ผลของแบบอักษร การหมุนเอียง จำนวนอักษร และชุดอักขระต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชา

นางสาวมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
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 Graduate School.

EFFECTS OF TYPEFACES, ROTATIONS, NUMBERS AND SETS OF CHARACTERS ON HUMAN AFFIRMATIVE RATES AND ROBUSTNESS RATES OF CAPTCHA

Miss Maneerut Chatrangsan

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 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของแบบอักษร การหมุนเอียง จำนวนอักษร และชุดอักขระต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชา
โดย	นางสาวมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์
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

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เจ้า มงคลนาวิน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร)

มณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ : ผลของแบบอักษร การหมุนเอียง จำนวนอักษร และชุดอักขระต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชา. (Effects of Typefaces, Rotations, Numbers and Sets of Characters on Human Affirmative Rates and Robustness Rates of CAPTCHA) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี, 156 หน้า.

ในปัจจุบันแคปท์ชาข้อความยังคงเป็นปัญหาในการใช้งานสำหรับผู้ใช้ โดยแคปท์ชาข้อความที่ดีจะต้องรอดพ้นจากการโจมตีจากบอต และง่ายต่อการโต้ตอบของมนุษย์ ตัววัดประสิทธิภาพของแคปท์ชา คือ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ อันหมายถึง อัตราที่ผู้ใช้สามารถระบุอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ อันหมายถึง อัตราที่แคปท์ชาข้อความสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจที่จะวิเคราะห์ผลของ (1) การหมุนเอียงอักษร (2) แบบอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) ชุดอักขระ ต่อ อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า แบบอักษร และชุดอักขระ ของแคปท์ชาข้อความมีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทว่าผลของ (1) การหมุนเอียงอักษร หรือ (2) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่มีนัยสำคัญ นอกจากนี้ผลของทุกตัวแปรอิสระต่ออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่มีนัยสำคัญ ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษานี้เป็นการต่อยอดองค์ความรู้ของการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ อีกทั้งผู้พัฒนาแคปท์ชาข้อความยังใช้เป็นข้อมูลในการเลือกระดับการเอียงตัวอักษร แบบตัวอักษร จำนวนอักษร และชุดอักขระให้ง่ายต่อการใช้งานของมนุษย์ และยากต่อการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ

ภาควิชา สถิติ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5381868426 : MAJOR BUSINESS SOFTWARE DEVELOPMENT
KEYWORDS : CAPTCHA / TYPEFACES / ROTATIONS / NUMBERS AND SETS OF CHARACTERS / HUMAN AFFIRMATIVE RATES / ROBUSTNESS RATES OF CAPTCHA

MANEERUT CHATRANGSAN: EFFECTS OF TYPEFACE, ROTATIONS, NUMBERS AND SETS OF CHARACTERS ON HUMAN AFFIRMATIVE RATES, ROBUSTNESS RATES OF CAPTCHA. ADVISOR: ASST. PROF. CHATPONG TANGMANEE, Ph.D., 156 pp.

Text-based CAPTCHAs are still a problem for users. Acceptable CAPTCHAs must be tolerant to for computer attacks but easily solved by humans. Metrics to measure the effectiveness of CAPTCHAs are (1) a human affirmative rate which means the rate through which users can identify the text that appears in CAPTCHAs correctly and (2) a robustness rate of CAPTCHAs which means the rate through which CAPTCHAs are saved from OCR attack. Therefore, it is interesting to examine factors related to text-based CAPTCHAs. This study examined the effects of (1) rotations (2) typefaces (3) numbers of characters and (4) sets of characters on human affirmative rates and robustness rates of CAPTCHA.

The study is based on a laboratory experiment. The analysis indicated that the effects of typefaces and sets of characters of CAPTCHA are statistically significant on a human affirmative rate at the 0.05 level, but the effects of (1) rotations or (2) the numbers of characters of CAPTCHA were not significant. In addition, the effects of all independent variables on a robustness rate of CAPTCHA were not significant. In addition to extending knowledge of text-based CAPTCHA's design, developers could apply the findings to select rotation, typeface, numbers and sets of characters of text-based CAPTCHA that is still easy for human but difficult for computer attacks.

Department : Statistics Student's Signature .....
Field of Study : Business Software Development Advisor's Signature .....
Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่า เพื่อให้คำปรึกษาและความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์อย่างยิ่ง ตลอดจนให้โอกาสและสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถาวร อานุภาพไตรรงค์ ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เจ้า มงคลนาวิน กรรมการวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ช่วยชี้แนะแนวทาง และให้ความรู้ที่มีคุณค่าในการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำ ทำให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

การเก็บข้อมูลหน่วยทดลองของงานวิจัยนี้ จะไม่สามารถดำเนินไปได้ด้วยดี หากปราศจากอาจารย์ทุกท่านดังต่อไปนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. อุทัย ตันละมัย และโครงการ "กลุ่มวิจัยจินตทัศน์ธุรกิจ" ที่กรุณามอบทุนสำหรับการซื้อโปรแกรม Omnipage Professional 18 ที่เป็นเครื่องมือสำคัญของการทดลองนี้ รวมถึงอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาในการติดต่อหน่วยทดลอง ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัชพงศ์ ตั้งมณี, ศาสตราจารย์ ดร.อุทัย ตันละมัย, อาจารย์ ดร.พิมพ์มณี รัตนวิชา, รองศาสตราจารย์ ดร.อัษฎาพร ทรัพย์สมบูรณ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพล อัสสะรัตน์, อาจารย์ ดร.ณัฐชานนท์ โกมุทพุฒิพงศ์, อาจารย์ ดร.ปริญดา มณีโรจน์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญลักษณ์ วิจิตรสาระวงศ์, อาจารย์ ดร.วิลาสินี วงศ์แก้ว, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรัชย์ ภัทรโกศล และอาจารย์ชัยสุทธิ์ จงถาวรวิทยา นอกจากนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติ และเจ้าหน้าที่ศูนย์คอมพิวเตอร์ ตึก 9 คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลของงานวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งหน่วยทดลองทุกท่านที่เสียสละเวลาเพื่อมาให้ข้อมูลในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ที่สำคัญยิ่งต้องขอขอบพระคุณคุณแม่ คุณพ่อ ที่มอบกำลังใจและคอยเป็นห่วงตลอดมา รวมทั้งพี่สาวที่คอยสอบถามถึงความก้าวหน้าของงานวิจัย และเพื่อนๆ ทุกคน รวมทั้งเพื่อนๆ ในหลักสูตรการพัฒนาซอฟต์แวร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 14

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 14

1.4 ตัวแปรสำคัญที่ศึกษา..... 15

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 18

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 18

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 19

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม..... 20

2.1 ความนำ..... 20

2.2 การป้องกันการส่งข้อความก่อกวนบนเว็บไซต์ และจุดเริ่มต้นของแคปท์ชา..... 20

2.3 รูปแบบและพัฒนาการของแคปท์ชา..... 21

2.4 ปัญหาของแคปท์ชาข้อความ..... 29

2.5 การรับรู้และกระบวนการทำงานของสมอง..... 33

2.6 แบบอักษรและความยากง่ายในการอ่านอักษร..... 36

2.7 โปรแกรมโอซีอาร์กับการอ่านอักษร..... 40

2.8 โปรแกรม Omnipage Professional 18..... 41

2.9 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 41

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย..... 43

3.1 ความนำ..... 43

3.2 แนวทางการศึกษาและการทดสอบสมมติฐาน..... 43

หน้า

3.3 ประชากรและหน่วยทดลอง..... 48
3.4 การเลือกหน่วยทดลองและจำนวนหน่วยทดลอง..... 49
3.5 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล..... 50
3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล..... 63
3.7 ประเด็นความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เก็บ..... 65
3.8 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล..... 66
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 70
4.1 ความนำ..... 70
4.2 ลักษณะการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลอง..... 70
4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์..... 73
4.4 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับที่แตกต่างกัน..... 75
4.5 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน..... 75
4.6 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน..... 76
4.7 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน..... 76
4.7.1 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่..... 77
4.7.2 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก 78
4.7.3 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่..... 78
4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ..... 79
4.9 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับที่แตกต่างกัน..... 82

