ดูภาพที่ 1.17 ประกอบ) การกำหนดค่าเป็นข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยจำแนกออกได้สองค่า ได้แก่ (1) ขยาย 8 พอยต์ และ (2) บีบ 3.4 พอยต์ มีรายละเอียดดังนี้

ก) การขยาย 8 พอยต์ คือ การเพิ่มระยะห่างระหว่างอักษร โดยเพิ่มระยะห่างด้านขวาของภาพอักษร 8 พอยต์ เนื่องจากการขยายระยะห่างระหว่างอักษรในระดับ 8 พอยต์ เป็นการขยายระยะห่างระหว่างอักษรในระดับสูงสุดที่มนุษย์ยังอ่านได้ง่าย โดย Microsoft CAPTCHA (Chellapilla et al., 2005) ได้สรุปถึงการบิดเบือน (Distortion) ของตัวอักษรว่าการขยายระยะห่างในระดับไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร (อันหมายถึงขยายได้ไม่เกิน 8 พอยต์) เป็นการบิดเบือนที่มนุษย์ยังสามารถอ่านได้ ผลการทดลองของการเลื่อนดังกล่าวพบว่าร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง อีกทั้ง กำธร สถิรกุล (2515) ได้อธิบายถึงระยะห่างระหว่างอักษร ว่าหากข้อความมีระยะห่างระหว่างอักษรที่มากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ผู้อ่านต้องใช้เวลาอ่านนานหรือยากขึ้น ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยระยะห่างระหว่าง mnopq ได้ถูกขยาย 8 พอยต์



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ระยะห่างระหว่างอักษรขยายเป็น 8 พอยต์

ข) การบีบ 3.4 พอยต์ คือ การลดระยะห่างระหว่างอักษร โดยลดระยะห่างด้านขวาของภาพอักษรจนเหลือ 3.4 เนื่องจากการบีบระยะห่างระหว่างอักษรในระดับ 3.4 พอยต์ เป็นการบีบระยะห่างระหว่างอักษรที่น้อยสุดที่ทำให้อักษรติดกันเพื่อป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ โดย Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้อธิบายถึงขั้นตอนในการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ ว่าโปรแกรมโอซีอาร์จะใช้ระยะห่างระหว่างอักษรในการแบ่งตัวอักษร (Segmentation) แล้วนำไปจำแนกเพื่อระบุว่าเป็นอักษรอะไรต่อไป และเพื่อป้องกันการโจมตีดังกล่าว การยุบระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) อันหมายถึงการลดระยะห่างจนไม่เหลือระยะห่างระหว่างอักษร จึงเป็นเทคนิคหนึ่งในการป้องกันการแบ่งตัวอักษรของโปรแกรมโอซีอาร์ (The anti-segmentation techniques) อีกทั้ง El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายว่าโปรแกรมโอซีอาร์จะมีโอกาสอ่านอักษรที่ถูกบีบจนติดกัน (Connected characters) ได้ผิดพลาดสูง ตัวอย่างเช่น โปรแกรมโอซีอาร์อาจอ่าน th เป็นอักษร m เป็นต้น ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ ระยะห่างระหว่าง rstuv ได้ถูกบีบลง 3.4 พอยต์

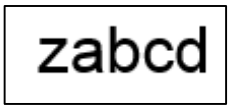
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ระยะห่างระหว่างอักษรบีบจนเหลือ 3.4 พอยต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ

ตำแหน่งอักษร (Position) หมายถึง ตำแหน่งที่ใช้วางตัวอักษรของแคปท์ชาข้อความในแนวตั้ง ทั้งนี้การเลื่อนตำแหน่งอักษรคือการเลื่อนอักษรขึ้นลงในแนวตั้ง ดังนั้นการกำหนดค่าของตัวแปรนี้จึงเป็นข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) ที่สามารถจำแนกออกได้สองค่า ได้แก่ (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้นและต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน มีรายละเอียดดังนี้

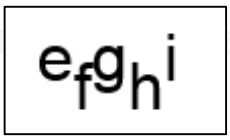
ก) ตำแหน่งปกติ คือ ตำแหน่งอักษรอยู่ที่เส้นบรรทัด โดยไม่มีการเลื่อนตำแหน่งอักษรขึ้นหรือลงในแนวตั้ง เนื่องจากตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่วางบนเส้นบรรทัดปกติ เป็นตำแหน่งที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยกำธร สถิรกุล (2515) อธิบายว่าตำแหน่งอักษรปกติที่เส้นบรรทัด เรียงกันเป็นแนวเส้นบรรทัด เป็นตำแหน่งที่เข้าใจหรืออ่านได้ง่ายกว่าตำแหน่งที่เลื่อนขึ้นลงกว่าเส้นบรรทัด ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยตำแหน่งอักษร zabcd เป็นตำแหน่งปกติ



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ตำแหน่งอักษรปกติ

ข) ยกขึ้นและต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน คือ การปรับตำแหน่งยกขึ้นและต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน เนื่องจากการยกขึ้นและต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน เป็นตำแหน่งอักษรที่สามารถรอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ โดย El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายถึงตำแหน่งที่ยกอักษรขึ้นและต่ำลงว่าจะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์จำแนกอักษรพิมพ์เล็กกับพิมพ์ใหญ่ได้ยากขึ้น อันเป็นผลให้การโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทำได้ยากขึ้น สอดคล้องกับ Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้กล่าวสนับสนุนว่าแคปท์ชาข้อความควรออกแบบให้มีลักษณะยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันเป็นคลื่น (Waving the captcha) โดยให้เหตุผลว่าจะช่วยเพิ่มความยากของการอ่านอักษรให้กับโปรแกรมโอซีอาร์ในการหาจุดตัด (Cut points) ระหว่างอักษรเมื่อมีการยุบหรือลดระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) ทั้งนี้การยกขึ้นหรือต่ำลงในระดับ 5 พอยต์นั้น Chellapilla et al. (2005) พบว่ายังเป็นระดับสูงสุดที่มนุษย์สามารถอ่านได้โดยง่ายอีกด้วย ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ ตำแหน่งอักษร efghi ได้ถูกยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน โดยที่ e, g และ i ยกขึ้น 5 พอยต์ และ f และ h ต่ำลง 5 พอยต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ตำแหน่งอักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

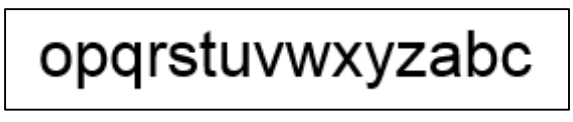
3. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ หมายถึง จำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความ (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) ดังนั้นการกำหนดค่าจึงเป็นแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยจำแนกออกได้สองค่า ได้แก่ (1) ห้าตัวอักษร และ (2) สิบห้าตัวอักษร มีรายละเอียดดังนี้

ก) ห้าตัวอักษร คือ แคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าอักษร เนื่องจากแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร เป็นจำนวนอักษรที่มนุษย์สามารถตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องโดยง่าย โดย Miller (1956) ได้นำเสนอทฤษฎี Miller's law อันเป็นทฤษฎีจิตวิทยาของจำนวนอักษรที่เหมาะสมที่มนุษย์สามารถจดจำและประมวลผลข้อมูลได้ดี คือเจ็ดบวกหรือลบสองอักษร อันหมายถึงห้าถึงเก้าอักษร โดย Miller (1956) ได้ยกตัวอย่างการทดลองให้หน่วยทดลองจดจำคำห้าอักษร กับสิบห้าอักษร ผลปรากฏว่า หน่วยทดลองสามารถจดจำคำห้าอักษรได้ แต่ไม่สามารถจดจำคำสิบห้าอักษรได้ ทั้งนี้ Miller (1956) ยังไม่ได้อธิบายถึงเหตุผลที่แตกต่างกันระหว่างสองจำนวนที่ได้กล่าวไว้อย่างชัดเจน อีกทั้ง Yan and El Ahmad (2008) ได้อธิบายถึงจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความว่า หากมีจำนวนที่น้อย (ในที่นี้คือห้าตัวอักษร) จะทำให้มนุษย์ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องโดยง่าย แต่ถ้าหากมีจำนวนที่มาก (ในที่นี้คือสิบห้าตัวอักษร) จะทำให้มนุษย์ตอบได้ยากขึ้น ภาพที่ 3.5 แสดงตัวอย่างจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ jklmn ที่ใช้ทั้งสิ้นห้าตัวอักษร

ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรเป็นห้าอักษร

ข) สิบห้าตัวอักษร คือ แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าอักษร เนื่องจากแคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร เป็นจำนวนอักษรที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ โดย Yan and El Ahmad (2008) ได้อธิบายถึงจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ หากมีจำนวนที่น้อย (ในที่นี้คือห้าตัวอักษร) จะทำให้รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ยาก แต่ถ้าหากมีจำนวนที่มาก (ในที่นี้คือสิบห้าตัวอักษร) จะทำให้รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ง่ายขึ้น อีกทั้ง Rice et al. (1993) พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์จะมีความแม่นยำในการอ่านต่ำ เมื่อจำนวนอักษรในเอกสารออนไลน์มีมาก ภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ opqrstuvwxyzabc มีสิบห้าตัวอักษร

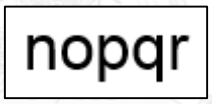


ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรเป็นสิบห้าอักษร

4. คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง ในที่นี้หมายถึง การจับคู่กันระหว่างสีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้มีแคปท์ชาที่มนุษย์สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและยังทนทานต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ ดังนั้นการกำหนดค่าของตัวแปรนี้จึงเป็นแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) โดยจำแนกออกได้สองค่า ได้แก่ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน มีรายละเอียดดังนี้

ก) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว เนื่องจากเป็นคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์อ่านได้ง่าย โดย Tinker and Paterson (1931) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน โดยใช้วิธีวัดความเร็วในการอ่าน พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่อ่านง่ายที่สุด อีกทั้ง Ling and Schaik (2002) พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าคู่สีอื่น ๆ ภาพที่ 3.7 แสดงตัวอย่างแคปท์ชาข้อความอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว nopqr



ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เนื่องจากในส่วนของคู่สีที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์นั้น แม้ Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าแคปท์ชาข้อความที่มีการใช้สีทั้งอักษรและพื้นหลัง จะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เนื่องจากโปรแกรมโอซีอาร์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการรับรู้สีที่ต่ำ แต่ผู้วิจัยยังไม่พบงานวิจัยเชิงประจักษ์ในอดีตของคู่สีที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ที่มาพิจารณา พบเพียงขั้นตอนวิธีการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ที่จะเปลี่ยนภาพเป็นขาวดำ และใช้อักษรสีดำและพื้นหลังสีขาวเป็นหลักเท่านั้น (Bursztein, Martin, et al., 2011; Chandavale et al., 2009) แต่เป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ทำให้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เป็นคู่สีที่ขัดแย้งกับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ อีกทั้งยังเป็นคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์อ่านได้ง่าย โดย Debernardis et al. (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน พบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่อ่านได้เร็วที่สุด อีกทั้งกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2535) ยังพบว่า

อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่หน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างแคปท์ชาข้อความอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน stuvw และใช้สีน้ำเงินรหัส #0000FF โดยที่ตารางที่ 3.1 คือรูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 16 เงื่อนไขตามสี่ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และภาคผนวก ข แสดงตัวอย่างแคปท์ชาข้อความทั้ง 16 รูปแบบ

ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

ขั้นตอนการสร้างแคปท์ชาข้อความตามเงื่อนไขของตัวแปรอิสระ (Independent Variable) มีดังนี้ (1) กำหนดรูปแบบแคปท์ชาข้อความจากจำนวน 16 เงื่อนไข (2) เปิดโปรแกรม Microsoft Word 2013 (3) สุ่มจำนวนอักษรตามเงื่อนไขและตรวจสอบการสะกดคำที่ไม่มีความหมายในพจนานุกรม แล้วบันทึกเก็บไว้ในฐานข้อมูล (4) นำอักษรดังกล่าวมาบิดเบือนตามเงื่อนไขที่กำหนดในกล่องข้อความขนาด 12.11*1.61 cm (457*60 px) และ (5) บันทึกกล่องข้อความเป็นไฟล์รูปภาพเจเพ็ก (JPEG) กำหนดชื่อโดยใช้เลขเงื่อนไขและเลขลำดับ เช่น 0101.jpg

เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบแคปท์ชาข้อความด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2013 จึงจำเป็นต้องสร้างแคปท์ชาข้อความจากฝั่ง Server ที่มีโปรแกรมดังกล่าวและการสร้างแคปท์ชาข้อความด้วยโปรแกรมดังกล่าวจะทำให้ Server ทำงานหนักและใช้เวลาค่อนข้างยาวนาน จึงไม่เหมาะที่จะสร้างแคปท์ชาข้อความใหม่ทุกครั้งเมื่อเริ่มการทดลอง เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกสร้างแคปท์ชาข้อความตามเงื่อนไขในการทดลองไว้เก็บไว้ในฐานข้อมูลล่วงหน้า พร้อมสำหรับการทดสอบเมื่อเริ่มการทดลอง

ตารางที่ 3.1 รูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 16 เงื่อนไข

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	ระยะห่างระหว่างอักษร		ตำแหน่งอักษร		จำนวนอักษร		คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง	
	ขยาย 8 พอยต์	บีบ 3.4 พอยต์	ตำแหน่งปกติ	ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน	ห้าตัวอักษร	สิบห้าตัวอักษร	อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว	อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน
1	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-
2	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓
3	✓	-	✓	-	-	✓	✓	-
4	✓	-	✓	-	-	✓	-	✓
5	✓	-	-	✓	✓	-	✓	-
6	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓
7	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-
8	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓
9	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-
10	-	✓	✓	-	✓	-	-	✓
11	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-
12	-	✓	✓	-	-	✓	-	✓
13	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-
14	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓
15	-	✓	-	✓	-	✓	✓	-
16	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่เหมาะสมจะต้องเป็นแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์เข้าใจและโต้ตอบได้ถูกต้อง แต่โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีได้หรือโจมตีได้ยาก ดังนั้นการตรวจสอบความสามารถของแคปท์ชาข้อความเมื่อมีรูปแบบต่าง ๆ กัน 16 เงื่อนไข ตามสี่ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 จึงสามารถกระทำได้กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) สองตัวแปร ได้แก่ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา (Robustness Rate of CAPTCHA) มีรายละเอียดดังนี้

1. อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate)

อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) หมายถึง การที่ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง ในที่นี้ การตอบแคปท์ชาข้อความ คือการที่ผู้ใช้สามารถระบุอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง จนสามารถเข้าใช้บริการของเว็บไซต์ได้ โดยวัดจากสัดส่วนของจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (Yan & El Ahmad, 2008; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) (สูตรการคำนวณอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จะแสดงในหัวข้อกรอบการวิเคราะห์ข้อมูล)

การออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์ที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) ให้อยู่ในความสนใจ (Interest) ของหน่วยทดลอง จะช่วยให้หน่วยทดลองมีทัศนคติที่ดีต่อเว็บไซต์ และช่วยให้หน่วยทดลองสามารถรับรู้ถึงการตอบสนองของเว็บไซต์ได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ผลการทดสอบการยืนยันความเป็นมนุษย์ของหน่วยทดลองมีความเชื่อถือได้ (Reliability) และความถูกต้อง (Validity) (กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์, 2528; ขวัญหทัย สันติบุตร, 2549)

ผู้วิจัยจึงออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) เนื่องจากการกำหนดให้เลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) นั้นยังคงอยู่ในความสนใจ (Interest) ของหน่วยทดลองในการศึกษานี้ โดยผลสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยจำแนกตามกลุ่มอายุเดียวกันกับหน่วยทดลอง (15-24 ปี) พบว่ามีการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาข้อมูลมากที่สุด และรองลงมาคือเพื่อดาวน์โหลด (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556) และเมื่อสำรวจข้อมูลสถิติคำค้นหาที่มีปริมาณการค้นหาเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2556 ที่ผ่านมาจากเว็บไซต์ Google พบว่าคำค้นหาห้าอันดับแรก ได้แก่ เดี่ยว 10 คุณชายพุฒิภัทร พี่มากพระ

โขนง ฮอร์โมนวัยว้าวุ่น และทองเนื้อเก้า ตามลำดับ อันเป็นกลุ่มของภาพยนตร์และละครโทรทัศน์ทั้งสิ้น (Google Inc, 2556) ดังนั้นเมื่อหน่วยทดลองสนใจดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์เรื่องใด เว็บไซต์ดังกล่าวจะแสดงแคปท์ชาข้อความให้หน่วยทดลองกรอกข้อความตามแคปท์ชาข้อความที่หน่วยทดลองได้เห็นก่อนดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ (Trailer) ขึ้นใหม่โดยใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) ด้วย Microsoft Visual Studio.NET 2010 และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล Microsoft Access 2013 เว็บไซต์ดังกล่าวจะแสดงตัวอย่างภาพยนตร์ให้ดาวน์โหลด เมื่อหน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ที่จะดาวน์โหลดแล้ว เว็บไซต์จะแสดงแคปท์ชาข้อความให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาข้อความ เมื่อผู้ใช้ตอบแคปท์ชาข้อความแล้วเว็บไซต์จึงแสดงลิงค์สำหรับให้ดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์

ทั้งนี้การออกแบบเว็บไซต์จะแตกต่างเฉพาะรูปแบบของแคปท์ชาข้อความตาม 16 เงื่อนไขในตารางที่ 3.1 และเพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของแคปท์ชาข้อความไว้ให้เหมือนกันทั้ง 16 เงื่อนไขดังนี้ (1) ใช้แบบอักษร Arial เนื่องจากเป็นแบบอักษรที่อ่านได้ง่าย และพบบ่อยที่สุดบนเว็บไซต์ (Bernard et al., 2003) (2) มีขนาด 24 พอยต์ เนื่องจากเป็นขนาดที่เห็นได้ชัดเจน และหน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด (Kingery & Furuta, 1997) (3) ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็ก a-z โดยไม่รวมตัวเลขและอักขระอื่น ๆ เนื่องจากเป็นชุดอักษรที่หน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ และชุดอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก อีกทั้งเพื่อลดความสับสนของอักษรที่มีลักษณะคล้ายกับตัวเลขหรืออักขระ (Yan & El Ahmad, 2008; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) และ (4) คำที่ประกอบเป็นแคปท์ชาจะเป็นในลักษณะที่อ่านไม่ได้ (Unreadable) อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่ไม่มีความหมายในพจนานุกรม เนื่องจากเป็นวิธีการหนึ่งที่จะลดความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยการสุ่มเดาจากคำในพจนานุกรม (Yan & El Ahmad, 2008)

2. อัตราความทนทานของแคปท์ชา (Robustness Rate of CAPTCHA)

อัตราความทนทานของแคปท์ชา (Robustness Rate of CAPTCHA) หมายถึงความสามารถของแคปท์ชาข้อความในการป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ ในที่นี้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ คือการกำหนดให้โปรแกรมโอซีอาร์ตอบแคปท์ชาข้อความ (แทนการอ่านทั่วไปของมนุษย์) โดยวัดจากจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ที่ไม่ถูกต้องต่อจำนวนการโจมตี

แคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทั้งหมด (El Ahmad et al., 2011; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) ทั้งนี้การคำนวณอัตราความทนทานของแคปท์ชาจะแสดงในหัวข้อกรอบการวิเคราะห์ข้อมูล

ภายหลังการทดลองจบลง ผู้วิจัยจะนำแคปท์ชาข้อความชุดเดียวกันทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง มาทดสอบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ด้วยโปรแกรม OmniPage Professional 18 เนื่องจากผู้วิจัยได้มีลิขสิทธ์ของซอฟต์แวร์โอซีอาร์ดังกล่าว อันเป็นซอฟต์แวร์โอซีอาร์ที่ได้รับการยอมรับ จากผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์ของเว็บไซต์ Toptenreviews (Purch Inc., 2014) ในปี ค.ศ. 2011 โดยที่ในปี ค.ศ. 2014 ยังพบว่า OmniPage Professional 18 ยังมีคุณสมบัติในด้านความถูกต้องของการอ่านคำ (Word Accuracy) ที่เหมาะต่อการทดลองนี้ (Nuance Communications, 2011)