หน้า

4.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน…… 83
4.11 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน…..……. 84
4.12 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน…..……...…… 84
4.13 สรุปผลการวิเคราะห์อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ……..……. 85
4.14 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรที่ระดับศูนย์องศา หรือไม่มีการหมุนเอียงอักษร…….…. 86
4.15 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา……..……..…….. 88
4.16 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาถูกโจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร……..……..…….. 91
4.17 ผลการแสดงอักษรตัวใหญ่ของแคปท์ชาข้อความ……,,…….. 96
4.18 ผลการแสดงอักษรตัวเล็กของแคปท์ชาข้อความ……..…….. 97
4.19 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลอง……..……..……..……... 99
4.20 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของหน่วยทดลอง…… 100
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ…….. 103
5.1 ความนำ…….. 103
5.2 การทดลองและลักษณะของหน่วยทดลอง…… 103
5.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ….. 103
5.4 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ…… 104
5.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ กับแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ…… 105
5.6 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กับแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ….. 105

หน้า

5.7 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน..... 106
5.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน..... 107
5.9 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน..... 108
5.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน..... 109
5.11 การลองเปรียบเทียบอัตราความทานของแคปท์ชา..... 110
5.12 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลอง..... 111
5.13 การนำงานวิจัยไปใช้ (Contribution)..... 111
5.14 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 113
รายการอ้างอิง..... 115
ภาคผนวก..... 122
ภาคผนวก ก แบบสอบถามและใบงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้..... 123
ภาคผนวก ข รูปแบบแคปท์ชาข้อความ..... 126
ภาคผนวก ค สมการคำนวณค่า z..... 129
ภาคผนวก ง วิธีการคำนวณค่า z ของการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 130
ภาคผนวก จ วิธีการคำนวณค่า z ของแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 133
ภาคผนวก ฉ วิธีการคำนวณค่า z ของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 135
ภาคผนวก ช วิธีการคำนวณค่า χ^2 ของชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ..... 137
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง..... 142
ภาคผนวก ฌ ผลการโจมตีแคปท์ชาของโปรแกรม Omnipage Professional 18..... 149
ภาคผนวก ญ รูปแบบ และผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา..... 151
ภาคผนวก ฎ รูปแบบ และผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา..... 153
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 156

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลการโจมตีตัวอักษรหนึ่งตัวอักษรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติของ Chellapilla และคณะ (2005).....	6
2.1	ตัวอย่างการบิดเบือนของไมโครซอฟท์.....	30
2.2	ตัวอย่างของการรบกวนอักขระ.....	30
2.3	แสดงตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ประกอบด้วยตัวอักษรที่น่าสับสน จากเว็บไซต์ google.com (Yan and Ahmad, 2008).....	31
3.1	รูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 24 แบบ.....	56
3.2	ตาราง Captcha ตารางเก็บข้อมูลรูปแบบแคปท์ชาข้อความ.....	59
3.3	ตาราง Answer ตารางเก็บข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์.....	60
3.4	ตาราง Demographics ตารางเก็บข้อมูลส่วนบุคคล.....	60
3.5	ตาราง Song ตารางเก็บข้อมูลเพลง.....	61
3.6	ตาราง SongType ตารางเก็บข้อมูลประเภทเพลง.....	61
3.7	ตาราง Alphabet ตารางเก็บข้อมูลตัวอักษร.....	62
3.8	ตาราง AlphabetFrequency ตารางแสดงความถี่ของตัวอักษร.....	62
3.9	ตารางแสดงแคปท์ชาข้อความที่ได้จากการทดลอง.....	63
3.10	ตารางแสดงข้อมูลการโจมตีแคปท์ชาข้อความ.....	63
4.1	ข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง.....	71
4.2	จำนวนหน่วยทดลอง จำแนกตามรูปแบบการทดลอง.....	72
4.3	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ.....	73
4.4	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ...	73
4.5	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ.....	74
4.6	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ....	74
4.7	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ.....	80

ตารางที่ หน้า

4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 80

4.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 81

4.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ..... 81

4.11 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง……..…… 85

4.12 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา..... 87

4.13 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา..... 89

4.14 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาถูกโจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร..... 92

4.15 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 94

4.16 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชา..... 94

4.17 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชา..... 94

4.18 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชา..... 95

4.19 สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรใหญ่ของแคปท์ชาข้อความ..... 96

4.20 สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรตัวเล็กของแคปท์ชาข้อความ…..…… 98

4.21 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตา..... 99

4.22 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ทางสายตา..... 100

ก.1 ผลสรุปอักษรใดอ่านง่ายที่สุด..... 124

ข.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 24 รูปแบบ..... 128

ง.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 130

ตารางที่ หน้า

ง.2 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 131
จ.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ... 133
จ.2 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 134
ฉ.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 135
ฉ.2 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ..... 136
ช.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ.... 137
ช.2 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ.... 140

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Skype.com.....	2
1.2	ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Yahoo! Mail.....	2
1.3	ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Captcha.net.....	2
1.4	ตัวอย่างการเลื่อนอักษรขึ้นลงของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.5	ตัวอย่างอักษรปกติที่ไม่ถูกบิดเบือนของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.6	ตัวอย่างการหมุนเอียงอักษรระดับ 30 องศาของ Chellapilla และคณะ (2005).	4
1.7	ตัวอย่างการย่อและขยายอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.8	ตัวอย่างการห่อภายนอกอักขระของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.9	ตัวอย่างการห่อภายในอักขระของตัวมันเองไม่ขึ้นกับอักษรตัวอื่นของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.10	ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งบางทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005).....	4
1.11	ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งหนาทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005).....	5
1.12	ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005)...	5
1.13	ตัวอย่างการหมุนเอียงอักขระของ Chellapilla และคณะ (2005).....	5
1.14	ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับศูนย์องศา.....	7
1.15	ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับลบ 45 องศา.....	7
1.16	ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับบวก 45 องศา.....	7
1.17	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ถูกทำให้เส้นอักษรขาดหาย (Rusu and Govindaraju, 2005).....	8
1.18	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ถูกใส่เส้นรบกวนอักษร (Rusu and Govindaraju, 2005).....	8
1.19	ประเภทอักษรของ Miller (2002).....	9
1.20	รูปร่างของคำที่แตกต่างกันระหว่างการใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กและตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ของ Arditi และ Cho (2007).....	10
1.21	แบบจำลองความจำมนุษย์ของ Atkinson และ Shiffrin (1968).....	12
1.22	ตัวอย่างอักษรตัวพิมพ์ที่ใช้ในงานนี้.....	15
1.23	ตัวอย่างอักษรตัวเขียนที่ใช้ในงานนี้.....	15

ภาพที่ หน้า

1.24 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด..... 16
1.25 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ทั้งหมด..... 16
1.26 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด..... 16
1.27 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนเล็กทั้งหมด..... 16
1.28 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก..... 17
1.29 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมกับตัวเขียนเล็ก..... 17
1.30 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก..... 17
1.31 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมกับตัวเขียนเล็ก..... 17
2.1 ตัวอย่าง CAPTCHA ของเว็บไซต์ AltaVista..... 21
2.2 ตัวอย่าง CAPTCHA แบบ GIMPY (Mori and Malik, 2003)..... 22
2.3 ตัวอย่าง AssoCAPTCHA..... 23
2.4 ตัวอย่าง Implicit CAPTCHA..... 23
2.5 ตัวอย่าง reCAPTCHA 24
2.6 ตัวอย่าง Handwritten CAPTCHA..... 25
2.7 ตัวอย่าง Bango CAPTCHA..... 26
2.8 ตัวอย่าง PIX CAPTCHA จากเว็บไซต์ captcha.net..... 26
2.9 ตัวอย่าง Asirra CAPTCHA..... 27
2.10 ตัวอย่าง reCAPTCHA (Audio-based)..... 28
2.11 ตัวอย่าง Video CAPTCHA ของ Kluever และ Zanibibbi (2009)..... 28
2.12 แบบจำลองความจำมนุษย์ของ Atkinson และ Shiffrin (1968)..... 35
2.13 ประเภทอักษรของ Miller (2002)..... 38
3.1 ตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรทั้งสี่ตัวลบ 45 องศา..... 50
3.2 ตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรทั้งสี่ตัวบวก 45 องศา..... 51
3.3 คำถามข้อมูลส่วนบุคคลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้..... 55
3.4 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับสูงสุด (Context Diagram) ของระบบดาวน์โหลดเพลง..... 57
3.5 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1) ของระบบดาวน์โหลดเพลง..... 58
3.6 แผนภาพการออกแบบฐานข้อมูลของระบบดาวน์โหลดเพลง (ER-Diagram)..... 59

ภาพที่		หน้า
3.7	แผนภาพการไหลของข้อมูลสูงสุด (Context Diagram) ของโปรแกรมโอซีอาร์...	62
3.8	แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1) ของโปรแกรมโอซีอาร์.....	63
3.9	แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง.....	64
3.10	แสดงตัวแบบที่ศึกษาในงานวิจัย.....	67
ซ.1	โฮมเพจของเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง.....	142
ซ.2	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงไทยสากล.....	143
ซ.3	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงรำวง.....	144
ซ.4	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงไทยพื้นบ้าน.....	145
ซ.5	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงแคปท์ชาข้อความ.....	145
ซ.6	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงตัวชี้บอกความคืบหน้าสำหรับการรอลิงค์ดาวน์โหลดเพลง.....	146
ซ.7	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงลิงค์ดาวน์โหลดเพลง.....	146
ซ.8	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงลิงค์ให้หน่วยทดลองตอบคำถามส่วนตัว.....	147
ซ.9	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงคำถามส่วนตัว.....	147
ซ.10	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์.....	148
ซ.11	เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงข้อมูลส่วนตัวของหน่วยทดลอง.....	148
ฌ.1	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์.....	149
ฌ.2	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน.....	149
ฌ.3	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์.....	150
ฌ.4	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน.....	150
ญ.1	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์.....	152
ญ.2	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา แบบอักษรตัวเขียน.....	152

ภาพที่		หน้า
ฎ.1	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา	155
ฎ.2	ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 90 องศา	155

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

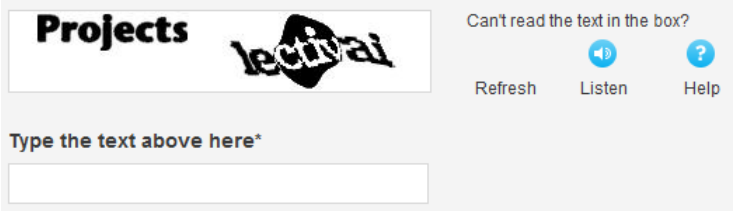
ในปัจจุบัน อินเทอร์เน็ตเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของผู้คนเป็นอย่างมาก และมีจำนวนผู้เข้าใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยสูงขึ้น ในปี 2554 จำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ตมีแนวโน้มที่จะขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2553) นอกจากนี้ ยังมีเว็บไซต์ต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย ในบรรดาเว็บไซต์เหล่านั้นมีหลายแห่งที่เปิดรับให้ผู้ใช้สามารถสมัครเป็นสมาชิกของเว็บไซต์ แสดงความคิดเห็น หรือส่งข้อความกลับไปยังเว็บไซต์ได้ ในขณะเดียวกัน การเปิดรับข้อความจากผู้ใช้ในลักษณะเช่นนี้ รวมถึงการสมัครเป็นสมาชิกของเว็บไซต์ จึงเป็นโอกาสให้ผู้ไม่ประสงค์ดี แต่มีความรู้ทางคอมพิวเตอร์อาศัยช่องทางนี้พัฒนาโปรแกรมเพื่อส่งข้อความก่อกวน หรือส่งข้อความโฆษณาต่างๆ ที่ผู้ใช้ไม่ได้ร้องขอเป็นจำนวนมาก หรือที่เรียกว่า “สแปม” (Spam) และก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้ใช้ส่วนใหญ่ เนื่องจากข้อความเหล่านั้นไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบนเว็บไซต์นั้นๆ (Tangmanee and Sujarit-apirak, 2008) โดยสแปมเหล่านี้จะถูกส่งโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ หรือรู้จักโดยทั่วไปว่าบอต ทั้งนี้คอมพิวเตอร์อัตโนมัติ หรือบอต คือ ซอร์ฟแวร์ที่มักจะถูกติดตั้งบนเครื่องไคลเอนต์ ให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานตามคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้โดยอัตโนมัติ

ดังนั้น จึงมีผู้คิดค้นวิธีการป้องกันการก่อกวนดังกล่าวด้วยประดิษฐกรรมที่เรียกว่า “CAPTCHA” (Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart) โดยแคปท์ชา คือ การทดสอบเพื่อแยกระหว่างความเป็นมนุษย์กับความเป็นคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ที่คำตอบต่อการทดสอบนั้นจะบ่งชี้ว่าผู้ใช้งานเป็นมนุษย์ ไม่ใช่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ และผู้ใช้จำเป็นต้องตอบการทดสอบให้ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้บริการของเว็บไซต์นั้นได้ โดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติหรือบอตจะไม่สามารถตอบแบบทดสอบได้ถูกต้อง (Ahn, Blum, and Langford, 2004; Shirali-Shahreza and Shirali-Shahreza, 2007)

แคปท์ชาสามารถจำแนกได้สองกลุ่มหลักๆ คือ (1) กลุ่มแคปท์ชาแบบรู้จำอักขระทางภาพ (OCR-based CAPTCHA) ในกลุ่มนี้จะเป็นแคปท์ชาที่ใช้ข้อความเป็นหลัก (Text-Based CAPTCHA) โดยจะแสดงชุดอักษรหรือตัวเลขที่มีลักษณะบิดเบี้ยว และกำหนดให้ผู้ใช้ต้องพิมพ์ชุดอักษรที่ปรากฏ เพื่อยืนยันว่าเป็นมนุษย์จริงๆ ไม่ใช่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ และ (2) กลุ่มแคปท์ชาแบบไม่สามารถรู้จำอักขระทางภาพ (Non-OCR based CAPTCHA) ในกลุ่มนี้จะ

ได้แก่ แคปท์ชารูปภาพ (Image-Based CAPTCHA) แคปท์ชาเสียง (Audio-Based CAPTCHA) หรือแคปท์ชาวีดีโอ (Video-Based CAPTCHA) (Kluever and Zanibbi, 2009)

การศึกษานี้ได้เลือกแคปท์ชาข้อความมาเป็นประเด็นสำคัญของการวิจัย เนื่องจากแคปท์ชาข้อความได้ถูกนำมาใช้งานมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถสร้างแบบทดสอบของแคปท์ชาข้อความได้หลายลักษณะ (Kolupave and Ogijenko, 2008) แม้ในปัจจุบันจะมีความพยายามในการสร้างโปรแกรมตอบการทดสอบของแคปท์ชาข้อความ หรือใช้โปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) เพื่อตอบแคปท์ชา แต่แคปท์ชาข้อความยังคงเป็นทางเลือกสำคัญของการป้องกันโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติไม่ให้รบกวนผู้ใช้งานเว็บไซต์ ทั้งนี้ภาพที่ 1.1 ถึง 1.3 คือตัวอย่างของแคปท์ชาข้อความ