สาเหตุที่ผู้วิจัยไม่เลือก Captcha Solver อันหมายถึงบอตที่พัฒนาขึ้นเพื่อโจมตีแคปท์ชาข้อความในการทดลอง เนื่องมาจาก Captcha Solver คือบอตของผู้ไม่ประสงค์ดีที่พัฒนาขึ้นมาไม่มีจัดจำหน่ายโดยทั่วไป อีกทั้งผู้วิจัยยังไม่พบ Captcha Solver ที่ดูปลอดภัยและน่าเชื่อถือ และ Captcha Solver ที่มีให้ดาวน์โหลดฟรีโดยทั่วไปนั้น อาจเป็นซอฟต์แวร์เถื่อนที่แฝงไปด้วยโปรแกรมมัลแวร์ของผู้ไม่ประสงค์ดี หากนำมาใช้อาจเป็นอันตรายต่อระบบและข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ (ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย, 2557) ด้วยเหตุนี้ซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์ที่มีประสิทธิภาพจึงยังคงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งหมด ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การควบคุมการทดลองให้ได้ข้อมูลที่ดีสำหรับนำไปสู่ผลสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือได้ จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ (Constant) ได้แก่ ลักษณะของแคปท์ชาข้อความ ความเร็วในการประมวลผล การกำหนดหน่วยทดลอง และเว็บไซต์ที่ใช้นำเสนอแคปท์ชาข้อความให้เหมือน ๆ กัน รายละเอียดจะแสดงไว้ในหัวข้อ 3.6 ประเด็นของความเชื่อถือได้ (Reliability) และความถูกต้อง (Validity)

3.4 วิธีการเก็บข้อมูล

เมื่อได้กำหนดรายละเอียดของกระบวนวิธีการเก็บข้อมูลไว้แล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์เพื่อเก็บข้อมูลในการทดลองนี้ รายละเอียดที่นำเสนอในวิธีการเก็บข้อมูลจึงเป็นการกล่าวถึงเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ข้างต้น การ

นำเสนอประกอบด้วยขั้นตอนการเก็บข้อมูลของหน่วยทดลอง เว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

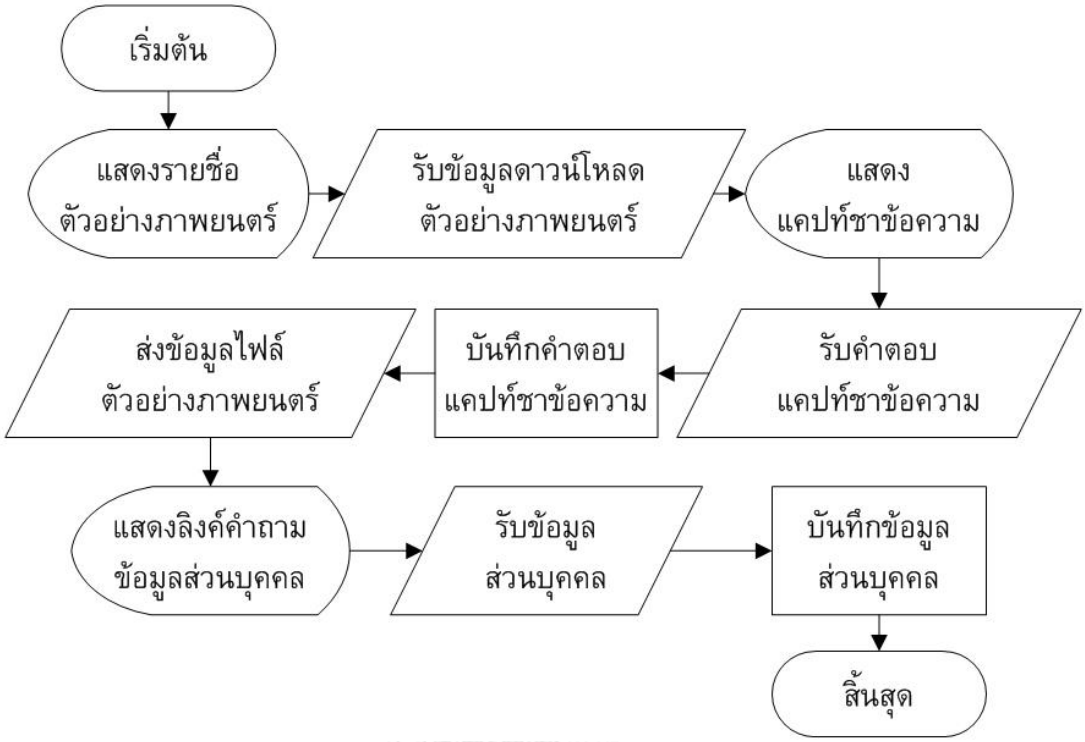
1. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลของหน่วยทดลอง

การเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ทำในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ โดยเลือกหน่วยทดลองจากนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จำนวนอย่างน้อย 320 คน สำหรับเป็นหน่วยทดลองอย่างน้อยกลุ่มละ 20 คน สำหรับทั้งสิ้น 16 เงื่อนไขของการทดลอง

ในวันที่นัดหมาย ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยได้แจกใบงาน (ตัวอย่างของใบงานอยู่ในภาคผนวก ก) เพื่อให้หน่วยทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ พร้อมกับอธิบายโดยสรุปเกี่ยวกับระบบ แต่ไม่อธิบายวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการทดลอง เพราะหากหน่วยทดลองทราบวัตถุประสงค์ก่อนการทดลอง อาจส่งผลให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้ (Nielsen & Pernice, 2009) เนื่องจากหน่วยทดลองจะตั้งใจตอบแคปท์ชาข้อความมากขึ้นกว่าปกติ ส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงขึ้นกว่าปกติ ดังนั้นหน่วยทดลองจะทราบแต่เพียงว่าเป็นการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ โดยขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบงานมีวัตถุประสงค์เพื่อให้หน่วยทดลอง (1) เข้าเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง (2) ได้รับเงื่อนไขของการทดลองตามที่กำหนด (3) เลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์หนึ่งตัวอย่าง และ (4) ตอบคำถามส่วนบุคคล (Demographies)

ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขของการทดลองไว้ในใบงานตั้งแต่เริ่มเข้าเว็บไซต์ โดยจะกำหนดไว้ในลิงค์ที่แตกต่างกัน 16 เงื่อนไข ลักษณะของเว็บไซต์ทั้ง 16 เงื่อนไขจะเหมือนกัน ทว่าจะแตกต่างกันที่เงื่อนไขของแคปท์ชาข้อความ

เมื่อหน่วยทดลองเข้าเว็บไซต์ ดังภาพที่ 3.10 แล้วเลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ที่หน่วยทดลองต้องการตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบงาน ระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ที่พัฒนาขึ้นจะแสดงหน้าเว็บที่มีแคปท์ชาข้อความ ดังตัวอย่างภาพที่ 3.12 เพื่อให้หน่วยทดลองกรอกข้อความตามที่ปรากฏของแคปท์ชาข้อความ โดยระบบจะตรวจสอบความถูกต้องของการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลอง แต่ระบบจะไม่แจ้งให้หน่วยทดลองทราบ จากนั้นระบบจะบันทึกผลการตอบของหน่วยทดลองลงในฐานข้อมูล และอนุญาตให้หน่วยทดลองดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ได้ โดยที่การดาวน์โหลดหนึ่งเรื่อง จะใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณห้าวินาที หลังจากดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์เสร็จ ระบบจะแสดงลิงค์ เพื่อให้หน่วยทดลองคลิกเพื่อตอบคำถามส่วนบุคคล ทั้งนี้ขั้นตอนในใบงานสามารถแสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง

ข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง เป็นข้อมูลที่เก็บจากหน่วยทดลองเพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล มี 5 คำถาม ได้แก่ (1) เพศ อันได้แก่ ชาย หรือ หญิง (2) หลักสูตร อันได้แก่ บัญชีบริหารธุรกิจ หรือ สถิติ (3) อายุ อันได้แก่ (ก) ต่ำกว่า 20 ปี หรือ (ข) 20 ปีขึ้นไป (4) ปัญหาเกี่ยวกับสายตา อันได้แก่ (ก) สายตาสั้น (ข) สายตายาว หรือ (ค) สายตาเอียง และ (5) วิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายตา อันได้แก่ (ก) ใส่แว่น (ข) ใส่คอนแทคเลนส์ หรือ (ค) ไม่มีปัญหา เนื่องจาก Bursztein et al. (2010) พบว่าผู้ใช้ที่มีอายุมากจะมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ได้สูงกว่าผู้ใช้ที่มีอายุยังน้อย ทั้งนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ได้เก็บข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความ โดยจำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลอง พบว่าหน่วยทดลองที่มีสายตาเอียงจะมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ต่ำที่สุด แต่ยังไม่มีนัยสำคัญ อีกทั้งยังเปรียบเทียบกลุ่มที่มีสายตาปกติ และกลุ่มที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา (ได้แก่ สายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง) พบว่ากลุ่มที่มีสายตาปกติมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่ากลุ่มที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา แต่ยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญ สอดคล้องกับ กำธร สถิรกุล (2515) ที่กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพิจารณาว่าสิ่งใดอ่านยากอ่านง่าย คือ ความ

บกพร่องทางสายตา และนอกจากนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ยังพบว่า การใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น เป็นสิ่งที่ช่วยให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบอัตราดังกล่าวอยู่นอกเหนือขอบเขตของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) นอกจากนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ยังได้เก็บข้อมูลเพศ และหลักสูตรของหน่วยทดลอง ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลดังกล่าวจากหน่วยทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์ภายหลัง

เนื่องจากการทดลองมีสีน้ำเงินมาเกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษากรณีของโรคตาบอดสีน้ำเงิน พบว่า ผู้ที่ป่วยเป็นโรคตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanopia) จะมองเห็นสีน้ำเงินเป็นสีเขียวอมฟ้าเข้ม และจะมองเห็นสีขาวได้ตามปกติ (Fluck, 2006) ทำให้ไม่มีผลต่อการทดลองเพื่อยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน อีกทั้งการทดสอบตาบอดสีโดยทั่วไป จะเป็นการทดสอบตาบอดสีเฉพาะสีแดงและสีเขียวเท่านั้น (Fluck, 2006; Ishihara, 1972) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้เก็บข้อมูลตาบอดสีน้ำเงินจากหน่วยทดลอง

การเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จะเกิดขึ้นหลังการเก็บข้อมูลอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ในแต่ละกลุ่มการทดลองเสร็จสิ้นลง เนื่องจากผู้วิจัยต้องการใช้แคปท์ชาข้อความเดียวกันกับที่ใช้กับหน่วยทดลอง การที่ผู้วิจัยควบคุมการเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความตามที่กล่าวมานั้น เพื่อให้ผลสรุปที่กระจ่างถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นเมื่อการทดลองในแต่ละกลุ่มเสร็จสิ้นลง ผู้วิจัยจะนำแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้ตอบในระหว่างการทดลองนั้น มาทดสอบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ด้วยโปรแกรม OmniPage Professional 18 ที่เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ มาโจมตีแคปท์ชาข้อความที่เป็นแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้ใช้

2. เว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์

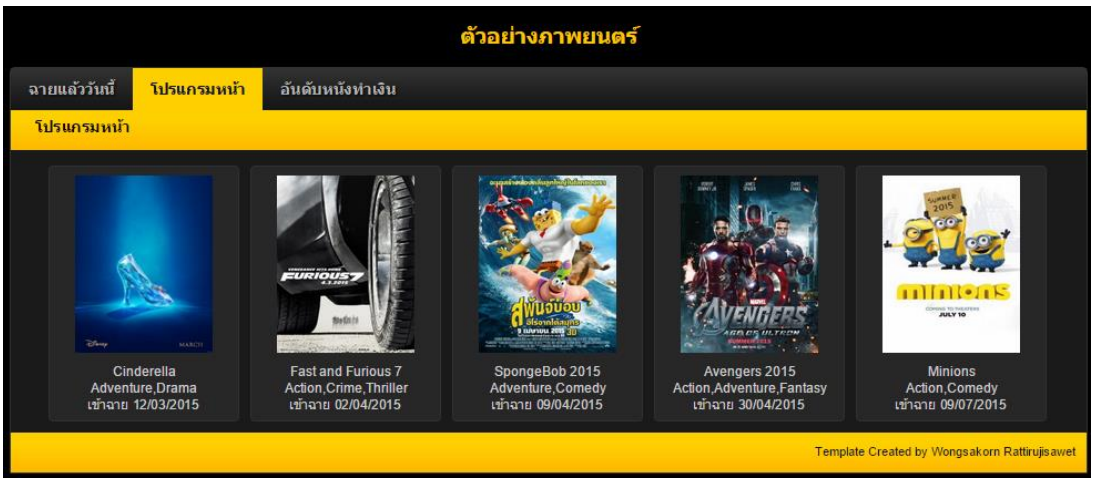
จากขั้นตอนการเก็บข้อมูลของหน่วยทดลอง เมื่อเริ่มต้นเว็บไซต์จะแสดงรายชื่อ รูปภาพประเภท และวันที่เข้าฉายของภาพยนตร์ มีตัวอย่างภาพยนตร์จำนวนรวมทั้งสิ้นประมาณ 60 เรื่อง เป็นข้อมูลภาพยนตร์ที่กำลังเข้าฉายและมีกำหนดจะเข้าฉายเร็ว ๆ นี้ โดยอ้างอิงข้อมูลทั้งหมดจาก Major Cineplex (Major Cineplex Group Plc, 2557) แบ่งออกเป็นสามหมวด ได้แก่ (1) ฉายแล้ววันนี้ คือหมวดที่แสดงภาพยนต์ที่กำลังฉายอยู่ในขณะนั้น เรียงลำดับตามวันที่เข้าฉายจากหลังไปก่อน ภาพที่ 3.10 แสดงตัวอย่างภาพยนต์ในหมวดฉายแล้ววันนี้จำนวน 5 เรื่อง (2) โปรแกรมหน้า คือ หมวดที่แสดงภาพยนต์ที่มีกำหนดจะเข้าฉายเร็ว ๆ นี้ เรียงลำดับตามวันที่เข้าฉายจากก่อนไปหลัง ภาพที่ 3.11 แสดงภาพยนตร์ในหมวดโปรแกรมหน้าจำนวน 5 เรื่อง และ (3) อันดับหนังทำเงิน

คือหมวดที่แสดงภาพยนตร์ที่ติดอันดับได้รับความนิยมสูงสุดจากภาพยนตร์ที่กำลังฉาย เรียงลำดับตามความนิยมจากมากไปน้อย ภาพที่ 3.12 แสดงภาพยนตร์ในหมวดอันดับหนังทำเงินจำนวน 5 เรื่อง

เมื่อหน่วยทดลองเลือกตัวอย่างภาพยนตร์ที่ต้องการดาวน์โหลด เว็บไซต์จะแสดงรายละเอียดของภาพยนตร์ พร้อมลิงค์ให้หน่วยทดลองดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ ดังภาพที่ 3.13 (ในภาพนี้ สมมติให้หน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์เรื่อง Minion จากหมวดโปรแกรมหน้า)

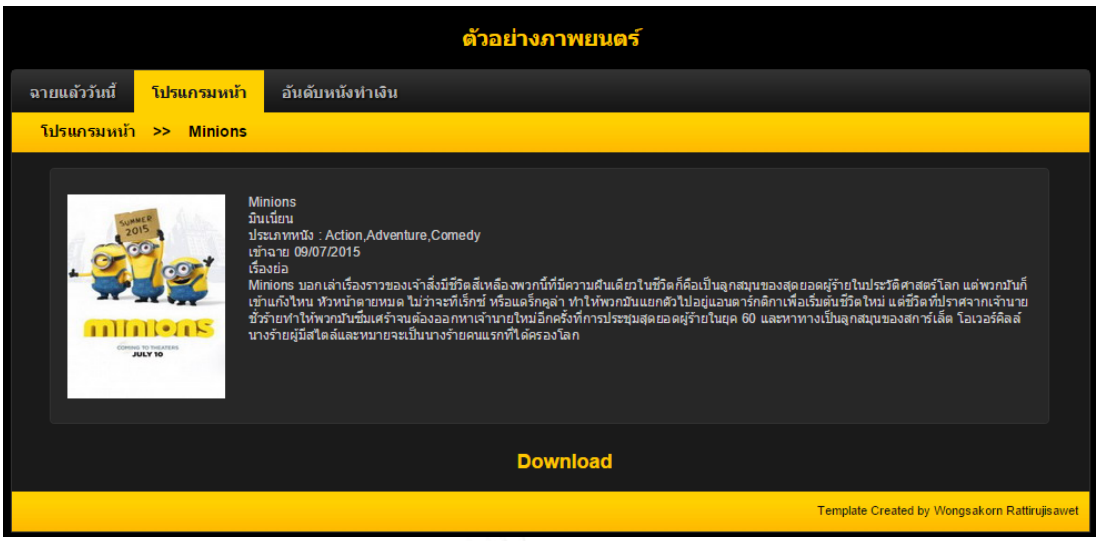
เมื่อหน่วยทดลองเลือกตัวอย่างภาพยนตร์มาดาวน์โหลดหนึ่งตัวอย่างตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในใบงาน เว็บไซต์จะแสดงแคปท์ชาข้อความเพื่อดาวน์โหลดภาพยนตร์ โดยให้หน่วยทดลองพิมพ์อักษรที่เห็นในภาพ แล้วกดปุ่มยืนยัน ดังภาพที่ 3.14 (ในรูปนี้ เป็นแคปท์ชาข้อความ yqsloejrkwmzuax ที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ (2) ตำแหน่งยกขึ้นและต่ำลงสลับกัน 5 พอยต์ (3) ใช้สิบห้าตัวอักษร และ (4) ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว)