ภาพที่ 1.1 ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Skype.com

ภาพที่ 1.2 ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Yahoo! Mail

ภาพที่ 1.3 ตัวอย่าง CAPTCHA จากเว็บไซต์ Captcha.net

เป็นที่เข้าใจกันว่าแคปท์ชาประเภทข้อความที่ดี ควรรอดพ้นจากการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ งานวิจัยในอดีต (Mori and Malik, 2003; Gupta et al., 2009; Thomas, Choudhury and Govindaraju, 2010) ได้ทดสอบแคปท์ชาที่พัฒนากับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

อัตโนมัติ แต่ปัญหาของงานเหล่านี้คือ (1) แคปท์ชาที่มนุษย์สามารถตอบได้อย่างถูกต้องโดยง่ายมักตกเป็นเป้าหมายของการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ในขณะที่ (2) แคปท์ชาที่รอดการโจมตีมักใช้อักขระที่มนุษย์ทั่วไปอ่านไม่ได้ (Yan and Ahmad, 2008) ดังนั้นประเด็นที่สำคัญ คือ การออกแบบแคปท์ชาที่มนุษย์เข้าใจและโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องแต่ไม่ยากนัก และโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติยังไม่สามารถโจมตีได้ ประเด็นการออกแบบแคปท์ชาข้อความสี่ประเด็นที่งานนี้ให้ความสำคัญ คือ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

งานวิจัยของไมโครซอฟท์ (2005) ได้ตรวจสอบวิธีการบิดเบือนอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาและได้จำแนกการบิดเบือนตัวอักษรออกเป็นสี่แบบ ได้แก่ (1) การเลื่อน (Translation) เป็นการเลื่อนตำแหน่งของตัวอักขระขึ้นหรือลง และไปทางซ้ายหรือขวา ภาพที่ 1.4 คือตัวอย่างแคปท์ชาที่แสดงตัวอักษรสูงต่ำในแนวตั้ง เช่น อักษร X ตัวสุดท้ายอยู่ในระดับต่ำสุด อีกทั้งยังอยู่ห่างจากตัวเลข 9 ที่มิได้อยู่ในระดับเดียวกัน เหมือนกับที่เป็นอักขระปกติ ดังที่แสดงในภาพที่ 1.5 (2) การหมุนเอียง (Rotation) เป็นการเอียงตำแหน่งของตัวอักขระในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา ภาพที่ 1.6 คือตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 5 อักษร P และ อักษร M ตัวที่ห้า เอียงไป 30 องศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ระดับลบ 30 องศา) และอักษร B, U, M, L และ B เอียงไป 30 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ระดับบวก 30 องศา) (3) การย่อและขยาย (Scaling) เป็นการย่อหรือขยายตัวอักขระในแนวตั้งและแนวนอน เช่นภาพที่ 1.7 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่อักษร H, G, N, และ U ถูกย่อให้มีขนาดเล็กลง และอักษร C, Z และ K ถูกขยายให้ใหญ่เมื่อเทียบกับตัวอื่นในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ รูปร่างของอักขระจึงผิดเพี้ยนไปจากเดิม และ (4) การห่อ (Wrap) เป็นการแทนเส้นตรงของอักขระด้วยเส้นขรุขระทั้งในแนวตั้งหรือแนวนอน โดยการห่อมีสองแบบ ได้แก่ (ก) การห่อภายนอก (Global Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขจะมีลักษณะโค้งงอและขยายออกโดยเทียบเคียงกับอักษรหรือตัวเลขที่อยู่ใกล้เคียงกัน ภาพที่ 1.8 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 3, 2, 7 และ อักษร B อักษรถูกทำให้โค้งงอ และอักษร U, H และ F ถูกทำให้ขยายออก แต่เป็นการโค้งงอและแผ่ขยายออกของตัวอักขระเหมือนยางที่ถูกดึง และ (ข) การห่อภายใน (Local Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขโดยการทำให้เส้นของอักษรหรือตัวเลขแต่ละตัวโค้งงอเหมือนถูกห่อเข้าด้วยกัน เกิดเป็นคลื่นเล็กๆ ภายในอักษรหรือตัวเลข โดยการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขในลักษณะนี้ไม่ขึ้นกับอักษรที่อยู่ก่อนหน้าหรือที่อยู่ติดกัน ภาพที่ 1.9 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 7 ถูกทำให้โค้งงอภายในตัวของมันเอง โดยไม่ขึ้นกับอักษร S, X, U, P, G, C และ B

นอกจากนี้ ไมโครซอฟต์ได้เพิ่มการรบกวนตัวอักขระ เข้ากับการบิดเบือนแบบต่างๆ ได้แก่ (1) เส้นโค้งบางทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งบางทับลงบนตัวอักขระ ดังตัวอย่างภาพที่ 1.10 (2) เส้นโค้งหนาทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งหนาทับลงบนตัวอักขระ ดังตัวอย่างภาพที่ 1.11 และ (3) เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งหนาแบบไม่ทับตัวอักขระ ดังตัวอย่างในภาพที่ 1.12

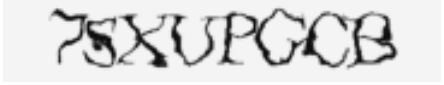
ภาพที่ 1.4 ตัวอย่างการเลื่อนอักษรขึ้นลงของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างอักษรปกติที่ไม่ถูกบิดเบือนของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.6 ตัวอย่างการหมุนเอียงอักษรระดับ 30 องศาของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.7 ตัวอย่างการย่อและขยายอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.8 ตัวอย่างการห่อภายนอกอักขระของ Chellapilla และคณะ (2005)



ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างการห่อภายในอักขระของตัวมันเองไม่ขึ้นกับอักษรตัวอื่นของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.10 ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งบางทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งหนาทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005)

ภาพที่ 1.12 ตัวอย่างการใส่เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักษรของ Chellapilla และคณะ (2005)

ในการตรวจสอบวิธีการบิดเบือนอักขระในแคปท์ชาทั้งสี่แบบ และการเพิ่มการรบกวนอักขระที่กล่าวมา ไมโครซอฟท์ (Chellapilla et al., 2005) ได้ให้หน่วยทดลองตอบแคปท์ชาที่ถูกบิดเบือนในลักษณะต่างๆ ปรากฏว่าการหมุนเอียงอักขระ (Rotation) ตั้งแต่ลบ 45 ถึง 45 องศา ดังภาพที่ 1.13 เป็นการบิดเบือนที่ร้อยละ 99 ของหน่วยทดลองยังคงตอบได้ถูกต้อง นอกจากนี้นักวิจัยที่ไมโครซอฟท์ได้ทดลองนำตัวอักษรหนึ่งตัวที่ได้บิดเบือนตามทั้งสี่แบบข้างต้นมาให้คอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตี พบว่าการหมุนเอียงอักษร เป็นการบิดเบือนที่คอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีไม่ได้เลย นั่นคือมีอัตราการตอบถูกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการบิดเบือนในลักษณะอื่น ตารางที่ 1.1 ได้แสดงว่าช่วงการตอบถูกของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติของการหมุนเอียงอักขระอยู่ที่ 0.00 - 0.00 เปอร์เซ็นต์ และเป็นช่วงที่น้อยที่สุด ส่วนลำดับรองลงมา คือ การห่อภายในอักขระ และต่อมาคือ การใช้เส้นโค้งบางทับตัวอักขระ การห่อภายในตัวอักขระร่วมกับการบิดเบือนหลักในการทดลอง การห่อภายนอกตัวอักขระ เส้นโค้งหนาทับตัวอักขระ และเส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักขระตามลำดับ

Example of Rotation Text, levels 15 (PWVDYLVH), 30 (B5PYMMLB), and 45 (GSB5776E)

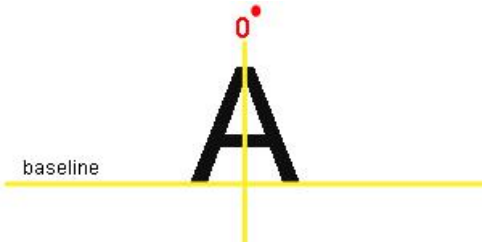
ภาพที่ 1.13 ตัวอย่างการหมุนเอียงอักขระของ Chellapilla และคณะ (2005)

ตารางที่ 1.1 ผลการโจมตีตัวอักษรหนึ่งตัวอักษรด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติของ Chellapilla และคณะ (2005)

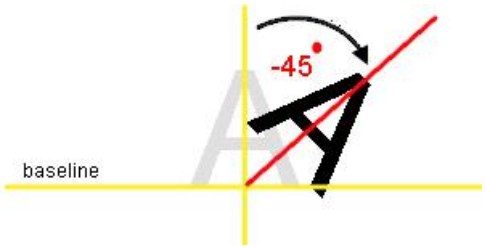
การบิดเบือน (ช่วงพารามิเตอร์)	ช่วงการตอบถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ (ร้อยละ)
การหมุนเอียงตัวอักขระ (-45 องศา ถึง 45 องศา)	0.00 - 0.00
การห่อภายนอกตัวอักขระ (120 - 360)	0.04 – 8.08
การห่อภายในตัวอักขระ (20 - 80)	0.01 – 3.51
การห่อภายในตัวอักขระ (20 - 80) + การบิดเบือนหลักในการทดลอง (การเลื่อนตัวอักขระ 20 เปอร์เซ็นต์ของขนาดอักขระ, การหมุนเอียงอักขระ 20 องศา, การย่อและการขยายอักขระ 20 เปอร์เซ็นต์, การห่อภายนอกที่ระดับ 75)	0.01 – 5.23
เส้นโค้งบางทับตัวอักขระ (9 เส้น - 45 เส้น)	0.04 – 3.07
เส้นโค้งหนาทับตัวอักขระ (9 เส้น - 45 เส้น)	0.27 – 34.04
เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักขระ (9 เส้น - 45 เส้น)	0.16 – 0.30

เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติดูจะไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาที่หมุนเอียงได้ แต่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้โดยง่าย การวิจัยนี้จึงสนใจการหมุนเอียงอักขระ โดยที่การหมุนเอียงอักขระหมายถึง การเอียงอักขระไปในมุมตามต้องการสำหรับแสดงเป็นแคปท์ชาข้อความ โดยการวัดมุมจะวัดจากอักษรที่ตั้งตรงกับเส้นบรรทัด (baseline) ทั้งนี้เส้นบรรทัด คือ เส้นตรงแนวนอนที่ตัวอักขระวางอยู่ในแนวเดียวกัน ปกติอักขระจะตั้งบนเส้นบรรทัดโดยไม่ลอยสูงขึ้นหรือต่ำกว่าเส้นบรรทัด การตั้งตรงของอักษรเอในภาพที่ 1.14 คือการแสดงที่ศูนย์องศาหรือไม่หมุนเอียงนั่นเอง ทั้งนี้การศึกษาในอดีต (Chellaapilla et al., 2005; Imsamai and Phimoltares, 2010) ได้กำหนดระดับการหมุนเอียงของอักษรไว้ตั้งแต่ลบ 45 องศา ถึงบวก 45 องศา และอ้างว่ามีประสิทธิภาพมาก ทว่ายังไม่มีการเปรียบเทียบเชิงประจักษ์ยืนยันความสามารถของการแสดงอักขระที่สองมุมการหมุน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเปรียบเทียบการหมุนเอียงอักษรในแคปท์ชาที่ (1) ระดับลบ 45 องศา โดยอักษรจะหมุนเอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทางขวา ภาพที่ 1.15 แสดงอักษร A ที่เอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทำมุม 45 องศากับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัด และ (2) ที่ระดับบวก 45 องศา โดยอักษรจะหมุนเอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หรือทางซ้าย ภาพที่ 1.16

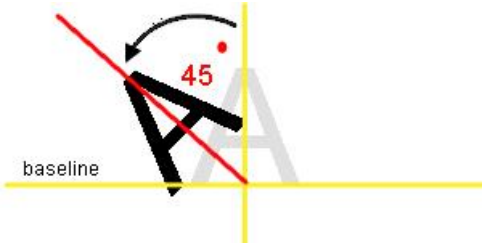
แสดงอักษร A ที่เอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หรือทำมุม 45 องศากับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัด



ภาพที่ 1.14 ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับศูนย์องศา



ภาพที่ 1.15 ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับลบ 45 องศา

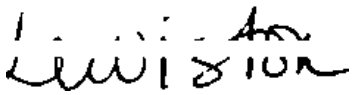


ภาพที่ 1.16 ตัวอย่างการเอียงอักษรระดับบวก 45 องศา

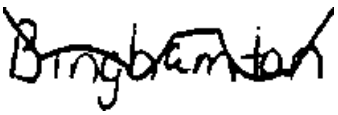
ทั้งนี้ Rusu และ Govindaraju (2004) ได้พัฒนาแคปท์ชาประเภทข้อความแบบลายมือมนุษย์ โดยแคปท์ชาประเภทข้อความแบบลายมือมนุษย์เป็นแคปท์ชาแสดงอักษรอังกฤษที่เป็นการเขียนจากมนุษย์ไม่ใช่แบบอักษรที่ใช้กับแคปท์ชาข้อความทั่วไป และ Rusu และ Govindaraju (2004) ได้นำมาทดสอบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ อันเป็นการต่อยอดจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติที่ Kim และ Govindaraju (1997) พัฒนาขึ้นมา เพื่อต้องการใช้โปรแกรมที่เป็นรูปแบบการจดจำคำ (word recognition) ที่ชื่อว่า Word Model Recognizer (WMR) โดย Rusu และ Govindaraju (2004) สรุปว่าโปรแกรม WMR มีอัตราการตอบแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ผิดไปตั้งแต่ร้อยละ 88 ถึง 97 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในปี 2005 Rusu และ Govindaraju ได้พัฒนาแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ และได้บิดเบือนแคปท์ชาโดยการทำ

ให้เส้นอักขระขาดหาย หรือเพิ่มเส้นรบกวนข้อความ ภาพที่ 1.17 จะเห็นคำว่า Lewiston อันเป็นแคปท์ชาที่ได้ถูกทำให้เส้นอักษรขาดหาย หรือเส้นอักษรไม่ต่อกันเหมือนอักษรปกติ และในภาพที่ 1.18 คำว่า Binghamton ถูกทำให้บิดเบือนโดยการเพิ่มเส้นรบกวน ทั้งนี้ Rusu และ Govindaraju (2005) พบว่าความสามารถในการตอบแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติกับมนุษย์นั้นแตกต่างกันมาก คือ อัตราการตอบของมนุษย์นั้นตอบได้ถูกต้องประมาณร้อยละ 80 ส่วนอัตราการตอบได้ถูกต้องของโปรแกรมถอดรหัสข้อความอยู่ประมาณไม่เกินร้อยละ 20

จากงานในอดีตที่กล่าวมาข้างต้น (Rusu and Govindaraju, 2004, 2005) จะเห็นได้ว่าแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์เป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องมากกว่าการโจมตีโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แต่แคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์จากงานในอดีตข้างต้น เป็นแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ แต่ไม่ใช่อักษรแบบตัวเขียนทั้งหมด จากภาพที่ 1.17 จะเห็นว่าอักษร L ที่เป็นอักษรขึ้นต้นของคำว่า Lewiston ไม่เป็นอักษรตัวเขียน