ภาพที่ 3.10 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดฉายแล้ววันนี้

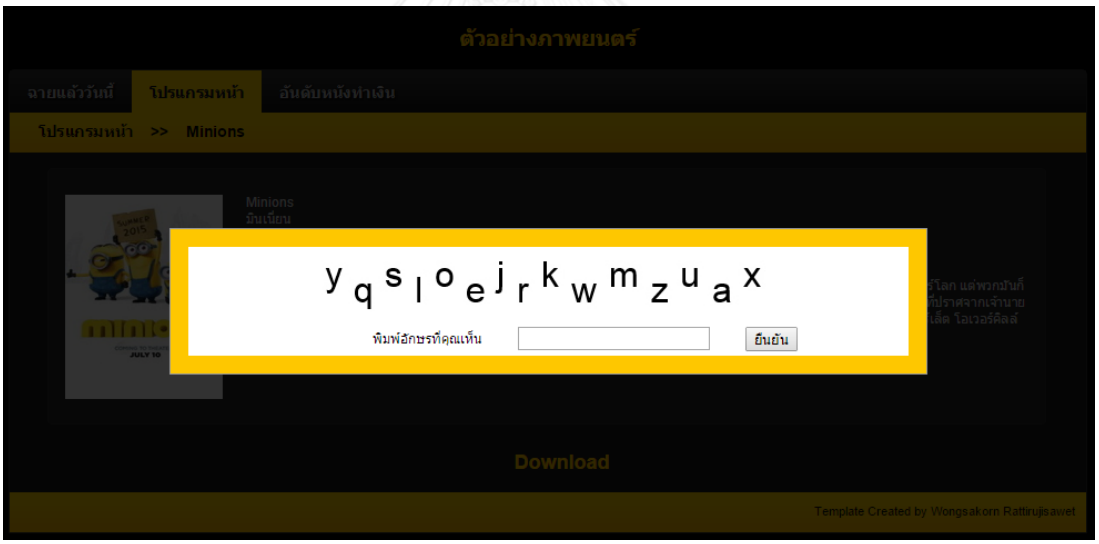


ภาพที่ 3.11 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดโปรแกรมหน้า

ภาพที่ 3.12 รายชื่อตัวอย่างภาพยนตร์ในหมวดอันดับหนังทำเงิน

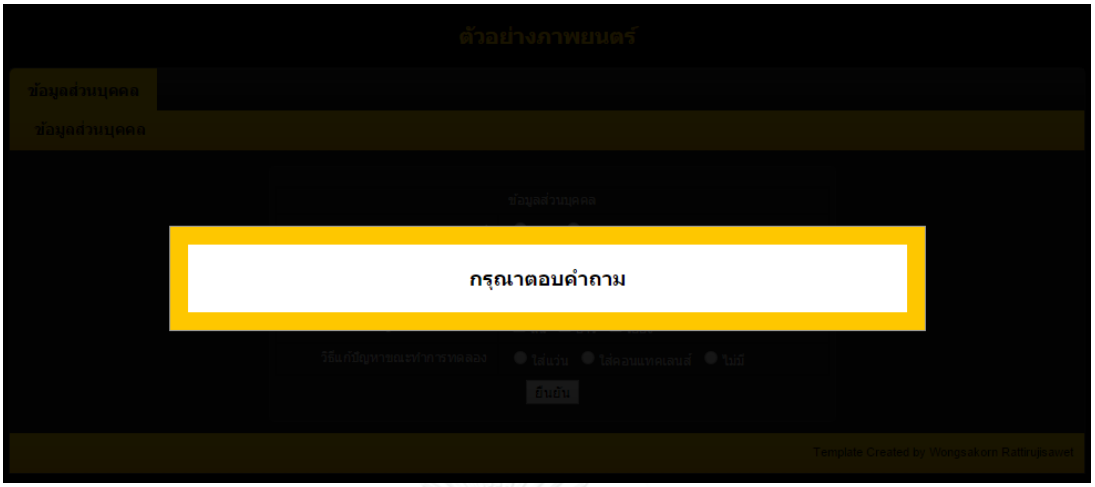


ภาพที่ 3.13 รายละเอียดของตัวอย่างภาพยนตร์



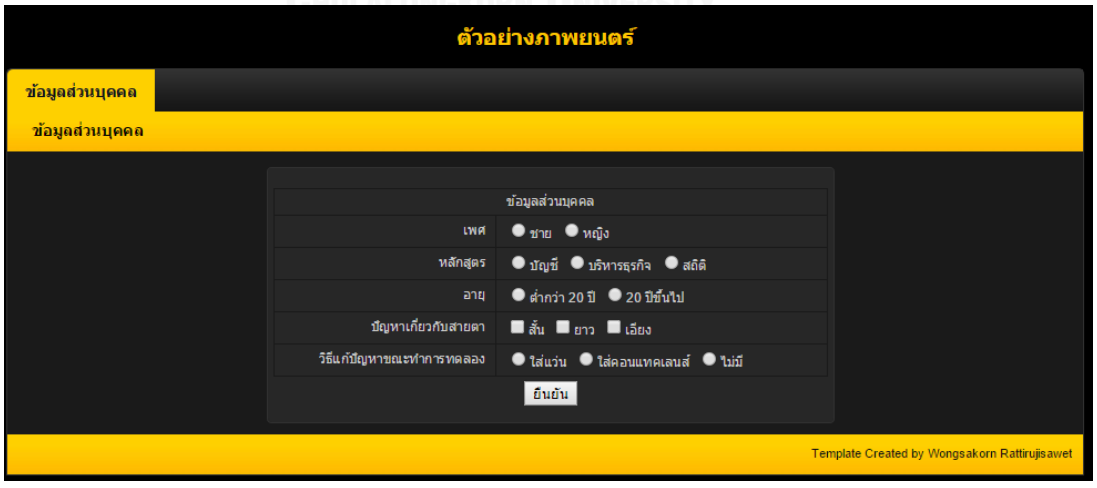
ภาพที่ 3.14 แคปท์ชาข้อความสำหรับดาวน์โหลดภาพยนตร์

เมื่อหน่วยทดลองตอบแคปท์ชาข้อความเสร็จ ระบบจะตรวจสอบคำตอบของแคปท์ชาข้อความ หลังจากนั้นการดาวน์โหลดจะเริ่มขึ้น เมื่อเสร็จหน่วยทดลองจะเห็นลิงค์เพื่อตอบคำถามส่วนบุคคล อันเป็นส่วนท้ายของการทดลอง ลิงค์ที่แสดงการไปตอบคำถามแสดงในภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ลิงค์คำถามส่วนบุคคล

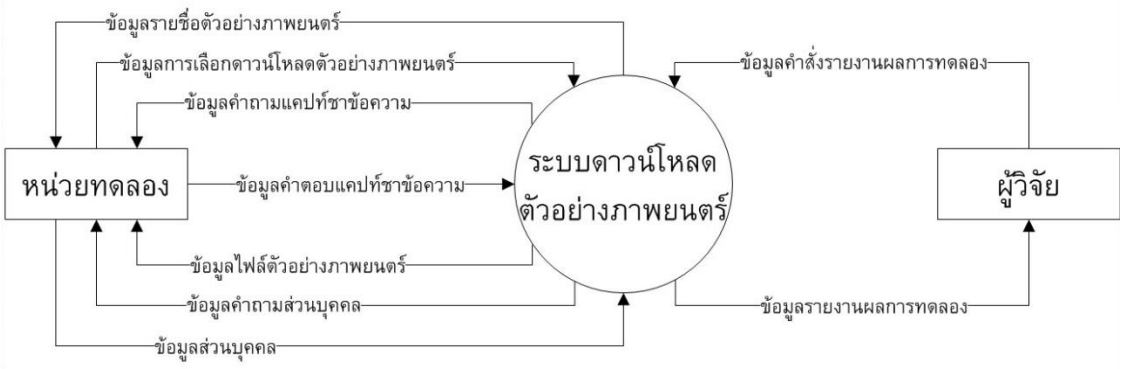
เมื่อหน่วยทดลองกดลิงค์ดาวน์โหลดภาพยนตร์ เว็บไซต์จะแสดงคำถามเพื่อเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง 5 คำถาม ได้แก่ (1) เพศ (2) หลักสูตร (3) ช่วงอายุ อันได้แก่ (ก) ต่ำกว่า 20 ปี หรือ (ข) 20 ปีขึ้นไป (4) สภาพของสายตา และ (5) วิธีแก้ปัญหาหากสายตามีปัญหา ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 รายละเอียดคำถามส่วนบุคคล

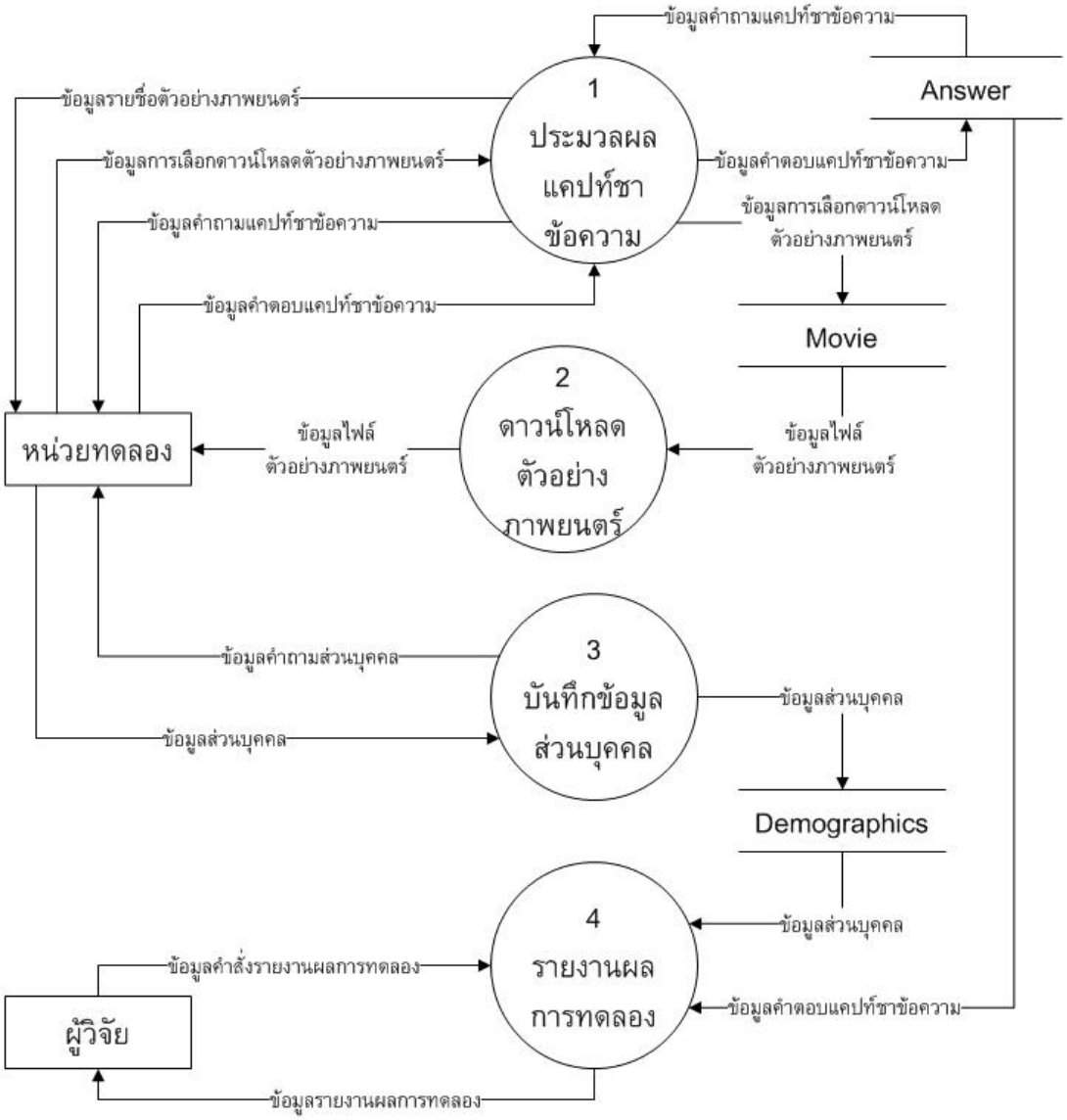
3. แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)

สำหรับการทำงานของระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความ มีรายละเอียดดังภาพที่ 3.17 ถึงภาพที่ 3.19

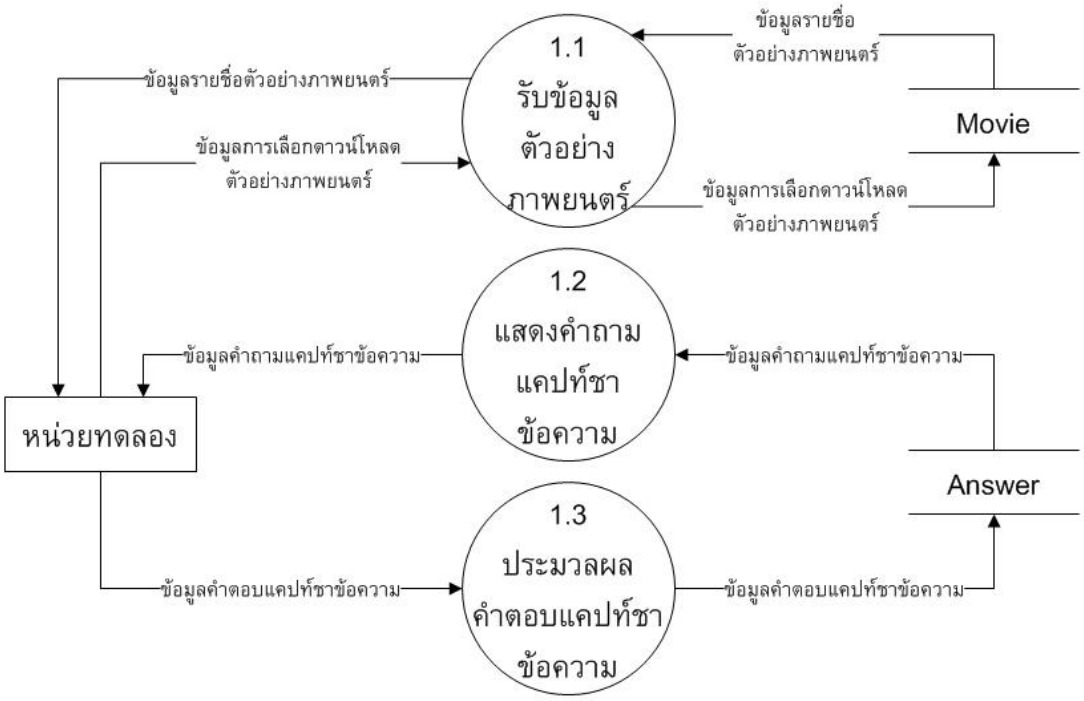


ภาพที่ 3.17 Context Diagram ของระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

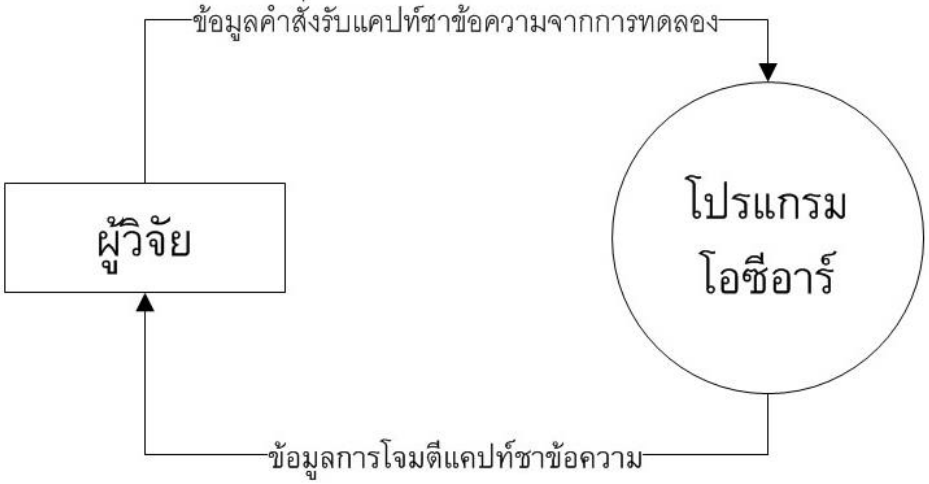


ภาพที่ 3.18 Data Flow Diagram Level 1 ของระบบดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์

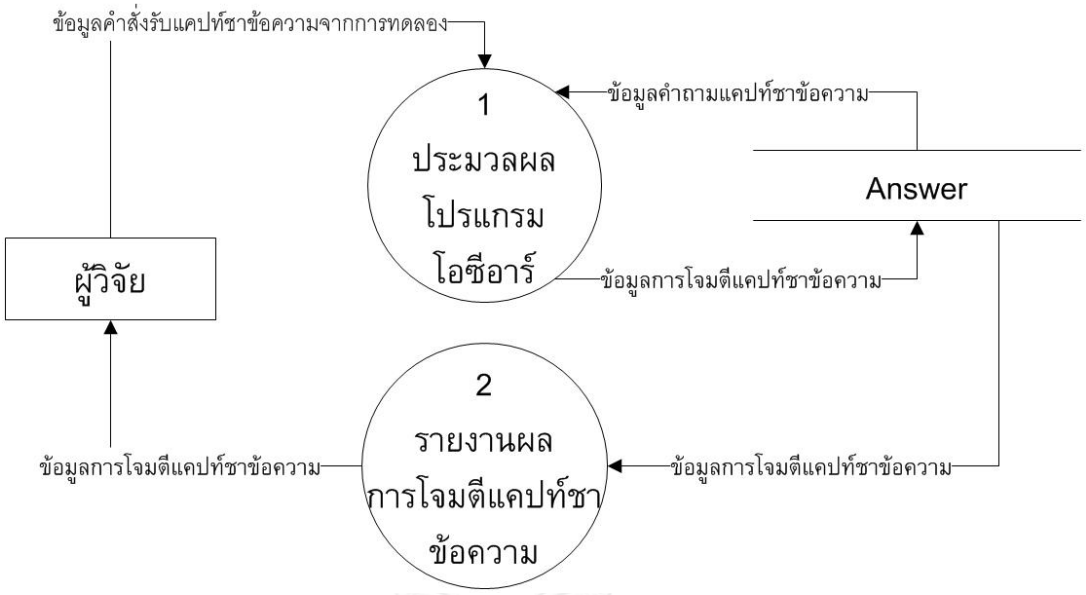


ภาพที่ 3.19 Data Flow Diagram Level 2 ของ Process 1 ประมวลผลแคปท์ชาข้อความ

สำหรับการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ เพื่อเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ มีรายละเอียดดังภาพที่ 3.20 ถึงภาพที่ 3.21



ภาพที่ 3.20 Context Diagram ของโปรแกรมโอซีอาร์

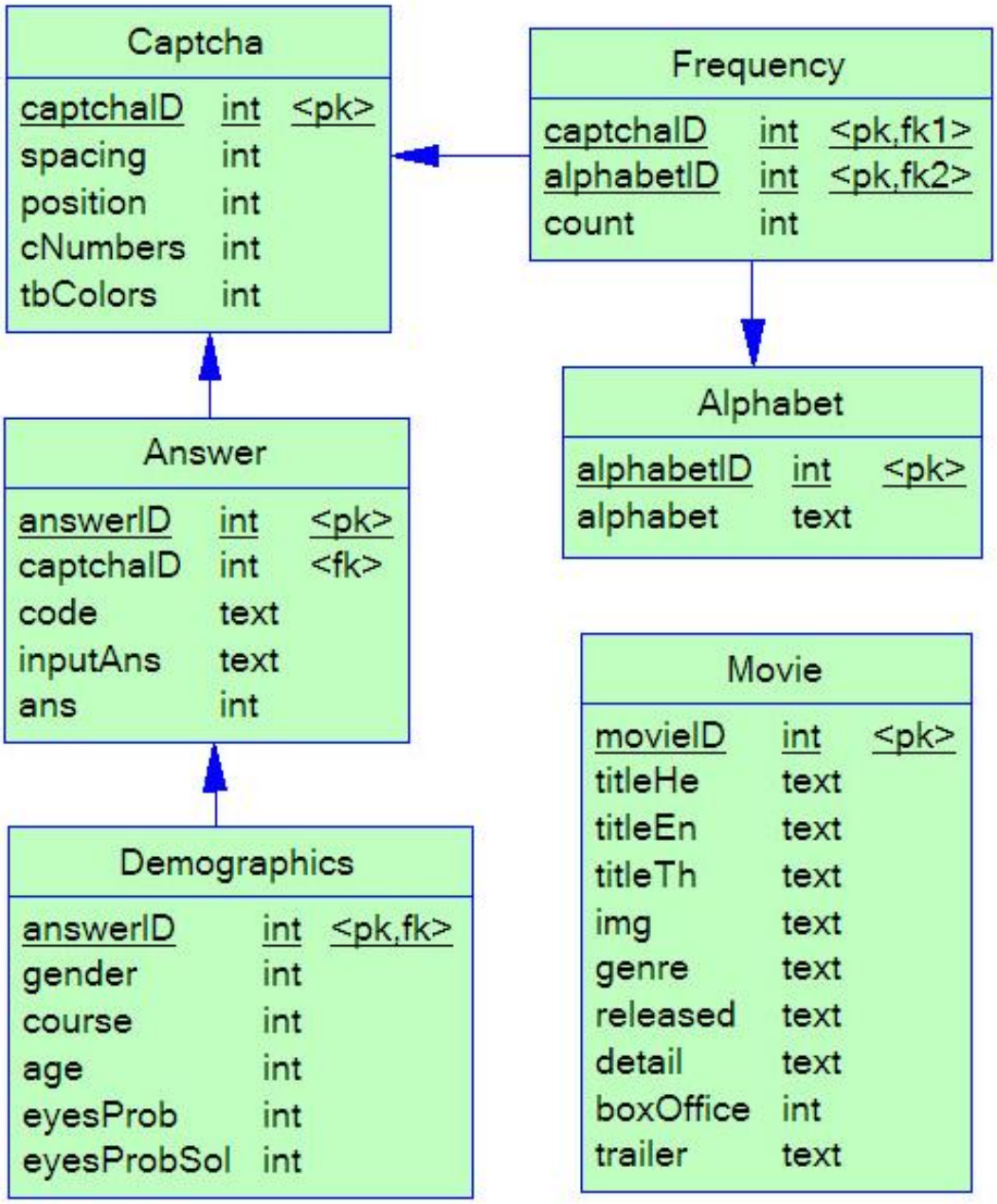


ภาพที่ 3.21 Data Flow Diagram Level 1 ของโปรแกรมโอซีอาร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)

การออกแบบฐานข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ มีรายละเอียดดังภาพที่ 3.22 และตารางที่ 3.2 ถึงตารางที่ 3.7



ภาพที่ 3.22 Physical Data Model ของระบบดาวน์โหลดภาพยนตร์

ตารางที่ 3.2 ตาราง Captcha สำหรับเก็บข้อมูลรูปแบบแคปท์ชาข้อความ

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
captchaID	รหัสรูปแบบแคปท์ชา	int	y	
text	ข้อความแคปท์ชา	text		
spacing	ระยะห่างระหว่างอักษร คือ 1 แทน ขยาย 8 พอยต์ 2 แทน บีบ 3.4 พอยต์	int		
position	ตำแหน่งอักษร คือ 1 แทน ตำแหน่งปกติ 2 แทน ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน	int		
cNumbers	จำนวนอักษร คือ 1 แทน ห้าตัว 2 แทน สิบห้าตัว	int		
tbColors	คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง คือ 1 แทน อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว 2 แทน อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน	int		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ตาราง Answer สำหรับเก็บข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
answerID	รหัสการตอบ	int	y	
captchaID	รหัสแคปท์ชา	int		y
code	แคปท์ชา	text		
inputAns	คำตอบของหน่วยทดลอง	text		
ans	สถานะคำตอบ คือ 1 แทน คำตอบถูกต้อง 2 แทน คำตอบไม่ถูกต้อง	Int		

ตารางที่ 3.4 ตาราง Movie สำหรับเก็บข้อมูลภาพยนตร์

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
movieID	รหัสภาพยนตร์	int	y	
titleHe	ชื่อภาพยนตร์อย่างสั้น	text		
titleEn	ชื่อภาพยนตร์ภาษาอังกฤษ	text		
titleTh	ชื่อภาพยนตร์ภาษาไทย	text		
img	ลิงค์รูปภาพภาพยนตร์	text		
genre	ประเภทภาพยนตร์	text		
released	วันที่เข้าฉาย	text		
detail	รายละเอียดภาพยนตร์	text		
boxOffice	อันดับภาพยนตร์ทำเงิน	int		
trailer	ลิงค์ไฟล์ตัวอย่างภาพยนตร์	text		

ตารางที่ 3.5 ตาราง Alphabet สำหรับเก็บข้อมูลตัวอักษร

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
alphabetID	รหัสตัวอักษร	int	y	
alphabet	ตัวอักษร	text		

ตารางที่ 3.6 ตาราง Frequency สำหรับแสดงความถี่ของตัวอักษร

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
freqencyID	รหัสตัวอักษร	int	y	
alphabetID	รหัสตัวอักษร	int		y
captchaID	ตัวอักษร	int		y
count	สถานการณ์แสดงตัวอักษร	int		

ตารางที่ 3.7 ตาราง Demographics สำหรับเก็บข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
answerID	รหัสการตอบ	int	y	y
gender	เพศ คือ 1 แทน เพศชาย 2 แทน เพศชาย	int		
course	หลักสูตร คือ 1 แทน บัญชีบัณฑิต 2 แทน บริหารธุรกิจบัณฑิต 3 แทน สถิติศาสตรบัณฑิต	int		
age	อายุ คือ 1 แทน ต่ำกว่า 20 ปี 2 แทน 20 ปีขึ้นไป	int		
eyesProb	ปัญหาเกี่ยวกับสายตา คือ 0 แทน สายตาปกติ 1 แทน สายตาสั้น 2 แทน สายตายาว 3 แทน สายตาเอียง	int		
eyesProbSol	วิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายตา คือ 1 แทน ใส่แว่นตา 2 แทน ใส่คอนแทคเลนส์ 3 แทน ไม่มี	int		

3.5 การทดสอบสมมติฐาน

เมื่อได้เตรียมขั้นตอนการเก็บข้อมูลในเบื้องต้นแล้ว ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐาน เพื่อสอบทานว่าค่าในระดับประชากรเป็นไปตามผลจากตัวอย่างที่ได้จากการทดลองหรือไม่ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553; สิทธิ์ ธีรสรณ์, 2552) จากวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวข้างต้น และการทบทวนงานวิจัยในอดีตทำให้ผู้วิจัยสามารถตั้งสมมติฐานจำนวนแปดสมมติฐาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ และ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

Microsoft CAPTCHA (Chellapilla et al., 2005) ได้อธิบายถึงการบิดเบือน (Distortion) ของตัวอักษรว่าการขยายระยะห่างที่ไม่เกิน 8 พอยต์ ว่าเป็นการบิดเบือนที่มนุษย์ยังสามารถอ่านได้ง่าย ผลการทดลองของการเลื่อนดังกล่าวพบว่าร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง อีกทั้งกำธร สถิรกุล (2515) ได้อธิบายถึงระยะห่างระหว่างอักษร ว่าหากข้อความมีระยะห่างระหว่างอักษรที่มากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ใช้เวลาอ่านนานหรือยากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

2. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ และ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้อธิบายถึงการลดระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) อันหมายถึงการบีบระยะห่างจนไม่เหลือระยะห่างระหว่างอักษร (อันหมายถึงบีบไปเป็นขนาด 3.4 พอยต์) ว่าเป็นเทคนิคหนึ่งในการป้องกันการแบ่งตัวอักษรของโปรแกรมโอซีอาร์ (The anti-segmentation techniques) อีกทั้ง El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายว่าอักษรที่ถูกบีบ

จนติดกัน (Connected characters) จะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์อ่านอักษรได้ผิดพลาด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ (1) ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ (2) บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

3. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

Cabibi (1973) ได้อธิบายถึงความง่ายในการอ่านว่า อักษรควรเรียงกันเป็นบรรทัด สอดคล้องกับกำธร สถิรกุล (2515) ที่อธิบายว่าตำแหน่งอักษรปกติที่เส้นบรรทัด เรียงกันเป็นแนวเส้นบรรทัด เป็นตำแหน่งที่อ่านได้ง่ายกว่าตำแหน่งที่ไม่เป็นระเบียบ ยกขึ้นต่ำลงไม่เป็นบรรทัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

4. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ และ (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายถึงตำแหน่งยกขึ้นและต่ำลงสลับกันว่าจะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์จำแนกอักษรพิมพ์เล็กกับพิมพ์ใหญ่ได้ยากขึ้น อันเป็นผลให้การโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์ทำได้ยากขึ้น อีกทั้ง Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้ให้คำแนะนำว่าควรออกแบบแคปท์ชาข้อความให้มีลักษณะตำแหน่งอักษรที่ยกขึ้นและต่ำลงสลับกัน

เป็นคลื่น (Waving the captcha) เพื่อป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (1) ตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษร (2) ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

5. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร และ (2) สิบห้าตัวอักษร

Miller (1956) ได้อธิบายทฤษฎีจิตวิทยา Miller's law ว่าวัตถุจำนวนห้าถึงเก้าอักษร เป็นจำนวนที่เหมาะสมที่มนุษย์สามารถจดจำและนำไปประมวลผลข้อมูลได้ดี อีกทั้ง Yan and El Ahmad (2008) กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงในแคปท์ชาข้อความมีน้อย จะทำให้มนุษย์เข้าใจแคปท์ชาข้อความได้ง่ายกว่าจำนวนอักษรที่มีมากกว่า ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) สิบห้าตัวอักษร

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) สิบห้าตัวอักษร

6. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร และ (2) สิบห้าตัวอักษร

Yan and El Ahmad (2008) ได้อธิบายถึงแคปท์ชาข้อความว่าหากมีจำนวนอักษรที่มากกว่า จะทำให้รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้มากกว่าจำนวนอักษรที่น้อยกว่า อีกทั้ง Rice et al. (1993) พบว่าจำนวนอักษรในเอกสารออนไลน์ยิ่งมีมาก จะทำให้ความแม่นยำของโปรแกรมโอซีอาร์ค่อนข้างต่ำ หรือเพิ่มโอกาสในการรอดจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) สิบห้าตัวอักษร

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) ห้าตัวอักษร **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) สิบห้าตัวอักษร

7. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

เนื่องจากคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ง่ายมีสองคู่สี ได้แก่ (1) การแสดงอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) การแสดงอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน โดย Tinker and Paterson (1931) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน โดยใช้วิธีวัดความเร็วในการอ่าน พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่เข้าใจได้เร็วที่สุด อีกทั้ง Ling and Schaik (2002) พบว่าการแสดงอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าคู่สีอื่น ๆ แต่ Debernardis et al. (2012) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีอักษรและสีพื้นหลังกับความง่ายในการอ่าน กลับพบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่อ่านได้เร็วที่สุด โดยกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2535) พบว่าการแสดงอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่หน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุดละคู่สีมีงานวิจัยมารองรับว่าเป็นคู่สีที่อ่านได้ง่ายเมื่อเทียบกับคู่สีอื่น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**ไม่แตกต่างกัน** ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**แตกต่างกัน** ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

8. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

Yan and El Ahmad (2008) ได้กล่าวว่าโปรแกรมโอซีอาร์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำในการรับรู้สี การใช้สีในแคปท์ชาข้อความจะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ อีกทั้ง Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้อธิบายขั้นตอนวิธีการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ที่จะเปลี่ยนภาพเป็นขาวดำ และใช้อักษรสีดำและพื้นหลังสีขาวเป็นหลัก อันเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ทำให้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เป็นคู่สีที่ขัดแย้งกับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ (1) อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้ (2) อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

3.6 ประเด็นของความเชื่อถือได้ (Reliability) และความถูกต้อง (Validity)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งหมด ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การควบคุมการทดลองให้ได้ข้อมูลที่ดีสำหรับนำไปสู่ผลสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือได้ จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยให้คงที่ (Constant) ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้การเปรียบเทียบเป็นไปอย่างถูกต้อง ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ดังนี้ (1) ใช้แบบอักษร Arial แบบพิมพ์เล็กขนาด 24 พอยต์ เพราะผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย ใช้งานโดยทั่วไป (Bernard et al., 2003; Kingery & Furuta, 1997) อีกทั้ง มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) พบว่าหน่วยทดลองสามารถตอบแคปท์ชาข้อความที่แสดงด้วยพิมพ์เล็กได้ถูกต้องมากที่สุด (2) ใช้อักษร a-z โดยไม่รวมตัวเลขและอักขระอื่น ๆ เพื่อลดปัญหาความสับสนระหว่างอักษรกับตัวเลขหรืออักขระที่มีลักษระคล้ายกัน (Yan & El Ahmad, 2008) และ (3) ใช้แคปท์ชาข้อความที่ไม่มีความหมายในพจนานุกรม เพื่อลดความเสี่ยงจากการสุ่มเดาคำในพจนานุกรมเพื่อโจมตีแคปท์ชาข้อความ (Yan & El Ahmad, 2008)

2. เทคโนโลยีการสื่อสาร อันเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการทดลอง โดยเฉพาะการส่งข้อมูลระหว่างกัน ได้แก่ ความเร็วในการประมวลผลเซิร์ฟเวอร์ ความเร็วในการประมวลผลของเครื่องผู้ใช้ ความเร็วของสายส่งข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์กับเครื่องผู้ใช้ และความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่าย ปัจจัยทุกข้อดังกล่าวนั้น ผู้วิจัยได้พยายามลดความคลาดเคลื่อนในเรื่องความเร็วที่แตกต่างกัน ที่อาจเกิดขึ้นขณะที่หน่วยทดลองกำลังทำงานที่ได้รับมอบหมายให้น้อยที่สุด ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทดลองในห้องปฏิบัติการ และสถานที่ทดลองคือห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นเดียวกัน และความเร็วของสายส่งข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์กับเครื่องผู้ใช้ใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อผลการทดลองที่ออกมาจะอยู่บนพื้นฐานของระบบที่เหมือนกันและ

น่าเชื่อถือ ตลอดจนถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ (ขวัญหทัย สันติบุตร, 2549; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

3. การกำหนดหน่วยทดลอง ผู้วิจัยเลือกนิสิตปริญญาตรีในหลักสูตรภาษาไทยของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี อันประกอบด้วย หลักสูตรสถิติ บริหารธุรกิจ และบัญชี เป็นหน่วยทดลอง เนื่องจากมีลักษณะความสามารถที่ทัดเทียมกัน กล่าวคือหน่วยทดลองจะเรียนในรายวิชาที่มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน (ขวัญหทัย สันติบุตร, 2549; มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) ทำให้ได้หน่วยทดลองที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยหน่วยทดลองแต่ละคนจะถูกเลือกมาเก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียวเท่านั้น และขอความร่วมมือจากหน่วยทดลองแต่ละคนไม่ให้พูดคุยกัน หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างการทดลอง อีกทั้งไม่ให้กลุ่มตัวอย่างเดิมเข้ามาร่วมให้ข้อมูลอีก นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันจะถูกเก็บข้อมูลพร้อมกันในห้องเดียวกัน การที่ผู้วิจัยควบคุมการเก็บข้อมูลตามที่กล่าวมานั้น จะทำให้ผลการทดลองมีข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

4. ความสนใจของหน่วยทดลอง โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สำหรับการดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ เพื่อให้อยู่ในความสนใจของหน่วยทดลองของการศึกษานี้ เนื่องจากผลสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยจำแนกตามกลุ่มอายุ และเปรียบเทียบตามกิจกรรมการใช้งานอินเทอร์เน็ต พบว่ากลุ่มผู้ใช้ในกลุ่มอายุ 15-24 ปี อันเป็นกลุ่มอายุของหน่วยทดลอง มีการใช้งานอินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาข้อมูลมากที่สุด และรองลงมาคือเพื่อดาวน์โหลด (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556) และเมื่อสำรวจข้อมูลสถิติคำค้นหาที่มีปริมาณการค้นหาเพิ่มขึ้นมากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2556 ที่ผ่านมาจากเว็บไซต์ Google พบว่าห้าอันดับแรกเป็นกลุ่มของภาพยนตร์และละครโทรทัศน์ทั้งหมด (Google Inc, 2556)

5. ความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง โดยก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยจะอธิบายระบบโดยสรุป และแจกใบงาน (ดูตัวอย่างในภาคผนวก ก) เพื่อให้หน่วยทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง แต่จะไม่อธิบายวัตถุประสงค์ที่แท้จริงของการทดลอง เพราะหากหน่วยทดลองทราบวัตถุประสงค์ก่อนการทดลอง อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ (Nielsen & Pernice, 2009)

6. ความตั้งใจของหน่วยทดลอง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนจากอาจารย์ประจำรายวิชาในระดับปริญญาตรี เพื่ออนุญาตให้นิสิตในรายวิชานั้น ๆ เข้าร่วมการทดลอง โดยให้การดาวน์โหลดภาพยนตร์เป็นการมอบหมายงาน (Assignment) จากอาจารย์ประจำรายวิชา

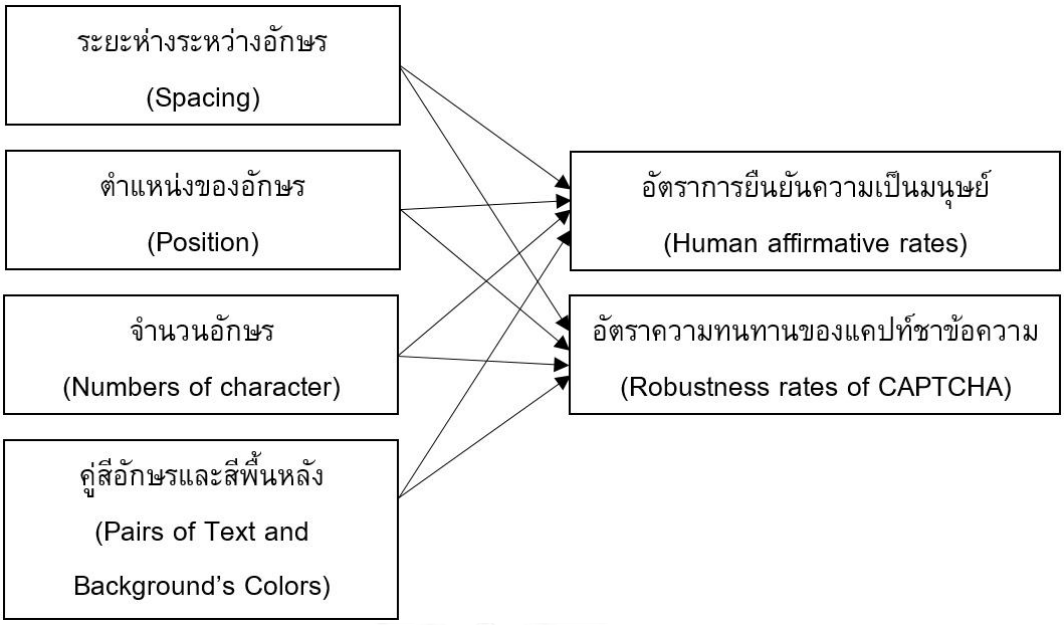
7. การศึกษานี้สนใจการตอบแคปท์ชาข้อความผิดของหน่วยทดลอง เพื่อใช้ในการพิจารณาตัวแปรอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human affirmative rates) ผู้วิจัยจึงออกแบบให้ระบบเก็บข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลองครั้งแรกเพียงครั้งเดียว และไม่ให้หน่วยทดลองตอบแคปท์ชาข้อความซ้ำเมื่อตอบผิด เนื่องจากการตอบแคปท์ชาข้อความซ้ำ หน่วยทดลองจะเกิดการเรียนรู้รูปแบบของแคปท์ชาข้อความที่ตอบผิด ส่งผลให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้ (Nanglae & Bhattarakosol, 2012)

3.7 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน และตอบวัตถุประสงค์สี่ข้อของงานวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง โดยหน่วยทดลองเข้าใช้เว็บไซต์ที่มีการแสดงแคปท์ชาข้อความ เพื่อเก็บอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และการทนทานของแคปท์ชาข้อความต่อแคปท์ชาในรูปแบบต่างๆ จะกระทำดังรายละเอียดต่อไปนี้

สำหรับตัวแบบที่จะศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งกลุ่มตัวแปรเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษร (2) ตำแหน่งอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลัง กลุ่มที่ 2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา โดยผู้วิจัยสนใจว่าตัวแปรอิสระมีอิทธิพลอย่างไรต่อตัวแปรตาม ภาพที่ 3.23 คือกรอบความคิดของวิทยานิพนธ์

Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.23 กรอบความคิดของวิทยานิพนธ์

ข้อมูลตัวแปรการยืนยันความเป็นมนุษย์ จะเก็บเมื่อหน่วยทดลองกรอกอักษรตามแคปท์ชาข้อความที่ปรากฏ หรือเรียกว่าการตอบแคปท์ชาข้อความ และกดปุ่มตกลง จากนั้นข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูล ในที่นี้จะเก็บข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลองทั้งหมด หรือทุกกรณีการตอบของหน่วยทดลอง ไม่ว่าหน่วยทดลองจะตอบแคปท์ชาข้อความผิดหรือถูก เพื่อนำมาวิเคราะห์และตอบวัตถุประสงค์ โดยข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์จะวัดจากข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลอง จากนั้นนำมาคำนวณหาร้อยละของจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลองต่อจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของหน่วยทดลอง (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) ดังนี้

$$P = \frac{n}{N} \times 100$$

เมื่อ P คือ อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (ร้อยละ)

n คือ จำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลอง

N คือ จำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของหน่วยทดลอง

หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยนำแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้โต้ตอบด้วย มาให้โปรแกรม OmniPage Professional 18 โจมตี เพื่อเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จากที่กล่าวมาข้างต้นว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ คือ

แคปท์ชาข้อความที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ และในที่นี้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ คือ การใช้โปรแกรมโอซีอาร์ตอบแคปท์ชาข้อความ โดยวัดจากการตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ ในที่นี้การตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ คือ การตอบของโปรแกรมโอซีอาร์ไม่ตรงกับอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ จากนั้นนำมาคำนวณหาร้อยละของจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้งหมด (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) ดังนี้

$$R = \frac{a}{A} \times 100$$

เมื่อ R คือ อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (ร้อยละ)

a คือ จำนวนครั้งของการโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ไม่ถูกต้องของโปรแกรม OmniPage Professional 18