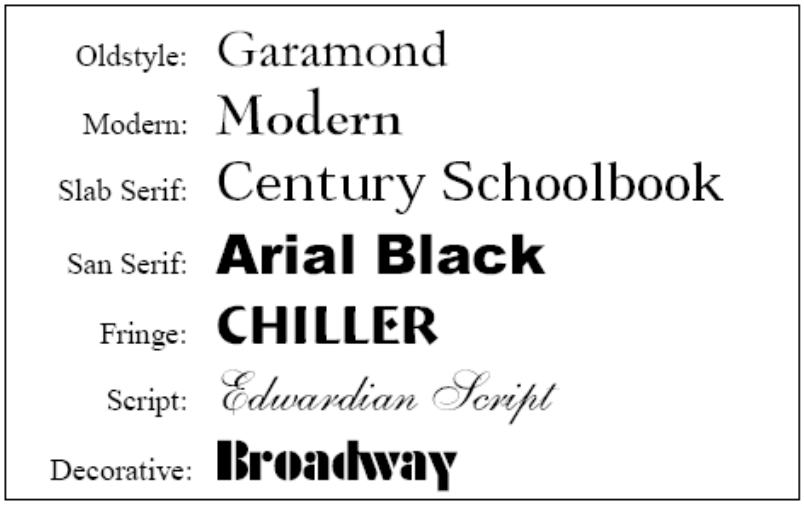
ภาพที่ 1.17 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ถูกทำให้เส้นอักษรขาดหาย
(Rusu and Govindaraju, 2005)



ภาพที่ 1.18 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ถูกใส่เส้นรบกวนอักษร
(Rusu and Govindaraju, 2005)

นอกจากนี้ ยังไม่พบงานในอดีตที่ได้พัฒนาแคปท์ชาข้อความด้วยการใช้ภาษาอังกฤษแบบตัวเขียน ทั้งที่อักษรตัวเขียนมีลักษณะคล้ายกับลายมือของมนุษย์มาก ดังนั้น ประเด็นที่ผู้วิจัยสนใจ คือ แบบตัวอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชา อันจำแนกได้สองแบบคือ (1) แบบตัวเขียน (Cursive Letter) หรือแบบที่คล้ายลายมือมนุษย์ และ (2) แบบตัวพิมพ์ (Typed Letter) อย่างไรก็ตาม Miller (2002) ได้แบ่งประเภทของแบบอักษรออกเป็นเจ็ดกลุ่ม คือ (1) Oldstyle (2) Modern (3) Slab Serif (4) Sans Serif (5) Fringe (6) Script และ (7) Decorative ตามที่ได้แสดงในภาพที่ 1.19 สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบอักษรในกลุ่ม Script เป็นค่าของอักษรแบบตัวเขียน และเลือกอักษรแบบไม่มีเชิง (San Serif) เป็นค่าของอักษรแบบตัวพิมพ์ ทั้งนี้เหตุผลของการเลือกคือ

อักษรแบบ Script มีลักษณะของตัวอักษรที่แสดงแล้วคล้าย ลายมือเขียนมากที่สุด โดยตัวอักษรมีลักษณะต่อเนื่องระหว่างตัวอักษร ช่องว่างระหว่างตัวอักษรน้อย เส้นตัวอักษรหนาบางต่างกัน และตัวอักษรมีลักษณะเอียงขวา ส่วนอักษรแบบไม่มีเชิง มีลักษณะอักษรเป็นแบบอักษรที่ไม่มีเส้นยื่นออกมาที่ฐานและปลายของตัวอักษร เส้นอักษรจะหนาหรือบางเท่ากันหมด อาทิตยา ภู่มณี (2543) ได้กล่าวไว้ว่าตัวอักษรแบบมีเชิง (Serif หรือ Slab Serif) มีคุณสมบัติ คือ สวย แต่ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ และตัวอักษรตระกูล Serif ส่วนใหญ่จะดูเล็กกว่าตัวอักษรแบบอื่นๆ ประกอบกับ Bernard และคณะ (2003) กล่าวว่าแบบอักษร Arial และแบบอักษร Times New Roman เป็นอักษรที่พบบ่อยที่สุดบนเว็บไซต์ อีกทั้ง Bernard และคณะ (2003) พบว่าแบบอักษร Arial ที่อยู่ในอักษรตระกูล San Serif อ่านง่ายกว่าแบบอักษร Times New Roman ที่เป็นอักษรตระกูล Serif

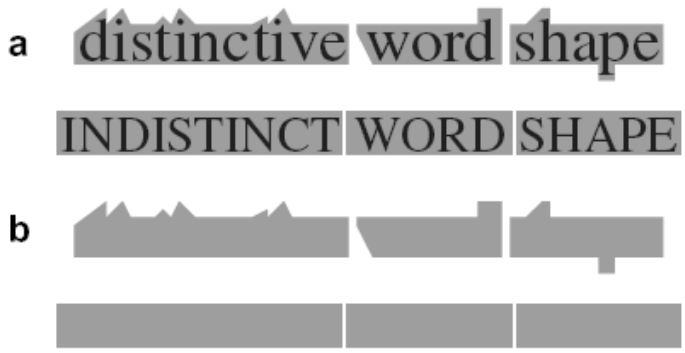


ภาพที่ 1.19 ประเภทอักษรของ Miller (2002)

ชุดอักขระ (Character Sets) ของแคปท์ชาข้อความ เป็นตัวแปรที่สามที่วิทยานิพนธ์นี้ให้ความสนใจ ในที่นี้ ชุดของอักขระ หมายถึง ลักษณะของตัวอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ เช่นตัวอักษร หรือตัวเลข ในภาพที่ 1.1 เป็นตัวอย่างของแคปท์ชาข้อความที่แสดงสองคำ อันได้แก่ Projects และ lectivai ทั้งนี้อักษรทุกตัวที่ปรากฏในแคปท์ชาทั้งหมดนี้ ถือเป็นชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ โดยทั่วไปแล้วการสร้างแคปท์ชาข้อความมีทั้งนำตัวอักษรอังกฤษ และตัวเลข มาใช้ และเมื่อถูกทำให้บิดเบี้ยวด้วยแล้ว จะยิ่งเพิ่มโอกาสสับสนกับมนุษย์ในการโต้ตอบกับแคปท์ชา เนื่องด้วยตัวอักษรบางตัวอักษรกับตัวเลขมีลักษณะคล้ายกัน เช่น ตัวเลข 5 กับ อักษร S หรือ

ตัวเลข 2 กับ อักษร Z เป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะใช้อักษรเท่านั้นไม่รวมตัวเลข ในการพัฒนาแคปท์ชาของการศึกษานี้

อย่างไรก็ตาม ยังมีงานในอดีตที่นำเสนอเกี่ยวกับอักษรภาษาอังกฤษที่สะดวกต่อการอ่านของมนุษย์ เนื่องจากภาษาอังกฤษเป็นภาษาที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย ข้อมูลที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่หรืออักษรตัวพิมพ์เล็ก หรือรวมกันทั้งสองแบบ มักมีผลกระทบต่อการอ่านของมนุษย์ โดย Paterson และ Tinker (1946) พบว่าบุคคลสามารถเข้าใจตัวพิมพ์เล็กได้ง่ายและเร็วกว่าตัวพิมพ์ใหญ่ นอกจากนี้ Arditi และ Cho (2007) ได้อ้างการศึกษาของ Tinker (1963) ว่าข้อความที่ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด หรืออักษรตัวพิมพ์เล็กผสมกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ นำไปสู่ลักษณะรูปทรงของคำที่แตกต่างกันจากที่ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด เนื่องจากอักษรตัวพิมพ์เล็กจะมีเส้นที่ปลายหางของอักษรตัวพิมพ์เล็ก และมักชี้ขึ้นบนหรือลงล่าง จากภาพที่ 1.20 โดย (a) จะแสดงข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดในบรรทัดบน และข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดในบรรทัดล่าง แต่จะมีพื้นหลังสีเทาของแต่ละคำ เพื่อแสดงว่าข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดนั้นจะมีรูปทรงของคำเหมือนกัน แต่ข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กนั้นจะมีรูปทรงของคำที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาที่ (b) พบว่ารูปทรงของคำมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดระหว่างอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และอักษรตัวพิมพ์เล็ก หรืออักษรตัวพิมพ์เล็กผสมกับอักษรตัวพิมพ์ใหญ่



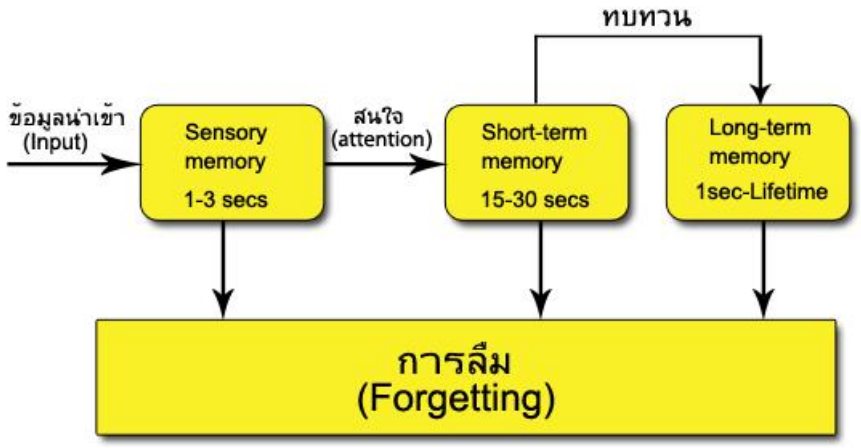
ภาพที่ 1.20 รูปร่างของคำที่แตกต่างกันระหว่างการใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กและตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ของ Arditi และ Cho (2007)

แต่ Poulton (1987) พบว่าการใช้ตัวพิมพ์ทั้งใหญ่และเล็กรวมกันจะมีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์เล็กอย่างเดียว กล่าวคือ ข้อความที่เป็นตัวพิมพ์เล็กอ่านได้เร็วและสรุปเนื้อหาได้เร็วกว่าจนดูเหมือนว่ามีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์ใหญ่ นอกจากนี้ Poulton (1987) ได้กล่าวว่า อักษรตัวพิมพ์ใหญ่จะสามารถดึงดูดความสนใจของผู้อ่านได้ดีกว่าอักษรตัวพิมพ์เล็ก ดังนั้น หากใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดหรือตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดจะไม่สามารถแยกบางคำที่ต้องการให้ผู้อ่าน (ก) สนใจเป็น

พิเศษ หรือ (ข) จดจำง่ายขึ้นได้ การนำเสนออักษรที่ดีจึงควรใช้ทั้งอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก อีกทั้ง Arditi และ Cho (2007) ได้สรุปไว้ว่า ระยะเวลาการอ่านโดยเฉลี่ยของข้อความที่เป็นตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด (All Capital หรือ All Upper-case) เร็วกว่าข้อความที่มีตัวพิมพ์ใหญ่ผสมตัวพิมพ์เล็ก (Mixed) ซึ่งขัดแย้งกับ Tinker (1963) ที่กล่าวไว้ว่าตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรที่มนุษย์อ่านง่ายและเร็วกว่าตัวพิมพ์ใหญ่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเปรียบเทียบสามลักษณะของชุดอักขระ (Character Sets) ของแคปท์ชาข้อความที่เป็น (1) อักษรตัวใหญ่ (2) อักษรตัวเล็ก หรือ (3) การผสมระหว่างอักษรตัวใหญ่และอักษรตัวเล็ก (ทั้งนี้สัดส่วนการผสมจะนำเสนอในบทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย)

นอกจากการหมุนเอียงอักษร แบบอักษร และลักษณะชุดของตัวอักขระข้างต้น อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญต่อการใช้งานแคปท์ชาข้อความ คือ จำนวนอักษรในแคปท์ชาข้อความ ทั้งนี้จำนวนตัวอักษรในแคปท์ชาข้อความ หมายถึง จำนวนตัวอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดย Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมีน้อยจะทำให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง และขณะเดียวกันถ้าจำนวนอักษรมาก จะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แต่ยังไม่มีการเปรียบเทียบว่าจำนวนตัวอักษรในปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่ใช้เป็นแคปท์ชาข้อความ

การทบทวนวรรณกรรมของการรับรู้ของมนุษย์นั้น พบว่าการรับรู้เป็นกระบวนการนำความรู้เข้าสู่สมอง เพื่อรวบรวมและจดจำสิ่งต่างๆ ไว้ อีกทั้งการรับรู้เป็นกระบวนการแปลความ (จำเนียร ช่วงโชติ และคณะ, 2516) การแปลความของสิ่งเร้าจากการรับสัมผัสของอวัยวะสัมผัสต่างๆ ต้องอาศัย ประสบการณ์เดิม หรืออาศัยการเรียนรู้และการคิด ดังนั้นการรับรู้จึงเกี่ยวข้องกับการออกแบบแคปท์ชาข้อความเป็นอย่างมาก กล่าวคือการใช้งานแคปท์ชาข้อความของมนุษย์เป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทางตา สิ่งที่รับรู้เข้ามาทางประสาทสัมผัสจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ความจำระยะสั้น โดย Atkinson และ Shiffrin (1968) ได้เสนอแบบจำลองความจำของมนุษย์ว่ามีสามลักษณะ ที่เรียกว่า Multi-store model และแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์กัน ตามที่แสดงในภาพที่ 1.21



ภาพที่ 1.21 แบบจำลองความจำมนุษย์ของ Atkinson และ Shiffrin (1968)

จากภาพที่ 1.21 จะเห็นว่าเริ่มแรกข้อมูลจะต้องผ่านเข้าไปในส่วนความจำที่เรียกว่าความจำการรู้สึกสัมผัส (Sensory Memory) อันเป็นส่วนเก็บบันทึกข้อมูลจากอวัยวะรับความรู้สึก เช่น ตา หู กายสัมผัส เป็นต้น แต่ข้อมูลที่ผ่านเข้ามาในส่วนความจำการรู้สึกสัมผัสจะเลือนหายไปรวดเร็วภายในเวลา 1 วินาที ถึง 3 วินาที ทำให้เกิดการลืม (Forgetting) ข้อมูลบางส่วนไป และบางส่วนของข้อมูลจากส่วนความจำแบบความจำการรู้สึกสัมผัสที่ถูกสนใจ (Attention) จะผ่านไปสู่การจำในลักษณะที่เรียกว่า ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) หรือรู้จักในชื่อ Working memory ความจำในลักษณะนี้มีความจำกัดของข้อมูลที่บันทึก โดยความจำระยะสั้นจะรับข้อมูลได้ประมาณ 5 ถึง 9 ตัว ถ้าข้อมูลมากกว่านั้นจะเกิดความผิดพลาดขึ้น และข้อมูลที่รับเข้ามาจะหายไปจากความจำระยะสั้นภายในเวลาประมาณ 18 วินาที (ชัยพร วิชชาวุธ, 2520) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่อยู่ในความจำระยะสั้นนี้สามารถคงอยู่ได้นานถึง 30 วินาที หากได้ทบทวน (Rehearsal) ข้อมูลนั้นอยู่ซ้ำๆ หรือหลายครั้ง ข้อมูลที่ถูกทบทวนในความจำระยะสั้นบ่อย จะย้ายไปไว้ในความจำระยะยาวได้ (ชัยพร วิชชาวุธ, 2520) เมื่อได้รับข้อมูลใหม่ ข้อมูลที่ได้รับเข้ามาอาจจะรวมกับข้อมูลเดิมหรือเข้ามาแทนที่ข้อมูลเดิมได้ ทำให้เกิดการลืมข้อมูลเดิมไปในที่สุด จากภาพที่ 1.18 จะเห็นว่ามีข้อมูลบางส่วนจากความจำระยะสั้นที่ถูกส่งผ่านไปสู่การเก็บในส่วนความจำในลักษณะความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ส่วนความจำระยะยาวนี้เป็นความจำที่ไม่จำกัดเวลาการคงอยู่ของข้อมูล และไม่จำกัดปริมาณในการรับข้อมูล บุคคลอาจจะจำเหตุการณ์ที่ผ่านมาแล้วเมื่อสิบปีก่อนได้เหมือนกับเหตุการณ์นั้นเพิ่งผ่านไปไม่กี่นาทีที่แล้ว ความจำระยะยาวนี้มีลักษณะถาวรมากกว่าความจำแบบระยะสั้นหรือความจำการรู้สึกสัมผัส แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อไม่ทบทวนความจำซ้ำๆ อาจเกิดการลบข้อมูลออกไป