A คือ จำนวนครั้งของการโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของโปรแกรม OmniPage Professional 18 (โดย A เป็นจำนวนเดียวกับ N)

การวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง ได้แก่ (1) ข้อมูลเพศ (2) ข้อมูลหลักสูตร (3) ปัญหาเกี่ยวกับสายตา และ (4) วิธีแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายตา จะกระทำด้วยสถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistic) เพื่อวิเคราะห์คำตอบจากคำถามของหน่วยทดลอง

การตอบวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการทางสถิติอิงพารามิเตอร์ (Parametric Statistical Technique) คือการใช้สถิติทดสอบ Z (Z-test) แบบทางเดียว เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างสัดส่วนของประชากรสองประชากร ในลักษณะที่สนใจของกลุ่มประชากรหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง และการใช้สถิติทดสอบ Z (Z-test) แบบทางสองทาง เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างสัดส่วนของประชากรสองประชากรว่าแตกต่างกันหรือไม่ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ความนำ

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้เพื่อใช้ตอบวัตถุประสงค์ อันได้แก่ การตรวจสอบผลของ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ ที่มีต่อ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

การนำเสนอประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.2 ลักษณะทางประชากรของหน่วยทดลอง

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้กระทำในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ ในคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี โดยได้เก็บข้อมูลจากหน่วยทดลองจำนวนทั้งสิ้น 380 คนอันมากกว่าที่ต้องการตามที่อธิบายในบทที่สาม (320 คน) ทั้งนี้ตารางที่ 4.1 ได้แสดงข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลองจำนวนทั้งสิ้น 380 คน จำแนกตามเพศ อายุ หลักสูตร ประเภทสายตา และการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง โดยการจำแนกตามเพศ พบว่าหน่วยทดลองเป็นเพศชายและเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 32.6 และ 67.4 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกตามอายุ พบว่าหน่วยทดลองอายุต่ำกว่า 20 ปี และอายุ 20 ปีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 46.6 และ 53.4 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกตามหลักสูตร พบว่าหน่วยทดลองอยู่ในหลักสูตรบัญชีบัณฑิตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.5 รองลงมาคือ หลักสูตรสถิติศาสตรบัณฑิต และหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต คิดเป็นร้อยละ 33.9 และ 26.6 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกตามประเภทสายตา พบว่าหน่วยทดลองอยู่ในกลุ่มสายตาสั้นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 57.1 รองลงมาคือ กลุ่มสายตาปกติ, สายตาสั้นและเอียง, สายตาเอียง , สายตายาว และสายตาสั้น ยาว และเอียง คิดเป็นร้อยละ 23.20, 13.7, 4.5, 1.3 และ 0.2 ตามลำดับ ส่วนการจำแนกตามการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง พบว่าหน่วยทดลองใส่แว่นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.0 รองลงมาคือไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น และใส่คอนแทคเลนส์ คิดเป็นร้อยละ 37.4 และ 17.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลองจำนวนทั้งสิ้น 380 คน

คุณสมบัติ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	124	32.6
	หญิง	256	67.4
อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	177	46.6
	อายุ 20 ปีขึ้นไป	203	53.4
หลักสูตร	บัญชีบัณฑิต	150	39.5
	บริหารธุรกิจบัณฑิต	101	26.6
	สถิติศาสตรบัณฑิต	129	33.9
ประเภทสายตา	สายตาปกติ	88	23.2
	สายตาสั้น	217	57.1
	สายตายาว	5	1.3
	สายตาเอียง	17	4.5
	สายตาสั้นและเอียง	52	13.7
	สายตาสั้น ยาว และเอียง	1	0.2
การใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง	ใส่แว่น	171	45.0
	ใส่คอนแทคเลนส์	67	17.6
	ไม่ใช้อุปกรณ์	142	37.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลประเภทสายตาของหน่วยทดลองที่จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง พบว่าหน่วยทดลองสายตาปกติทั้งหมด จะไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น ส่วนหน่วยทดลองที่สายตาสั้น จะใส่แว่นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.4 รองลงมาคือ ใส่คอนแทคเลนส์ และไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 14.0 และ 9.7 ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่สายตายาว จะใส่แว่นและไม่ใช่อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 0.5 และ 0.8 ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่สายตาเอียง จะใส่แว่นและไม่ใช่อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 2.4 และ 2.1 ตามลำดับ ส่วนหน่วยทดลองที่สายตาสั้นและเอียง จะใส่แว่นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 8.4 รองลงมาคือ ใส่คอนแทคเลนส์ และไม่ใช่อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น คิดเป็นร้อยละ 3.7 และ 1.6 ตามลำดับ และหน่วยทดลองที่สายตาสั้น ยาว และเอียงทั้งหมดจะใส่แว่น

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลประเภทสายตาที่จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง

ประเภทสายตา	การใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง	จำนวน (คน)	ร้อยละ (เมื่อเทียบจำนวนทั้งหมด 380 คน)
สายตาปกติ	ไม่ใช้อุปกรณ์ฯ	88	23.2
สายตาสั้น	ใส่แว่น	127	33.4
	ใส่คอนแทคเลนส์	53	14.0
	ไม่ใช้อุปกรณ์ฯ	37	9.7
สายตายาว	ใส่แว่น	2	0.5
	ไม่ใช้อุปกรณ์ฯ	3	0.8
สายตาเอียง	ใส่แว่น	9	2.4
	ไม่ใช้อุปกรณ์ฯ	8	2.1
สายตาสั้นและเอียง	ใส่แว่น	32	8.4
	ใส่คอนแทคเลนส์	14	3.7
	ไม่ใช้อุปกรณ์ฯ	6	1.6
สายตาสั้น ยาว และเอียง	ใส่แว่น	1	0.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์

ผู้วิจัยได้รายงานอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความดังตารางที่ 3.1 (แสดงตัวอย่างในภาคผนวก ข) และจำแนกตามตัวแปรอิสระ อันได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ดังตารางที่ 4.3 ถึงตารางที่ 4.7 ทั้งนี้ อัตรายืนยันความเป็นมนุษย์ คือร้อยละของจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องต่อจำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555)

ตารางที่ 4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความ

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
1	22	23	95.65
2	23	24	95.83
3	24	24	100.00
4	22	24	91.67
5	24	24	100.00
6	25	25	100.00
7	21	23	91.30
8	20	23	86.96
9	16	25	64.00
10	18	24	75.00
11	6	25	24.00
12	3	23	13.04
13	18	24	75.00
14	17	23	73.91
15	16	23	69.57
16	5	23	21.74
รวม	280	380	73.68

จากตารางที่ 4.3 ข้างต้นพบว่าแคปท์ชาข้อความที่มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่ต่ำที่สุด ได้แก่แคปท์ชาข้อความรูปแบบที่ 12 อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ แสดงอักษรในตำแหน่งปกติ ใช้สิบห้าตัวอักษร และใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามระยะห่างระหว่างอักษร

ระยะห่างระหว่างอักษร	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ขยาย 8 พอยต์	181	190	95.26
บีบ 3.4 พอยต์	99	190	52.11
รวม	280	380	73.68

ตารางที่ 4.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามตำแหน่งอักษร

ตำแหน่งอักษร	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ตำแหน่งปกติ	134	192	69.79
ยกขึ้นต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน	146	188	77.66
รวม	280	380	73.68

ตารางที่ 4.6 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามจำนวนอักษร

จำนวนอักษร	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ห้าตัวอักษร	163	192	84.90
สิบห้าตัวอักษร	117	188	62.23
รวม	280	380	73.68

จากตารางที่ 4.4 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่าง 8 พอยต์ในการทดลองนี้มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่สูงกว่าแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่าง 3.4 พอยต์

จากตารางที่ 4.5 พบว่าแคปท์ชาข้อความในตำแหน่งปกติในการทดลองนี้มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่ต่ำกว่าแคปท์ชาข้อความที่ยกขึ้นต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน

จากตารางที่ 4.6 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงห้าตัวอักษรในการทดลองนี้มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่สูงกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงสิบห้าตัวอักษร

ตารางที่ 4.7 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง

คู่สีอักษร และสีพื้นหลัง	จำนวนผู้ตอบ แคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบ แคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยัน ความเป็นมนุษย์ (%)
อักษรสีดำ บนพื้นหลังสีขาว	147	191	76.96
อักษรสีขาว บนพื้นหลังสีน้ำเงิน	133	189	70.37
รวม	280	380	73.68

จากตารางที่ 4.7 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวในการทดลองนี้มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่สูงกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

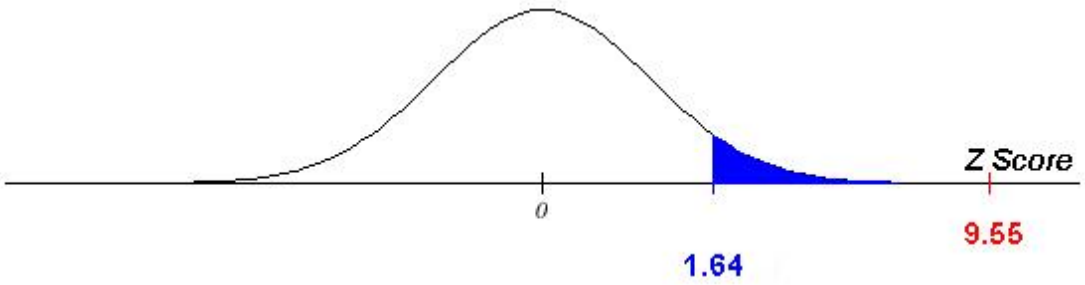
4.4 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ และบีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์ เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านขวา (Right-tailed test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพราะคำนวณค่า z ได้ 9.55 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า 1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ทำให้สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.1 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน

4.5 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน

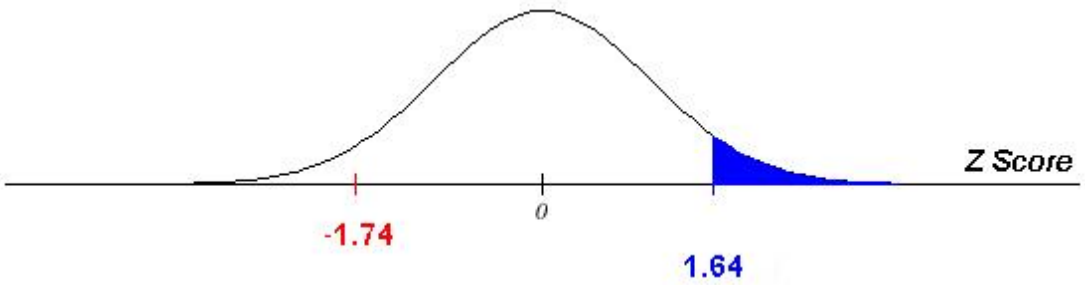
ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ และยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านขวา (Right-tailed test) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะคำนวณค่า z ได้ -1.74 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่าน้อยกว่า 1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณยอมรับ ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์

ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน

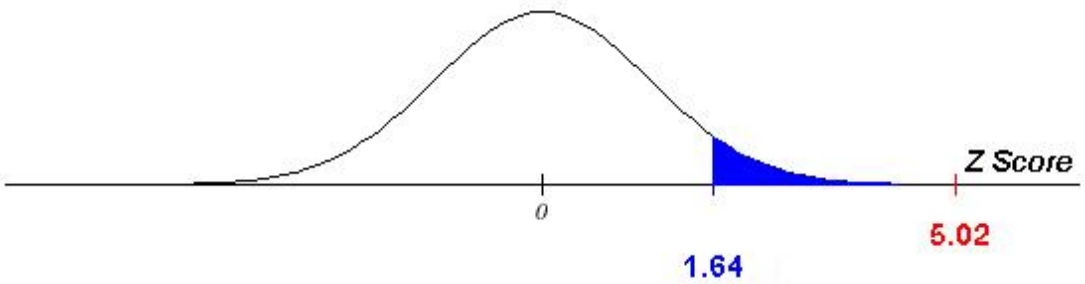
4.6 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **ต่ำกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านขวา (Right-tailed test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพราะคำนวณค่า z ได้ 5.02 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า 1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ทำให้สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.3 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

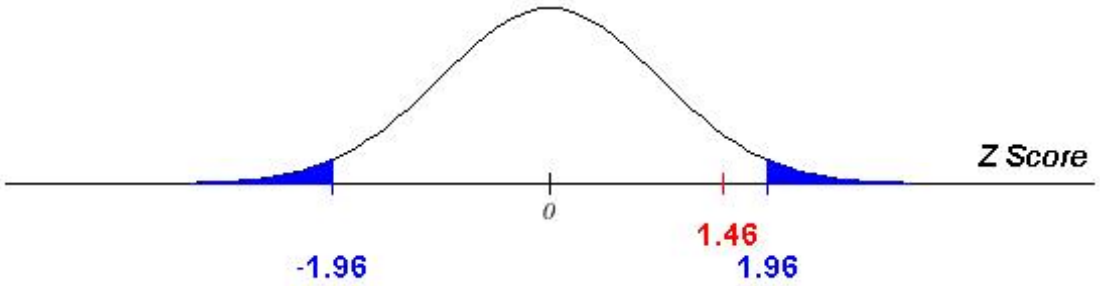
4.7 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**ไม่แตกต่างกัน** ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**แตกต่างกัน** ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบสองทาง (Two-tailed test) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะคำนวณค่า z ได้ 1.46 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า -1.96 และน้อยกว่า 1.96 จึงตกอยู่ในบริเวณยอมรับ ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.4 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**ไม่แตกต่างกัน** ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน

4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

เมื่อได้เสร็จสิ้นการทดลองกับหน่วยทดลอง ผู้วิจัยได้นำแคปท์ชาข้อความชุดเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 380 ข้อความ มาทดสอบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ด้วยโปรแกรม OmniPage Professional 18 และนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบและนำเสนออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความจากข้อมูลในตารางที่ 3.1 และจำแนกตามตัวแปรอิสระ อันได้แก่ (1) ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ดังตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามรูปแบบแคปท์ชาข้อความ

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
1	1	23	4.35
2	2	24	8.33
3	3	24	12.50
4	3	24	12.50
5	8	24	33.33
6	14	25	56.00
7	13	23	56.52
8	18	23	78.26
9	25	25	100.00
10	24	24	100.00
11	25	25	100.00
12	23	23	100.00
13	23	24	95.83
14	23	23	100.00
15	23	23	100.00
16	23	23	100.00
รวม	251	380	66.05

จากตารางที่ 4.8 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่มีอัตราความทนทานต่ำสุด อันหมายถึงโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีได้มากที่สุด ได้แก่แคปท์ชาข้อความรูปแบบที่ 1 อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ แสดงอักษรในตำแหน่งปกติ ใช้ห้าตัวอักษร และใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว

ตารางที่ 4.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามระยะห่างระหว่างอักษร

ระยะห่างระหว่างอักษร	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
ขยาย 8 พอยต์	62	190	32.63
บีบ 3.4 พอยต์	189	190	99.47
รวม	251	380	66.05

ตารางที่ 4.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามตำแหน่งอักษร

ตำแหน่งอักษร	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
ตำแหน่งปกติ	106	192	55.21
ยกขึ้นต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน	145	188	77.13
รวม	251	380	66.05

ตารางที่ 4.11 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษร

จำนวนอักษร	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
ห้าตัวอักษร	120	192	62.50
สิบห้าตัวอักษร	131	188	69.68
รวม	251	380	66.05

จากตารางที่ 4.9 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่าง 8 พอยต์ในการทดลองนี้มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความต่ำกว่าแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่าง 3.4 พอยต์

จากตารางที่ 4.10 พบว่าแคปท์ชาข้อความในตำแหน่งปกติในการทดลองนี้มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่ต่ำกว่าแคปท์ชาข้อความที่ยกขึ้นต่ำลงห้าพอยต์

จากตารางที่ 4.11 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงห้าตัวอักษรในการทดลองนี้มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่ต่ำกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงสิบห้าตัวอักษร

ตารางที่ 4.12 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามคู่สีอักษรและสีพื้นหลัง

คู่สีอักษร และสีพื้นหลัง	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่ OCR ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทาน ของแคปท์ชาข้อความ (%)
อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว	121	191	63.35
อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน	130	189	68.78
รวม	251	380	66.05

จากตารางที่ 4.12 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวในการทดลองนี้มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่ต่ำกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

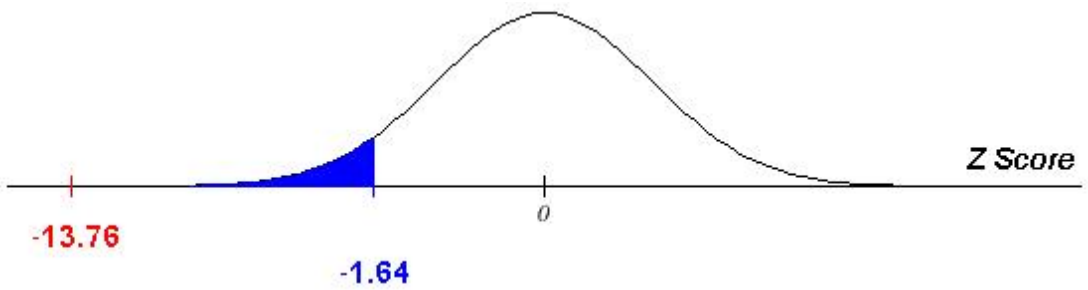
4.9 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ และบีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์ เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านซ้าย (Left-tailed test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพราะคำนวณค่า z ได้ -13.76 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่าน้อยกว่า -1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ทำให้สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.5 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงระยะห่างระหว่างอักษรที่แตกต่างกัน

4.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน

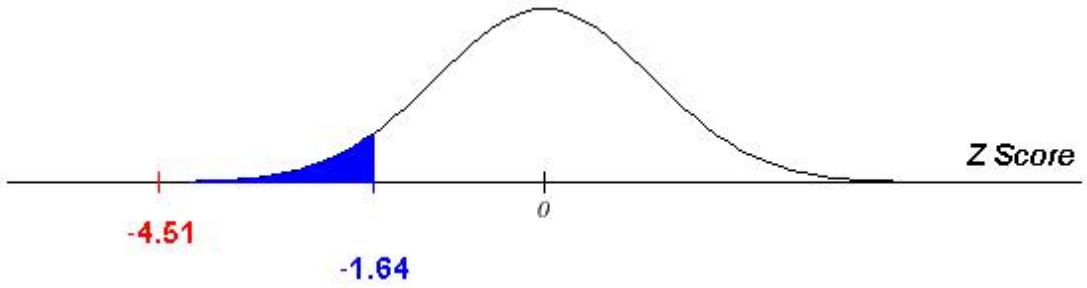
ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ และยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน เพื่อทดสอบสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านซ้าย (Left-tailed test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพราะคำนวณค่า z ได้ -4.51 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่าน้อยกว่า -1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณวิกฤต ทำให้สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.6 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชา

ข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงตำแหน่งอักษรที่แตกต่างกัน

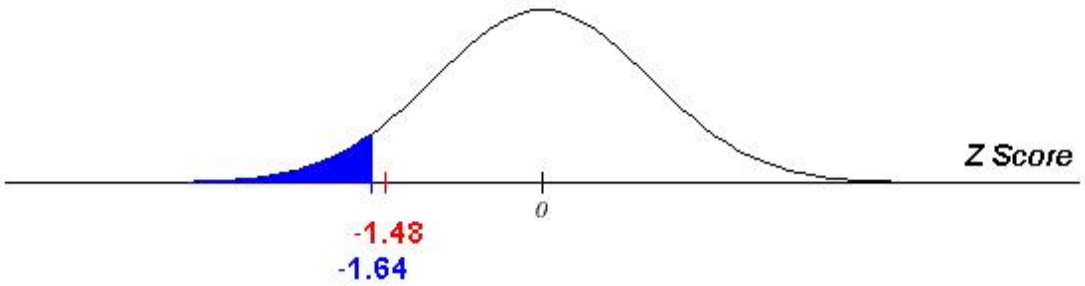
4.11 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร และสิบห้าตัวอักษร เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านซ้าย (Left-tailed test) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะคำนวณค่า z ได้ -1.48 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า -1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณยอมรับ ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.7 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

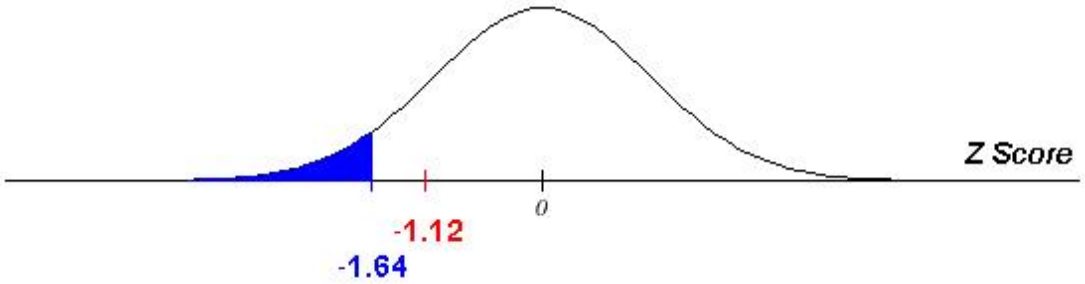
4.12 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบ Z แบบทางเดียวด้านซ้าย (Left-tailed test) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เพราะคำนวณค่า z ได้ -1.12 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า -1.64 จึงตกอยู่ในบริเวณยอมรับ ทำให้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.8 ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว **สูงกว่าหรือเท่ากับ**แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่แตกต่างกัน

4.13 สรุปผลการวิเคราะห์อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 4.3 ถึง 4.12 โดยนำมาสรุปผลเพื่อความกระจ่างมากขึ้น ดังตารางที่ 4.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.13 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ความสัมพันธ์
ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	แคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่า**บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	แคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่า**บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่า**ยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	แคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่า** สิบห้าตัวอักษรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.14 ผลของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง

คุณสมบัติ		จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
เพศ	ชาย	96	124	77.42
	หญิง	184	256	71.88
อายุ	ต่ำกว่า 20 ปี	128	177	72.32
	อายุ 20 ปีขึ้นไป	152	203	74.88
หลักสูตร	บัญชีบัณฑิต	111	150	74.00
	บริหารธุรกิจบัณฑิต	73	101	72.28
	สถิติศาสตรบัณฑิต	96	129	74.42
ประเภทสายตา	สายตาปกติ	62	88	70.45
	สายตาสั้น	164	217	75.58
	สายตายาว	5	5	100.00
	สายตาเอียง	12	17	70.59
	สายตาสั้นและเอียง	36	52	69.23
	สายตาสั้น ยาว และเอียง	1	1	100.00
การใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง	ใส่แว่น	128	171	74.85
	ใส่คอนแทคเลนส์	52	67	77.61
	ไม่ใช้	100	142	70.42

Bursztein et al. (2010) ได้กล่าวว่าผู้ใช้ที่มีอายุน้อยกว่าอาจมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่ต่ำกว่าผู้ใช้ที่มีอายุมาก ผู้วิจัยจึงได้ลองตั้งสมมติฐานตามงานดังกล่าว และทดสอบสมมติฐานโดยการใช้สถิติทดสอบ Z (Z-test) แบบทางเดียว จากข้อมูลอายุในตารางที่ 4.14 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะคำนวณค่า z ได้ -0.57 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่ามากกว่า -1.64 จึงสรุปได้ว่าหน่วยทดลองที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป

อีกทั้ง มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) กล่าวว่ากลุ่มที่มีสายตาปกติมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่ากลุ่มที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา (ได้แก่ สายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง) แต่ยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สอดคล้องกับกำธร สถิรกุล (2515) ที่กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพิจารณาว่าสิ่งใดอ่านยากอ่านง่าย คือ ความบกพร่องทางสายตา ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลประเภทสายตามาแบ่งกลุ่มใหม่ ดังตารางที่ 4.15 แล้วทดลองตั้งสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบ Z (Z-test) แบบทางเดียว จากข้อมูลในตารางที่ 4.15 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะคำนวณค่า z ได้ -0.7849 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่าน้อยกว่า 1.64 จึงสรุปได้ว่าหน่วยทดลองที่มีสายตาปกติมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตา

ตารางที่ 4.15 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาปกติ และสายตามีปัญหา

ประเภทสายตาของหน่วยทดลอง	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สายตาปกติ	62	88	70.45
สายตามีปัญหา	218	292	74.66
รวม	280	380	73.68

4.15 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบข้อมูลการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นของประเภทสายตาต่าง ๆ ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เพื่อความกระจ่างเกี่ยวกับผลของการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลองของหน่วยทดลอง

ประเภทสายตา	การใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สายตาปกติ (N=88)	ไม่ใช้	62	88	70.45
สายตาสั้น (N=217)	ใส่แว่น	97	127	76.38
	ใส่คอนแทคเลนส์	42	53	79.25
	ไม่ใช้	25	37	67.57
สายตายาว (N=5)	ใส่แว่น	2	2	100.00
	ไม่ใช้	3	3	100.00
สายตาเอียง (N=17)	ใส่แว่น	6	9	66.67
	ไม่ใช้	6	8	75.00
สายตาสั้นและเอียง (N=52)	ใส่แว่น	22	32	68.75
	ใส่คอนแทคเลนส์	10	14	71.43
	ไม่ใช้	4	6	66.67
สายตาสั้น ยาว และเอียง (N=1)	ใส่แว่น	1	1	100.00

ทั้งนี้ มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) กล่าวว่าการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา เป็นสิ่งที่ช่วยให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มขึ้น เพื่อความกระจ่างชัดของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ของการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับสายตา ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลประเภทสายตามีปัญหา (อันได้แก่ สายตาสั้น,

สายตายาว, สายตาเอียง, สายตาสั้นและเอียง และสายตาสั้น ยาว และเอียง) มาแบ่งกลุ่มใหม่ออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น (อันได้แก่ ใส่แว่น และใส่คอนแทคเลนส์) และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น ดังตารางที่ 4.17 แล้วทดลองตั้งสมมติฐานเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบ Z (Z-test) แบบทางเดียว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะคำนวณค่า z ได้ 0.8022 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) มีค่าน้อยกว่า 1.64 จึงสรุปได้ว่าหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาและใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาและไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น

ตารางที่ 4.17 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตามีปัญหา

หน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตา	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ใช้อุปกรณ์ช่วย	180	238	75.63
ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วย	38	54	70.37
รวม	218	292	74.66

4.16 การลองวิเคราะห์ผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาข้อความผิด

การลอง (Explore) วิเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาข้อความผิด ทำให้ผู้วิจัยพบสองสาเหตุที่เป็นไปได้ที่อาจส่งผลให้หน่วยทดลองตอบแคปท์ชาข้อความผิด สาเหตุดังกล่าวคือ (1) หน่วยทดลองใส่เครื่องหมายเว้นวรรค ในเงื่อนไขที่แคปท์ชาข้อความถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษร และ (2) หน่วยทดลองตอบเรียงสลับตำแหน่ง โดยเข้าใจว่าเป็นแคปท์ชาข้อความสองบรรทัด ในกรณีที่แคปท์ชาข้อความถูกยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงห้าพอยต์สลับกัน

ในกรณีแรกที่หน่วยทดลองตอบแคปท์ชาข้อความผิด หน่วยทดลองได้ใส่เครื่องหมายเว้นวรรคในการตอบแคปท์ชาข้อความ เช่น แคปท์ชาข้อความ mnopq ในภาพที่ 3.1 หน่วยทดลองตอบเป็น m n o p q ผู้วิจัยพบคำตอบในลักษณะเดียวกันนี้สามคำตอบ จากคำตอบทั้งหมด 380 คำตอบ คิดเป็นร้อยละ 0.8 โดยสองคำตอบมาจากรูปแบบแคปท์ชาข้อความแบบที่หนึ่ง และหนึ่งคำตอบมาจากรูปแบบแคปท์ชาข้อความแบบที่สาม ทั้งนี้แคปท์ชาข้อความดังกล่าวมีลักษณะ

เหมือนกันคือ ถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ในตำแหน่งปกติ ทำให้หน่วยทดลองเข้าใจว่ามีการเว้นวรรคระหว่างอักษร ในกรณีนี้ ผู้วิจัยแก้ไขโดยเพิ่มการตรวจสอบให้หน่วยทดลองที่เว้นวรรคแทนระยะห่างระหว่างอักษรที่ถูกขยายยังถือเป็นคำตอบที่ถูกต้องในรูปแบบแคปท์ชาข้อความที่หนึ่งถึงแปด อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่ถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษรแปดพอยต์ ในที่นี้สามคำตอบที่พบจึงถือว่ายังถูกต้อง

ในกรณีที่สอง หน่วยทดลองได้ตอบเรียงสลับตำแหน่ง เช่น แคปท์ชาข้อความ efghi ในภาพที่ 3.4 หน่วยทดลองตอบเป็น egifh ผู้วิจัยพบคำตอบในลักษณะเดียวกันนี้สิบเอ็ดคำตอบ จากคำตอบทั้งหมด 380 คำตอบ คิดเป็นร้อยละ 2.9 มาจากรูปแบบแคปท์ชาข้อความที่สิบสาม, สิบสี่, สิบห้า และสิบหก จำนวน 4, 2, 4 และ 1 คำตอบตามลำดับ ลักษณะแคปท์ชาข้อความในกรณีนี้เกิดขึ้นเมื่อแคปท์ชาข้อความถูกบีบระยะห่างระหว่างอักษรและยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงห้าพอยต์สลับกัน ทำให้หน่วยทดลองเข้าใจว่าเป็นแคปท์ชาข้อความสองบรรทัด ในกรณีนี้ ผู้วิจัยแก้ไขโดยเพิ่มการตรวจสอบให้หน่วยทดลองที่ตอบสลับตำแหน่งในลักษณะสองบรรทัดสามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องในรูปแบบแคปท์ชาข้อความที่เก้าถึงสิบหก อันเป็นแคปท์ชาข้อความที่ถูกยกตำแหน่งอักษรขึ้นและลงสลับกันห้าพอยต์ ดังนั้นการตอบสิบเอ็ดครั้งที่พบจึงถือว่าถูกต้อง

การปรับแก้อันเนื่องมาจากการตรวจสอบทั้งสองกรณีดังกล่าวนี้ จะกระทำต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้การทดสอบสมมติฐานมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยเมื่อผู้วิจัยตรวจสอบคำตอบจากโปรแกรมโอซีอาร์ในกรณีแรก พบว่ามีคำตอบที่โปรแกรมโอซีอาร์ตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นสามคำตอบ มาจากรูปแบบแคปท์ชาข้อความแบบที่สอง, สี่ และหก อย่างละหนึ่งคำตอบ และเมื่อตรวจสอบคำตอบจากโปรแกรมโอซีอาร์ในกรณีที่สอง พบว่ามีคำตอบที่โปรแกรมโอซีอาร์ตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นสิบคำตอบ มาจากรูปแบบแคปท์ชาข้อความที่ห้า, หก และแปด จำนวน 5, 3 และ 2 คำตอบตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

5.1 ความนำ

บทสุดท้ายของวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย การรายงานผลสรุปจากการตอบวัตถุประสงค์ การอภิปรายผลตลอดจนรายงานประโยชน์ที่ได้ทั้งทางทฤษฎีและเชิงประยุกต์ และการชี้ถึงข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะของการวิจัยในอนาคต

5.2 การทดลองและลักษณะของหน่วยทดลอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้หน่วยทดลองเป็นนิสิตที่กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนทั้งสิ้น 380 คน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 16 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มมีการสุ่มหน่วยทดลองอย่างน้อย 20 คน เพื่อทำงานตามเงื่อนไขที่ผู้วิจัยได้มอบหมาย

หน่วยทดลองข้างต้น ต้องผ่านการเรียนวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์มาแล้ว อีกทั้งมีคุณลักษณะของระดับการศึกษาที่สอดคล้องกับข้อมูลกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย โดยผลสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยจำแนกตามระดับการศึกษา พบว่ากลุ่มผู้ใช้ส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี (สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์, 2556) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าหน่วยทดลองของงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยส่วนใหญ่และสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรได้

5.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ กับแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์ พบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **สูงกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นไปตาม Microsoft CAPTCHA (Chellapilla et al., 2005) ที่กล่าวว่ามนุษย์ยังเข้าใจแคปท์ชาข้อความได้โดยง่ายเมื่อขยายระยะห่างไม่เกินร้อยละ 40 ของความกว้างอักษร (อันหมายถึงขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ เมื่อใช้อักษร Arial ขนาด 24

พอยต์) และกำธร สถิรกุล (2515) ที่กล่าวว่ามนุษย์จะเข้าใจข้อความได้ยากขึ้นเมื่อช่องไฟหรือระยะห่างระหว่างอักษรน้อยเกินไป นี่คงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.4 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ กับแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Microsoft CAPTCHA (Chellapilla et al., 2005) ที่พบว่าแคปท์ชาข้อความที่อักษรอยู่ในตำแหน่งปกติและยกตำแหน่งอักษรขึ้นหรือต่ำลงในระดับห่างกันไม่เกินร้อยละ 40 ของความสูงตัวอักษร (การยกตำแหน่งอักษรขึ้นหรือต่ำลง 5 พอยต์ คิดเป็นร้อยละ 40 ของความสูงตัวอักษร) หน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้องไม่แตกต่างกัน แต่กลับแสดงความแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตที่ Cabibi (1973) ได้กล่าวว่า อักษรควรเรียงกันเป็นบรรทัดเพื่อให้มนุษย์สามารถกวาดสายตาอ่านได้โดยง่าย หรือกำธร สถิรกุล (2515) ที่อธิบายว่าตำแหน่งอักษรปกติ เรียงกันเป็นแนวเส้นบรรทัด เป็นตำแหน่งอักษรที่อ่านได้ง่ายกว่าตำแหน่งที่เรียงกันไม่เป็นบรรทัด

ความที่ไม่สอดคล้องกับงานในอดีต ทั้งนี้อาจเป็นเพราะงานของ Cabibi (1973) และกำธร สถิรกุล (2515) ได้วิเคราะห์ตัวแปรที่ส่งผลต่อการอ่านหนังสือของมนุษย์ ดังนั้น ลักษณะที่แตกต่างกันของอักษรในหนังสือที่เป็นกระดาษกับอักษรในแคปท์ชาข้อความ จึงทำให้ผลที่ได้แย้งกัน กล่าวคืออักษรในหนังสือมักมีจำนวนมากโดยจะแบ่งเป็นคำและจัดเรียงกันเป็นบรรทัดหลายบรรทัดอยู่ภายในหนึ่งหน้ากระดาษ การอ่านอักษรในหนังสือของมนุษย์จึงต้องอาศัยการกวาดสายตาเพื่ออ่านอักษรจำนวนมากไปตามบรรทัด และเริ่มต้นบรรทัดใหม่เมื่ออ่านจบบรรทัด (หน่วยศึกษานิเทศก์, 2511) การอ่านในลักษณะนี้แตกต่างจากลักษณะของอักษรในแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรไม่เกินสิบห้าตัวอักษร และจัดเรียงอยู่ภายในบรรทัดเดียวกันแสดงอยู่กลางหน้าจอคอมพิวเตอร์ การอ่านอักษรในแคปท์ชาข้อความของมนุษย์จึงไม่ต้องอาศัยการกวาดสายตาเพื่ออ่านอักษรจำนวนมากเหมือนอย่างการอ่านอักษรในหนังสือ

5.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร กับที่ใช้สิบห้าตัวอักษร พบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร **สูงกว่า**สิบห้าตัวอักษรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับ Miller (1956) ที่นำเสนอว่ามนุษย์สามารถจดจำและประมวลผลข้อมูลได้ดีกับอักษรที่มีจำนวนห้าถึงเก้าอักษร อีกทั้ง Yan and El Ahmad (2008) ได้อธิบายว่าจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่น้อย จะส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรมาก กล่าวคือ หากแคปท์ชาข้อความมีจำนวนอักษรที่น้อย จะทำให้มนุษย์ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องโดยง่ายกว่าแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรที่มาก อีกทั้งยังสอดคล้องกับข้อสันนิษฐานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) โดยที่มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ไม่พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงสี่และสิบอักษร และได้สันนิษฐานว่าอาจเป็นเพราะจำนวนอักษรดังกล่าวยังแตกต่างกันไม่มากพอ

5.6 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

เนื่องจาก Tinker and Paterson (1931) หรือ Ling and Schaik (2002) พบว่าอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าคู่สีอื่น ๆ แต่งานของ Debernardis et al. (2012) หรือกฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2535) กลับพบว่าอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินเป็นคู่สีที่หน่วยทดลองมนุษย์อ่านได้ง่าย และชื่นชอบมากกว่าคู่สีอื่น ๆ ดังนั้น ในการทดสอบสมมติฐานของการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว กับอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ผู้วิจัยจึงเลือกการทดสอบ z แบบสองทาง เพื่อทดสอบว่าคู่สีทั้งสองแตกต่างกันหรือไม่ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เหตุผลที่การทดลองนี้ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคู่สีอักษรและสีพื้นหลังทั้งสอง อันได้แก่ อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ต่างมีงานวิจัยยืนยันว่ามนุษย์สามารถตอบได้ถูกต้องโดยง่าย (Debernardis et al., 2012; Ling & Schaik, 2002; Tinker & Paterson, 1931; กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์, 2535) อีกทั้งผู้วิจัยเลือกใช้สามสีในการทดลอง ได้แก่ (1) สีดำรหัส #000000 (2) สีขาวรหัส #FFFFFF และ (3) สีน้ำเงินรหัส #0000FF อันเป็นรหัสสีที่ต่ำสุดคือ 00 (0) และสูงสุดคือ FF (255) ของโหมดสี RGB ส่งผลให้สีดำแตกต่างกันกับสีขาว และสีขาวแตกต่างกันกับสีน้ำเงิน สอดคล้องกับ Snowberg (1973) ที่กล่าว

ว่าหากสีอักษรและสีพื้นหลังมีความแตกต่างกันมากพอ และแสดงขนาดของอักษรได้เหมาะสมต่อการอ่าน จะส่งผลให้ความง่ายในการอ่านของแต่ละคู่สีอักษรและสีพื้นหลังไม่แตกต่างกัน

5.7 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ กับแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์ พบว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 8 พอยต์ **ต่ำกว่า**แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษรเป็น 3.4 พอยต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นไปตามงานของ Bursztein, Martin, et al. (2011) ที่ได้กล่าวว่าการลดระยะห่างจนไม่เหลือระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) เป็นเทคนิคหนึ่งในการป้องกันการแบ่งตัวอักษรของโปรแกรมโอซีอาร์ (The anti-segmentation techniques) ทำให้โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ อีกทั้ง El Ahmad et al. (2011) ได้อธิบายว่าอักษรที่ถูกบีบจนติดกัน (Connected characters) สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เนื่องจากจะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์มีโอกาสอ่านได้ผิดพลาดสูง พร้อมทั้งได้ยกตัวอย่างอักษร t และ h หากถูกบีบระยะห่างระหว่างอักษรจนติดกัน ส่งผลให้โปรแกรมโอซีอาร์อาจเข้าใจว่าเป็นอักษร m ได้ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ กับแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกัน พบว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตำแหน่งปกติ **ต่ำกว่า** แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรยกขึ้นและต่ำลง 5 พอยต์สลับกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องไปในทางเดียวกันกับ El Ahmad et al. (2011) ที่ได้นำเสนอว่าโปรแกรมโอซีอาร์จะจำแนกอักษรพิมพ์เล็กกับพิมพ์ใหญ่โดยอาศัยความสูงของอักษรที่อยู่ในตำแหน่งใกล้กัน ดังนั้นการยกตำแหน่งอักษรขึ้นและลงสลับกันจะทำให้โปรแกรมโอซีอาร์จำแนกอักษรพิมพ์เล็กกับพิมพ์ใหญ่ได้ยากขึ้น อีกทั้ง Bursztein, Martin, et al. (2011) อธิบายไว้ว่าการบิดเบือนแคปท์ชาข้อความด้วย

การยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันเป็นลักษณะคลื่น (Waving the captcha) ร่วมกับการบีบระยะห่างระหว่างอักษร (Collapsing) สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เหตุผลว่าเมื่ออักษรบีบระยะห่างจนชิดติดกัน โปรแกรมโอซีอาร์จะหาจุดตัดระหว่างอักษร (Cut points) เพื่อจำแนกลักษณะของอักษรที่ชิดติดกัน หากเลื่อนตำแหน่งอักษรขึ้นหรือลงในลักษณะคลื่นร่วมด้วย ตำแหน่งของจุดตัดระหว่างอักษรจะเปลี่ยนไปและทำให้โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถจำแนกอักษรได้ที่ชิดติดกันได้

5.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร กับแคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงความไม่สอดคล้องกับ Yan and El Ahmad (2008) ที่กล่าวว่าแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรมากกว่าจะมีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความสูงกว่าแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรน้อยกว่า อีกทั้ง Rice et al. (1993) ได้ทดลองใช้โปรแกรมโอซีอาร์อ่านคำในเอกสารออนไลน์ พบว่าความแม่นยำในการอ่านคำของโปรแกรมโอซีอาร์ขึ้นอยู่กับจำนวนอักษรของคำ ยิ่งคำที่มีจำนวนอักษรมากยิ่งลดความแม่นยำในการอ่านคำของโปรแกรมโอซีอาร์

ข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ไม่ใช้เป็นครั้งแรกของการเห็นแย้งกับงานของ Yan and El Ahmad (2008) หรือ Rice et al. (1993) เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อยอดมาจากงานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ที่ไม่พบความแตกต่างจากการเปรียบเทียบอัตราการความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงสี่และสิบอักษร โดยที่มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ได้สันนิษฐานว่าอาจเป็นเพราะจำนวนอักษรดังกล่าวยังแตกต่างกันไม่มากพอ ผู้วิจัยจึงนำการศึกษานี้มาต่อยอดเพื่อพิสูจน์ว่าจำนวนอักษรที่มากขึ้นจะทำให้แคปท์ชาข้อความปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ แต่ข้อค้นพบกลับไปในทิศทางเดียวกับมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) อันแสดงให้เห็นว่าจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความไม่มีผลต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

5.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแสดงแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว กับอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แย้งกับงานวิจัยในอดีตที่ Yan and El Ahmad (2008) ได้เสนอว่าการใช้สีในแคปท์ชาข้อความจะช่วยเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ เนื่องจากโปรแกรมโอซีอาร์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำในการรับรู้สี อีกทั้ง Bursztein, Martin, et al. (2011) และ Chandavale et al. (2009) ได้กล่าวถึงการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ว่า ในขั้นตอน Pre-processing โปรแกรมโอซีอาร์จะเปลี่ยนเอกสารเป็นภาพขาวดำ และพื้นหลังสีขาวเป็นหลักเพื่อจำแนกอักษรสีดำ อันเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่ทำให้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน ควรสามารถเพิ่มโอกาสป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้

เหตุผลที่การทดลองครั้งนี้ไม่สามารถยืนยันประเด็นจากการศึกษาในอดีต อาจเป็นเพราะโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถจำแนกสีได้ เนื่องจาก Nuance Communications (2011) ได้อธิบายไว้ว่าโปรแกรม OmniPage Professional 18 อันเป็นโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ทดลอง สามารถรับรู้สีของอักษรและพื้นหลังได้อย่างแม่นยำ จึงสามารถจำแนกอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว และอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินได้ดีไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามความไม่แตกต่างกันของสมมติฐานนี้ได้สอดคล้องกับข้อสรุปของ Bursztein, Martin, et al. (2011) ที่ไม่แนะนำให้ใช้เทคนิคการอำพรางตัวอักษรในแคปท์ชาข้อความด้วยสีพื้นหลัง เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่ปลอดภัยและไม่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ และด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงไม่แนะนำให้งานวิจัยในอนาคตพิจารณาถึงคู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์อีก

Chulalongkorn University

5.11 การลองเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง

ผู้วิจัยได้ลอง (Explore) เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลอายุของหน่วยทดลอง โดยแบ่งช่วงอายุออกเป็นสองกลุ่ม อันได้แก่ (1) อายุต่ำกว่า 20 ปี มีช่วงอายุอยู่ที่ 18 ถึง 19 ปี และ (2) อายุ 20 ปีขึ้นไป มีช่วงอายุอยู่ที่ 20 ถึง 24 ปี พบว่าหน่วยทดลองที่มีอายุต่ำกว่า 20 ปี มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป แสดงความไม่สอดคล้องกับ Bursztein et al. (2010) ที่กล่าวว่าผู้ใช้ที่มีอายุน้อยกว่าอาจมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่ต่ำกว่าผู้ใช้ที่มีอายุมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ Bursztein et al. (2010)

ศึกษาเปรียบเทียบจากหน่วยทดลองที่มีอายุตั้งแต่ 18 ถึง 72 ปี และพบว่าอายุต่อปีที่เพิ่มขึ้นของหน่วยทดลองส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มสูงขึ้นเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าช่วงอายุของหน่วยทดลองที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาเปรียบเทียบนั้น เป็นช่วงอายุที่ห่างกันไม่มากพอที่จะส่งผลให้เกิดความแตกต่าง

อีกทั้ง ผู้วิจัยได้ลองเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามข้อมูลประเภทสายตาของหน่วยทดลอง พบว่าหน่วยทดลองที่มีสายตาปกติมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตา (ได้แก่ สายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง) แตกต่างกับงานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) หรือของกำธร สถิรกุล (2515) ที่ได้อธิบายไว้ว่าความบกพร่องทางสายตาสามารถส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ต่ำลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง เพื่อแก้ปัญหาในการมองเห็น จากตารางที่ 4.17 พบว่ามีหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาและใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นขณะทดลอง 238 คน จากหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาทั้งหมด 292 คน คิดเป็นร้อยละ 81.5 ทั้งนี้มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ยังกล่าวว่าการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นของผู้ที่มีปัญหาทางสายตาส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มสูงขึ้น จึงอาจเป็นสาเหตุที่ส่งผลให้การเปรียบเทียบประเภทสายตาระหว่างหน่วยทดลองที่มีสายตาปกติกับหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาไม่พบความแตกต่าง

5.12 การลองเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น

ผู้วิจัยได้ลอง (Explore) เปรียบเทียบข้อมูลการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นของประเภทสายตาต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ โดยนำข้อมูลประเภทสายตามีปัญหา (อันได้แก่ สายตาสั้น, สายตายาว, สายตาเอียง, สายตาสั้นและเอียง และสายตาสั้น ยาว และเอียง) มาแบ่งกลุ่มใหม่ออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น (อันได้แก่ ใส่แว่น และใส่คอนแทคเลนส์) และกลุ่มที่ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น พบว่าหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาและใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็นมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับหน่วยทดลองที่มีปัญหาทางสายตาและไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น แตกต่างจากมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) ที่กล่าวว่าการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา เป็นสิ่งที่ช่วยให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มขึ้น

เหตุผลที่ไม่พบความแตกต่าง คงเป็นเพราะระดับสายตาของหน่วยทดลองที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ สายตาของหน่วยทดลองอาจสั้น ยาว หรือปกติในระดับใกล้เคียงกัน จึงไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น Morgan, Rose, Ellwein, and the Refractive Error Study in Children Survey Group (2010) ได้ศึกษาปัญหาทางสายตาของเด็ก และได้กล่าวถึงผู้ที่มีปัญหาทางสายตาสั้น (Myopia) ในระดับไม่เกิน -0.5 Diopter และผู้ที่มีปัญหาทางสายตายาว (Hyperopia) ในระดับไม่เกิน +0.5 Diopter ว่ายังคงมองเห็นได้โดยปกติไม่แตกต่างจากผู้ที่มีสายตาปกติ (Emmetropia) ดังนั้น ระดับสายตาที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่พบความแตกต่าง

5.13 การนำงานวิจัยไปใช้ (Contribution)

5.13.1 การนำงานวิจัยไปใช้ในเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution)

งานวิจัยการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความของผู้ใช้ในประเทศไทยยังคงมีค่อนข้างน้อย และยังไม่มีการเปรียบเทียบเชิงประจักษ์ของผลระยะห่างระหว่างอักษร ตำแหน่งอักษร และสีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความ ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ แม้ว่ามีการเปรียบเทียบของจำนวนอักษรในงานของมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ (2555) แต่ผลที่ได้กลับไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งต่อยอดองค์ความรู้สำหรับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ และช่วยยืนยันเชิงประจักษ์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อการศึกษาค้นคว้าใหม่ในอนาคต

ข้อค้นพบในงานวิจัยนี้เป็นการยืนยันเชิงประจักษ์ ที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานของงานวิจัยในอนาคต และช่วยต่อยอดองค์ความรู้สำหรับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ ในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. ระยะห่างระหว่างอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ขาข้อความอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการเปรียบเทียบยืนยันว่า แคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ เป็นแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อมนุษย์ (Chellapilla et al., 2005; กำธร สถิรกุล, 2515) และแคปท์ชาข้อความที่ถูกบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ เป็นแคปท์ชาข้อความที่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ (Bursztein, Martin, et al., 2011; El Ahmad et al., 2011) ทั้งนี้ อักษรที่ใช้ในแคปท์ชาข้อความเป็นแบบอักษร Arial ขนาด 24 พอยต์

2. ตำแหน่งอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ มีผลต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการเปรียบเทียบยืนยันว่า แคปท์ชาข้อความที่ยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันห้าพอยต์ สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ (Bursztein, Martin, et al., 2011; El Ahmad et al., 2011) แต่ไม่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ กล่าวคือ การเปรียบเทียบตำแหน่งอักษรระหว่างแคปท์ชาข้อความในตำแหน่งปกติ กับแคปท์ชาข้อความตำแหน่งยกขึ้นต่ำลงสลับกันห้าพอยต์ ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการเปรียบเทียบยืนยันว่า แคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร เป็นแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อมนุษย์ (Miller, 1956; Yan & El Ahmad, 2008) แต่ไม่มีผลต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กล่าวคือการเปรียบเทียบจำนวนอักษรระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ห้าตัวอักษร กับแคปท์ชาข้อความที่ใช้สิบห้าตัวอักษร ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. คู่สีอักษรและสีพื้นหลังของแคปท์ชาข้อความที่ใช้เปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ ไม่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กล่าวคือการเปรียบเทียบคู่สีอักษรและสีพื้นหลังระหว่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว กับอักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงินไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.13.2 **การนำงานวิจัยไปใช้ในเชิงประยุกต์** (Practical Contribution)

นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางธุรกิจ และเจ้าของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนผู้ให้บริการออนไลน์สามารถประยุกต์ข้อค้นพบของการศึกษานี้ ได้ดังนี้

1. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางธุรกิจอาจเลือกพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์และใช้ห้าตัวอักษร เพื่อให้แคปท์ชาข้อความที่พัฒนาขึ้นเป็นแคปท์ชาข้อความที่ง่ายต่อการโต้ตอบกับมนุษย์ เนื่องจากข้อค้นพบในงานวิจัยนี้รวมกับการศึกษาที่ผ่านมา (Chellapilla et al., 2005; Miller, 1956; Yan & El Ahmad, 2008; กำธร สถิรกุล, 2515) ยืนยันว่ามนุษย์สามารถตอบแคปท์ชาข้อความในลักษณะดังกล่าวได้โดยง่าย

2. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางธุรกิจอาจเลือกพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์และยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันห้าพอยต์ เพื่อให้แคปท์ชาข้อความที่พัฒนาขึ้นเป็นแคปท์ชาข้อความที่ยากต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ เนื่องจากข้อค้นพบใน

งานวิจัยนี้รวมกับการศึกษาที่ผ่านมา (Bursztein, Martin, et al., 2011; El Ahmad et al., 2011) ยืนยันว่าแคปท์ชาข้อความในลักษณะดังกล่าวสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้

3. การพิจารณาเลือกแคปท์ชาข้อความที่มีประสิทธิภาพของเจ้าของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์หรือผู้ให้บริการออนไลน์ Bursztein, Martin, et al. (2011) ได้พบว่า มนุษย์มักต้องตอบแคปท์ชาข้อความให้ถูกต้องอย่างน้อยหนึ่งในสามครั้งเพื่อผ่านการทดสอบ อันหมายถึงอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่ยอมรับได้คือไม่ต่ำกว่าร้อยละ 33.3 ดังนั้น จากตารางที่ 4.4 ถึงตารางที่ 4.7 และจากตารางที่ 4.9 ถึงตารางที่ 4.12 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่มีประสิทธิภาพในวิทยานิพนธ์นี้ คือ แคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ ยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันห้าพอยต์ และใช้ห้าตัวอักษร เพราะนอกจากเป็นการออกแบบที่ป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้แล้ว ยังช่วยให้มนุษย์สามารถผ่านการทดสอบได้อีกด้วย

4. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางธุรกิจควรเลือกพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่ใช้จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ 5 - 9 อักษร เนื่องจากเป็นจำนวนอักษรที่ง่ายต่อความเข้าใจของมนุษย์ สอดคล้องกับข้อค้นพบในงานวิจัยรวมถึงการศึกษาที่ผ่านมา (Miller, 1956; Yan & El Ahmad, 2008) และไม่ควรเลือกพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรมากเกินกว่านี้ เนื่องจากข้อค้นพบของงานวิจัยนี้รวมถึงงานในอดีต (มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์, 2555) พบว่าแคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรมาก เช่น สิบห้าตัวอักษร นอกจากจะไม่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์แล้ว ยังส่งผลให้มนุษย์ตอบแคปท์ชาข้อความได้ยากขึ้นอีกด้วย

5. นักพัฒนาซอฟต์แวร์ทางธุรกิจอาจเลือกพัฒนาแคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว หรืออักษรสีขาวบนพื้นหลังสีน้ำเงิน เนื่องจากข้อค้นพบในงานวิจัยรวมถึงการศึกษาที่ผ่านมา (Debernardis et al., 2012; Ling & Schaik, 2002; Tinker & Paterson, 1931; กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์, 2535) ยืนยันว่าทั้งคู่เป็นคู่สีอักษรและสีพื้นหลังที่ทำให้มนุษย์สามารถเข้าใจได้โดยง่าย และไม่ควรเลือกพัฒนาคู่สีอักษรและสีพื้นหลังเพื่อป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์อีก เพราะข้อค้นพบในการทดลองนี้รวมกับการศึกษาที่ผ่านมา (Bursztein, Martin, et al., 2011; Nuance Communications, 2011) ยืนยันว่าการใช้เทคนิคอำพรางตัวอักษรของแคปท์ชาข้อความด้วยสีพื้นหลังนั้น ไม่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้

5.14 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

การลอง (Explore) วิเคราะห์ผลการทดลองของหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาข้อความผิด ผู้วิจัยพบข้อจำกัดสองประการในการศึกษาครั้งนี้ โดยพบว่า (1) หน่วยทดลองใส่เครื่องหมายเว้นวรรค ในเงื่อนไขที่แคปท์ชาข้อความถูกขยายระยะห่างระหว่างอักษร และ (2) หน่วยทดลองตอบเรียงสลับตำแหน่ง โดยเข้าใจว่าเป็นแคปท์ชาข้อความสองบรรทัด ในกรณีที่แคปท์ชาข้อความถูกยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงห้าพอยต์สลับกัน ผู้วิจัยได้ปรับโดยเพิ่มการตรวจสอบให้คำตอบของแคปท์ชาข้อความทั้งสองประการสามารถตอบได้ถูกต้อง เพื่อลดข้อจำกัดของการออกแบบแคปท์ชาข้อความที่อาจทำให้ผู้ตอบแคปท์ชาข้อความรวมถึงโปรแกรมโอซีอาร์เกิดความเข้าใจผิดได้ ส่งผลให้การทดสอบสมมติฐานมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ในปัจจุบัน แคปท์ชาข้อความยังคงเป็นแคปท์ชาที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นแคปท์ชาที่ผู้ใช้ทั่วโลกใช้งานได้ง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถสร้างข้อความทดสอบผู้ใช้เองได้ โดยไม่ต้องใช้ฐานข้อมูล จึงง่ายต่อการนำไปใช้งานจริงบนเว็บไซต์ (El Ahmad et al., 2011; สุทธิเกียรติ มีลาภ, 2557)

จากการศึกษาเพิ่มเติม ผู้วิจัยพบ Captcha Solver ที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของซอฟต์แวร์และบริการออนไลน์ โดยผู้ให้บริการ Captcha Solver เหล่านี้ กล่าวอ้างว่าระบบ Captcha Solver ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อช่วยเหลือผู้ใช้ที่รู้สึกเบื่อกับการตอบแคปท์ชาข้อความที่เข้าใจได้ยากให้สามารถผ่านการทดสอบได้อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยโปรแกรมโอซีอาร์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยตอบแคปท์ชาข้อความ แต่ถ้าระบบ Captcha Solver ไม่สามารถตอบแคปท์ชาข้อความนั้นได้ ระบบก็จะส่งแคปท์ชาข้อความดังกล่าวกลับไปยังผู้ให้บริการ เพื่อพัฒนาระบบต่อไป เพียงแต่ผู้ใช้ระบบ Captcha Solver ต้องซื้อซอฟต์แวร์หรือจ่ายค่าบริการตามจำนวนครั้งที่ใช้ตอบแคปท์ชาข้อความ (9kw.eu, 2015; GSA GmbH, 2015)

การพัฒนาแคปท์ชาข้อความในอนาคตจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย เพราะนอกจากจะต้องออกแบบให้แคปท์ชาข้อความสามารถป้องกันการโจมตีจากบอตที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้ว ยังต้องออกแบบให้ไม่ยากต่อการโต้ตอบของมนุษย์จนเกินไป และจากวิทยานิพนธ์นี้ พบว่าแคปท์ชาข้อความที่สามารถป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้มนุษย์สามารถผ่านการทดสอบได้ คือ แคปท์ชาข้อความที่มีระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ ยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงสลับกันห้าพอยต์ และใช้ห้าตัวอักษร (Bursztein, Martin, et al., 2011; El Ahmad et al., 2011; Miller, 1956; Yan & El Ahmad, 2008)

ผลจากการทดลองยืนยันว่า การบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ ช่วยป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ และเมื่อลอง (Explore) พิจารณาการบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ร่วมกับตำแหน่งอักษรทั้งสองลักษณะ ดังตารางที่ 5.1 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่ยกตำแหน่งอักษรขึ้นและต่ำลงห้าพอยต์สลับกันมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ที่สูงกว่าแคปท์ชาข้อความในตำแหน่งปกติ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ ผู้วิจัยคิดว่าอาจเป็นเพราะแคปท์ชาข้อความที่ถูกยกตำแหน่งอักษรขึ้นและลงสลับกัน จะช่วยลดบริเวณที่อักษรชิดติดกันได้มากกว่าอักษรในตำแหน่งปกติ จึงส่งผลให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่าแคปท์ชาข้อความในตำแหน่งปกติ แต่เนื่องจากผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับสมมติฐานของผู้วิจัย และผู้วิจัยยังไม่พบงานในอดีตที่มากล่าวสนับสนุนประเด็นขัดแย้งกับสมมติฐานได้มากพอ ผู้วิจัยจึงหวังว่างานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาการบีบระยะห่างระหว่างอักษรจนชิดติดกันร่วมกับการยกตำแหน่งอักษรขึ้นลงในลักษณะคลื่นแบบอื่นบ้าง เช่น เปลี่ยนความสูงของการยกตำแหน่งอักษรขึ้นลง เปลี่ยนลักษณะของคลื่นขึ้นลงหนึ่งตัวอักษรเป็นแบบอื่น หรือเลือกเปลี่ยนตำแหน่งอักษรแบบสุ่ม รวมไปถึงการบีบระยะห่างระหว่างอักษรก็อาจพิจารณาการบีบที่มากขึ้นจนอักษรซ้อนทับกัน เป็นต้น เพื่อ เป็นข้อมูลที่ประจักษ์ชัดเจน

ตารางที่ 5.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามตำแหน่งอักษรเมื่อควบคุมลักษณะของการบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ให้คงที่

ตำแหน่งอักษร เมื่ออักษรถูกบีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ตำแหน่งปกติ	43	97	44.33
ยกขึ้นต่ำลงห้าพอยต์สลับกัน	56	93	60.22
รวม	99	190	52.11

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

Google Inc. (2556). คำค้นดาวรุ่งพุ่งแรงประจำปี. Retrieved 28 พฤศจิกายน 2557, from http://www.google.com/trends/topcharts?date=2013#vm=trendingchart&cid=zg1661&geo=TH&date=2013&cat

Major Cineplex Group Plc. (2557). ภาพยนตร์. Retrieved 28 พฤศจิกายน 2557, from http://www.majorcineplex.com/movies

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษาฉบับปรับปรุงใหม่. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์. (2535). การออกแบบบนจอคอมพิวเตอร์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 3, 89-92.

กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2553). สถิติสำหรับงานวิจัย (5th ed.). กรุงเทพมหานคร: ธรรมสาร.

กำธร สถิรกุล. (2515). หนังสือและการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ขวัญหทัย สันติบุตร. (2549). ผลกระทบของความล่าช้าของการแสดงผล รูปแบบของเมนู การใช้ข้อมูล ป้อนกลับต่อประสิทธิภาพของการใช้งานบนเว็บแอพพลิเคชั่น. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย ศรีสุเทพ. (2549). ฟอนต์ไหนดี? กรุงเทพมหานคร: มาร์คมายเว็บ.

นวลจันทร์ เสมาขันธ์. (2539). การศึกษาขนาดของตัวอักษรสีบนพื้นสีที่เหมาะสมบนจอฉาย. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชิด ทิณบุตร. (2554). Typography หมายความว่าอย่างไรกันแน่? Retrieved 1 ธันวาคม 2557, from http://typefacesdesign.blogspot.com/2011/09/typography.html

มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์. (2555). ผลของแบบอักษร การหมุนเอียง จำนวนอักษร และชุดอักขระต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชา. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย. (2556). *THAILAND COMPUTER EMERGENCY RESPONSE TEAM ANNUAL REPORT* (2nd ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.

ศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย. (2557). บทความ *Cyber Threats* 2013 (1st ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2556). รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยปี 2556 (1st ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์.

สิทธิ์ ธีรสรณ์. (2552). แนวคิดพื้นฐานทางการวิจัย (2nd ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิเกียรติ มีลาภ. (2557). การสำรวจระบบแคปท์ช่า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(1), 115-129.

หน่วยศึกษานิเทศก์. (2511). การใช้ภาษาสำหรับนักเรียนฝึกหัดครูประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

9kw.eu. (2015). 9kw.eu - Captcha Service. Retrieved 2015, July 12, from https://www.9kw.eu/index.html

Bailey, C. (2011). The Basics of Typography. Retrieved 2014, December 1, from http://designinstruct.com/tools-basics/the-basics-of-typography

Baird, H. S., & Luk, M. (2003). *Protecting websites with reading-based CAPTCHAs*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd International Web Document Analysis Workshop, Edinburgh, Scotland. http://cgi.csc.liv.ac.uk/~wda2003/Papers/Section_IV/Paper_12.pdf

Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., & Halcomb, C. G. (2003). Comparing the effects of text size and format on the readability of computer-displayed Times New Roman and Arial text. *International Journal of Human-Computer Studies,* 59(6), 823-835. doi: 10.1016/S1071-5819(03)00121-6

Bursztein, E., Beauxis, R., Paskov, H., Perito, D., Fabry, C., & Mitchell, J. (2011). *The failure of noise-based non-continuous audio captchas*. Paper presented at the Proceedings of the 2011 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), Berkeley, CA. http://dx.doi.org/10.1109/SP.2011.14

Bursztein, E., Bethard, S., Mitchell, J. C., Jurafsky, D., & Fabry, C. (2010). *How good are humans at solving captchas? A large scale evaluation*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP '10), Oakland, CA, USA. http://dx.doi.org/10.1109/SP.2010.31

Bursztein, E., Martin, M., & Mitchell, J. C. (2011). *Text-based CAPTCHA Strengths and Weaknesses*. Paper presented at the Proceedings of the 18th ACM conference on Computer and communications security (CCS '11), New York, NY, USA. http://dx.doi.org/10.1145/2046707.2046724

Cabibi, J. F. J. (1973). *Copy Preparation for Printing*. New York, USA: McGraw-Hill Inc.

Chandavale, A. A., Sapkal, A. M., & Jalnekar, R. M. (2009). *Algorithm to Break Visual CAPTCHA*. Paper presented at the Proceedings of the 2nd International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET), Nagpur.

Chellapilla, K., Larson, K., Simard, P., & Czerwinski, M. (2005). *Designing Human Friendly Human Interaction Proofs (HIPs)*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '05), New York, NY, USA. http://dx.doi.org/10.1145/1054972.1055070

Debernardis, S., Fiorentino, M., Gattullo, M., Monno, G., & Uva, A. E. (2012). Text readability in Head-Worn Displays: color and style optimization in video vs. optical see-through devices. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,* 20(1), 125-139. doi: 10.1109/TVCG.2013.86

El Ahmad, A. S., Yan, J., & Tayara, M. (2011). *The robustness of Google CAPTCHA's*. UK: Computing Science, Newcastle University.

Felici, J. (2012). *The Complete Manual of Typography A Guide to Setting Perfect Type.* (2nd ed.). Berkeley, CA, USA: Peachpit.

Fluck, D. (2006). Color Blind Essentials. Retrieved 2014, December 1, from http://www.color-blindness.com/wp-content/documents/Color-Blind-Essentials.pdf

Fontlab Ltd. (2006). FontLab Studio 5. Retrieved 2014, December 1, from http://www.dtpsoft.de/downloads/manuals/FLS5WinManual.pdf

Gao, H., Liu, H., Yao, D., Liu, X., & Aickelin, U. (2010). *An Audio CAPTCHA to Distinguish Humans from Computers*. Paper presented at the Proceedings of the Third International Symposium on Electronic Commerce and Security 2010 (ISECS), Guangzhou, China. http://dx.doi.org/10.1109/ISECS.2010.65

Golle, P. (2008). *Machine learning attacks against the Asirra CAPTCHA*. Paper presented at the Proceeding of the 15th ACM Conference on Computer and Communications Security, USA. http://dx.doi.org/10.1145/1455770.1455838

GSA GmbH. (2015). GSA Captcha Breaker. Retrieved 2015, July 12, from http://captcha-breaker.gsa-online.de/

Gupta, A., Jain, A., Raj, A., & Jain, A. (2009). *Sequenced Tagged Captcha: Generation and its Analysis*. Paper presented at the Proceedings of International Advance Computing Conference (IACC 2009), Patiala, India. http://dx.doi.org/10.1109/IADCC.2009.4809201

Imsamai, M., & Phimoltares, S. (2010). *3D CAPTCHA A Next Generation of the CAPTCHA*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 International Conference on Information Science and Applications (ICISA), Seoul. http://dx.doi.org/10.1109/ICISA.2010.5480258

Ishihara, S. (1972). Tests for Colour-Blindness. Retrieved 2014, December 1, from http://www.dfisica.ubi.pt/~hgil/p.v.2/Ishihara/Ishihara.24.Plate.TEST.Book.pdf

Kingery, D., & Furuta, R. (1997). Skimming electronic newspaper headlines: a study of typeface, point sizes, screen resolution, and monitor size. *Information Processing and Management: an International Journal - Special issue on electronic news,* 33(5), 685-696. doi: 10.1016/S0306-4573(97)00025-3

Kluever, K. A., & Zanibbi, R. (2009). *Balancing Usability and Security in a Video CAPTCHA*. Paper presented at the Proceedings of the 5th Symposium on Usable Privacy and Security, New York, USA. http://dx.doi.org/10.1145/1572532.1572551

Kyrnin, J. (2011). What is Typography? Retrieved 2014, December 1, from http://webdesign.about.com/od/fonts/qt/typography-basics.htm

Ling, J., & Schaik, P. V. (2002). The effect of text and background colour on visual search of Web pages. *Displays,* 23(5), 223-230. doi: 10.1016/S0141-9382(02)00041-0

Lopresti, D., Shih, C., & Kochanski, G. (2002). *Human Interactive proofs for spoken language interfaces*. Paper presented at the Proceeding of the First HIP Conference, USA. http://www.aladdin.cs.cmu.edu/hips/events/abs/dlopresti_abstract.pdf

Microsoft Corporation. (2014). Glyphs. Retrieved 2014, December 1, from http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms753170(v=vs.110).aspx

Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review,* 63(2), 81-97. doi: 10.1037/h0043158

Morgan, I. G., Rose, K. A., Ellwein, L. B., & the Refractive Error Study in Children Survey Group. (2010). Is Emmetropia the Natural Endpoint for Human Refractive Development? An Analysis of Population-based Data from the Refractive Error Study in Children (RESC). *Acta Ophthalmologica,* 88(8), 877–884. doi: 10.1111/j.1755-3768.2009.01800.x

Mori, G., & Malik, J. (2003). *Recognizing Objects in Adversarial Clutter: Breaking a Visual CAPTCHA*. Paper presented at the Proceedings of the 2003 IEEE computer society conference on Computer vision and pattern recognition (CVPR'03), Washington, DC, USA. http://dx.doi.org/10.1109/CVPR.2003.1211347

Nanglae, N., & Bhattarakosol, P. (2012). *A Study of Human Bio-detection Function under Text-Based CAPTCHA System*. Paper presented at the Proceedings of

the 11th International Conference on Computer and Information Science (ACIS-ICIS 2012), Shanghai, China. http://dx.doi.org/10.1109/ICIS.2012.19

Nielsen, J. (2012). Quantitative Studies: How Many Users to Test? Retrieved 2014, December 1, from http://www.nngroup.com/articles/quantitative-studies-how-many-users/

Nielsen, J., & Pernice, K. (2009). How to Conduct Eyetracking Studies. Retrieved 2014, December 1, from http://www.nngroup.com/reports/how-to-conduct-eyetracking-studies

Noir, M. (1996). Verification of a human in the loop or identification via the turing test. Retrieved 2014, December 1, from http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~naor/PAPERS/human.pdf

Nuance Communications. (2011). OmniPage Solution Comparison Chart. Retrieved 2014, December 1, from http://www.nuance.com/ucmprod/groups/imaging/@web-enus/documents/collateral/nc_028355.pdf

Purch Inc. (2014). OCR Software Review. Retrieved 2014, December 1, from http://ocr-software-review.toptenreviews.com/

Rice, S. V., Kanai, J., & Nartker, T. A. (1993). An Evaluation of OCR Accuracy *Technical Report ISRI TR*-93-01 (pp. 9-34). Las Vegas, USA: University of Nevada.

Rusu, A., Thomas, A., & Govindaraju, V. (2010). Generation and use of handwritten CAPTCHAs. *International Journal on Document Analysis and Recognition,* 13(1), 46-64. doi: 10.1007/s10032-009-0102-z

Shirali-Shahreza, M. H., & Shirali-Shahreza, M. (2007). *Multilingual CAPTCHA*. Paper presented at the Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Computational Cybernetics (ICCC 2007), Gammarth, Tunisia. http://dx.doi.org/10.1109/ICCCYB.2007.4402026

Snowberg, B. L. (1973). Base for the selection of background color for transparencies. *Communication Review,* 21(2), 199-206.

Taghva, K., Borsack, J., & Condit, A. (1996). Evaluation of Model-Based Retrieval Effectiveness with OCR Text. *ACM Transactions on Information Systems,* 14(1), 64-93. doi: 10.1145/214174.214180

Tangmanee, C., & Sujarit - Apirak, P. (2013). Attitudes towards CAPTCHA: A Survey of Thai Internet Users. *The Journal of Global Business Management,* 9(2), 29-41.

Thomas, A. O., Choudhury, S., & Govindaraju, V. (2010). *Leveraging the Mixed-Text Segmentation Problem to design Secure Handwritten CAPTCHAs*. Paper presented at the Proceedings of the 12th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, Kolkata, UK. http://dx.doi.org/10.1109/ICFHR.2010.10

Tinker, M. A., & Paterson, D. G. (1931). Studies of typographical factors influencing speed of reading: VII. Variations in color of print and background. *Journal of Applied Psychology,* 15, 471-479. doi: 10.1037/h0076001

Von Ahn, L., Blum, M., & Langford, J. (2004). Telling humans and computers apart automatically. *Communications of the ACM,* 47(2), 56-60. doi: 10.1145/966389.966390

Von Ahn, L., Maurer, B., McMillen, C., Abraham, D., & Blum, M. (2008). reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures. *Science,* 321(5895), 1465-1468. doi: 10.0.4.102/science.1160379

Yan, J., & El Ahmad, A. S. (2008). *Usability of CAPTCHAs Or usability issues in CAPTCHA design*. Paper presented at the Proceedings of the 4th symposium on Usable privacy and security (SOUPS '08), New York, NY, USA. http://dx.doi.org/10.1145/1408664.1408671

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ใบงาน

ใบงานกลุ่มที่ *i* (เมื่อ *i* มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 16 ตามเงื่อนไขในตารางที่ 3.1)

1) โปรดเข้าเว็บไซต์ตัวอย่างภาพยนตร์ โดยเข้าไปที่ http://MovieTrailers?g=*i*

2) เมื่อมาที่เว็บไซต์ตัวอย่างภาพยนตร์แล้ว กรุณาเลือกดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์ที่ต้องการจำนวน 1 ตัวอย่าง

3) เมื่อดาวน์โหลดตัวอย่างภาพยนตร์เสร็จ กรุณาตอบคำถามจำนวน 5 ข้อ โดยคลิกที่ลิงค์ “กรุณาตอบคำถาม”

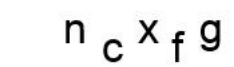
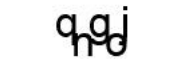
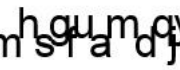
4) เมื่อตอบคำถามเสร็จ กรุณาติดต่อผู้วิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างรูปแบบแคปท์ชาข้อความ

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างรูปแบบแคปท์ชาข้อความทั้งหมด 16 รูปแบบจากข้อมูลในตารางที่ 3.1

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

ภาคผนวก ค

สมการคำนวณค่า z

สมการคำนวณค่า z (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}}$$

เมื่อ $\hat{p}_1$ และ $\hat{p}_2$ คือ ค่าสัดส่วนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n_1 และ n_2 คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จาก x_1 และ x_2 คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จะได้ $\hat{p} = \frac{x_1+x_2}{n_1+n_2}$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.9526 - 0.5210}{\sqrt{0.7368(1-0.7368)(\frac{1}{190}+\frac{1}{190})}} = 9.5527$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.6979 - 0.7766}{\sqrt{0.7368(1-0.7368)(\frac{1}{192}+\frac{1}{188})}} = -1.7414$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.8490 - 0.6223}{\sqrt{0.7368(1-0.7368)(\frac{1}{192}+\frac{1}{188})}} = 5.0158$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.7696 - 0.7037}{\sqrt{0.7368(1-0.7368)(\frac{1}{191}+\frac{1}{189})}} = 1.4593$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.9 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.3263 - 0.9947}{\sqrt{0.6605(1 - 0.6605)(\frac{1}{190} + \frac{1}{190})}} = -13.7583$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.10 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.5521 - 0.7713}{\sqrt{0.6605(1 - 0.6605)(\frac{1}{192} + \frac{1}{188})}} = -4.5115$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.11 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.6250 - 0.6968}{\sqrt{0.6605(1 - 0.6605)(\frac{1}{192} + \frac{1}{188})}} = -1.4780$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.12 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.6335 - 0.6878}{\sqrt{0.6605(1 - 0.6605)(\frac{1}{191} + \frac{1}{189})}} = -1.1181$$

จากข้อมูลคุณสมบัติอายุในตารางที่ 4.14 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.7232 - 0.7488}{\sqrt{0.7368(1 - 0.7368)(\frac{1}{177} + \frac{1}{203})}} = -0.5654$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.15 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

$$z = \frac{0.7045 - 0.7466}{\sqrt{0.7368(1 - 0.7368)(\frac{1}{88} + \frac{1}{292})}} = -0.7849$$

จากข้อมูลในตารางที่ 4.17 สามารถแสดงการคำนวณค่า z ได้ดังนี้

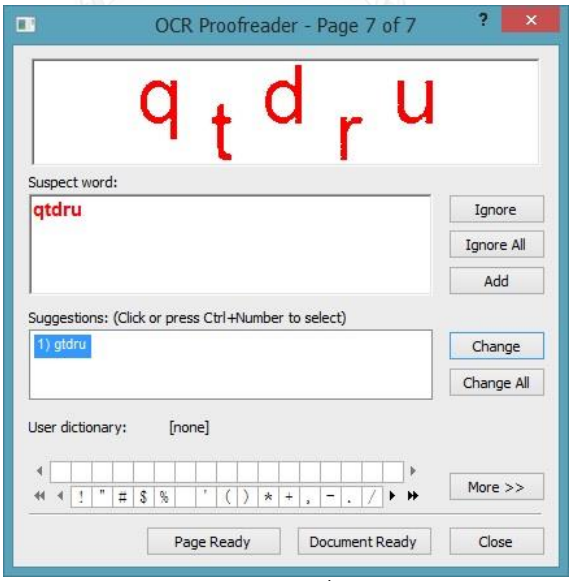
$$z = \frac{0.7563 - 0.7037}{\sqrt{0.7466(1 - 0.7466)(\frac{1}{238} + \frac{1}{54})}} = 0.8022$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

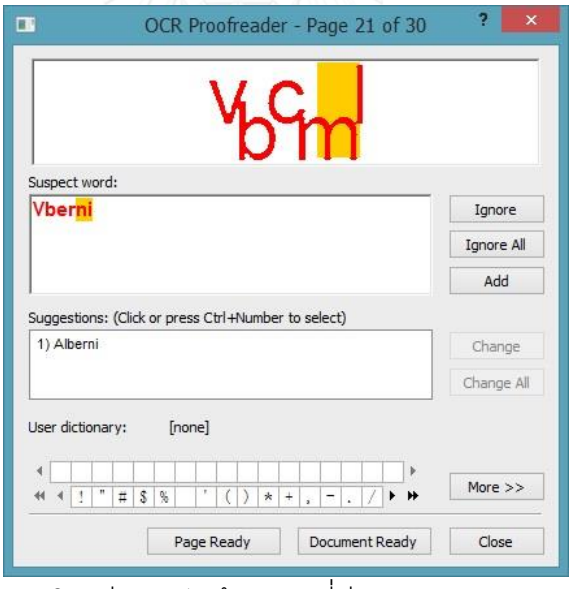
ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรม Omnipage Professional 18

ภาพที่ ง.1 ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ และแสดงอักษรในตำแหน่งปกติของโปรแกรม Omnipage Professional 18 ในที่นี้ถือว่าแคปท์ชาข้อความไม่ทนทาน เพราะอ่านได้ถูกต้อง



ภาพที่ ง.2 ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่ขยายระยะห่างระหว่างอักษร 8 พอยต์ และแสดงอักษรยกขึ้นต่ำลงสลับกันห้าพอยต์ของโปรแกรม Omnipage Professional 18 ในที่นี้ถือว่าแคปท์ชาข้อความไม่ทนทาน เพราะอ่านได้ถูกต้อง

ภาพที่ ง.3 ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ และแสดงอักษรในตำแหน่งปกติของโปรแกรม Omnipage Professional 18 ในที่นี้ถือว่าแคปท์ชาข้อความยังทนทาน เพราะอ่านได้ไม่ถูกต้อง



ภาพที่ ง.4 ตัวอย่างผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่บีบระยะห่างระหว่างอักษร 3.4 พอยต์ และแสดงอักษรยกขึ้นต่ำลงสลับกันห้าพอยต์ของโปรแกรม Omnipage Professional 18 ในที่นี้ถือว่าแคปท์ชาข้อความยังทนทาน เพราะอ่านได้ไม่ถูกต้อง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวงศกร รัตติรุจิเศวต เกิดเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร จากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ในปี พ.ศ. 2554 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ (ภาคในเวลาราชการ) ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University