Miller (1955) ได้นำเสนอบทความเกี่ยวกับจำนวนเจ็ดบวกลบสอง ที่อาจจะเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร หรือผสมกัน แต่รวมกันแล้วมีจำนวน 5 ถึง 9 ตัว ว่าเป็นขีดจำกัดของจำนวนที่มนุษย์สามารถจำได้ด้วยหน่วยความจำระยะสั้น นอกจากนั้นการนำตัวเลขจำนวนสิบตัว มาต่อกันยังช่วยให้มนุษย์จำตัวเลขเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น เช่น หมายเลขโทรศัพท์ที่ประกอบด้วยตัวเลขถึงสิบตัว มนุษย์ก็ยังสามารถบรรจุตัวเลขเหล่านี้อยู่ในขนาดของความจำระยะสั้นได้ นอกจากนี้ Dolan (1991) ได้พบว่าช่วงความจำระยะสั้นสัมพันธ์กับความเข้าใจในการอ่าน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจวิเคราะห์ความสามารถแคปท์ชาเมื่อจำนวนอักษรในแคปท์ชาข้อความต่างกัน โดยการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจำนวนอักษรเป็นขีดจำกัดในการรับข้อมูลของความจำระยะสั้น คือ 5 ถึง 9 ตัว แต่ผู้วิจัยได้เลือกกำหนดเป็นสี่ตัวอักษรใช้แทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้น้อยที่สุด และสิบตัวอักษรใช้แทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้มากที่สุด อีกทั้งแคปท์ชาข้อความทั่วไปจะมีจำนวนอักษรน้อยที่สุดคือสี่ตัวอักษร เช่น BotDetect CAPTCHA หรือ SI CAPTCHA และมีจำนวนอักษรมากที่สุดคือ ตั้งแต่สิบตัวอักษรเป็นต้นไป เช่น reCAPTCHA และเพื่อสามารถใช้ร่วมกับตัวแปรลักษณะของชุดตัวอักขระของแคปท์ชาข้อความด้วย

เนื่องจากแคปท์ชาข้อความที่ดีจะต้องง่ายต่อการตอบของมนุษย์ แต่ยังต้องป้องกันการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ด้วย และในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติที่สามารถโจมตีแคปท์ชาได้ ดังนั้นการตรวจสอบความสามารถของแคปท์ชาข้อความเมื่อมีลักษณะต่างๆ กับตามสี่ตัวแปรที่ได้อธิบายข้างต้น จึงสามารถกระทำกับ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา (Robustness Rate of CAPTCHA) โดยที่อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หมายถึง อัตราที่ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยวัดจากอัตราการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของผู้ใช้ที่เป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชา หมายถึง อัตราความสามารถของแคปท์ชาข้อความในการป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง โดยพิจารณาจากจำนวนการตอบผิดของโปรแกรมโอซีอาร์

ดังนั้น จึงอาจสรุปในเบื้องต้นได้ว่างานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชา เมื่อแคปท์ชาข้อความมีลักษณะต่างๆ ตามสี่ตัวแปร ดังนี้ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ และ (4) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา

2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงแบบอักษรตัวพิมพ์กับแบบอักษรตัวเขียน

3. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

4. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กับแคปท์ชาแสดงชุดอักขระที่แตกต่าง คือ (1) อักษรตัวใหญ่ (2) อักษรตัวเล็ก หรือ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์เว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง (เหตุผลของการเลือกเว็บไซต์ประเภทนี้ได้แสดงในบทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย) เมื่อผู้ใช้ต้องการดาวน์โหลดเพลง เว็บไซต์ดังกล่าวจะแสดงแคปท์ชาข้อความให้ผู้ใช้กรอกข้อความตามแคปท์ชาข้อความที่ผู้ใช้ได้เห็น เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการทดสอบ โดยมีสี่ส่วนสำคัญในแคปท์ชาที่ออกแบบ คือ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยแบ่งเป็น เอียงลบ 45 องศา และเอียงบวก 45 องศา (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ แบ่งเป็น ตัวพิมพ์ และตัวเขียน (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ แบ่งเป็นสี่ตัวอักษร และสิบตัวอักษร และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ ประกอบด้วย อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (All Upper Case Letter) อักษรตัวเล็กทั้งหมด (All Lower Case Letter) และอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก (Mixed Letter) รูปแบบของแคปท์ชาข้อความที่พัฒนามี 24 (2*2*2*3) แบบ ดังตารางที่ 3.1 โดยข้อความและรายละเอียดในเว็บไซต์จะเหมือนกันทุกประการ

2. วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ต่อแคปท์ชาในรูปแบบต่างๆ ตามข้อ 1. โดยอาศัยข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลอง

3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ต่อแคปท์ชาในรูปแบบต่างๆ ตามข้อ 1. โดยอาศัยข้อมูลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรมโอซีอาร์

1.4 ตัวแปรสำคัญที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) มีสี่ตัวแปรได้แก่

1. การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ คือ การเอียงอักษรไปในมุมตามต้องการที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยวัดจากอักษรที่ตั้งตรงบนเส้นบรรทัด (baseline) โดยเส้นบรรทัด คือ เส้นตรงแนวนอนสมมติที่ตัวอักษรวางอยู่ในแนวเดียวกัน ปกติฐานอักษรจะตั้งตรงบนเส้นบรรทัดไม่ลอยสูงขึ้นหรือต่ำลงกว่าเส้นบรรทัด หรือเป็นระดับการหมุนเอียงอักษรอยู่ที่ศูนย์องศา (โปรดดูตัวอย่างในภาพที่ 1.14) โดยจำแนกค่าของตัวแปรได้สองค่า คือ (1) เอียงลบ 45 องศา โดยตัวอักษรจะหมุนเอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทางขวา และ (2) เอียงบวก 45 องศา โดยอักษรจะหมุนเอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือทางซ้าย (โปรดดูตัวอย่างในภาพที่ 1.15 และ 1.16 ตามลำดับ)

2. แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ คือ แบบอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยจำแนกค่าของตัวแปรได้สองค่า คือ (1) อักษรตัวพิมพ์ โดยใช้แบบอักษรในกลุ่ม San Serif คือ แบบอักษร Arial ดังภาพที่ 1.22 และ (2) อักษรตัวเขียน ใช้แบบอักษรในกลุ่ม Script คือ แบบอักษร Cursive standard ดังภาพที่ 1.23 โดยเหตุผลในการเลือกแบบอักษร Arial และแบบอักษร Cursive standard ได้นำเสนอในบทที่ 3

ภาพที่ 1.22 ตัวอย่างอักษรตัวพิมพ์ที่ใช้ในงานนี้

ภาพที่ 1.23 ตัวอย่างอักษรตัวเขียนที่ใช้ในงานนี้

3. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ คือ จำนวนอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความทั้งหมด โดยจำแนกค่าของตัวแปรได้สองค่า คือ (1) จำนวนอักษรสี่ตัว และ (2) จำนวนอักษรสิบตัว

4. ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ คือ ลักษณะอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยจำแนกออกได้เป็นสามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็ก

ทั้งหมด (3) อักษรตัวใหญ่ผสมตัวตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง โดยมีรายละเอียดของแต่ละค่าของตัวแปรดังนี้

1. อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่ทั้งหมดของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ตัวอย่างของการแสดงอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และอักษรตัวเขียนใหญ่ เป็นในภาพที่ 1.24 และ 1.25

ภาพที่ 1.24 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด

ภาพที่ 1.25 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ทั้งหมด

2. อักษรตัวเล็กทั้งหมด คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็กทั้งหมดของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ตัวอย่างของการแสดงอักษรตัวพิมพ์เล็กและอักษรตัวเขียนเล็ก เป็นในภาพที่ 1.26 และ 1.27

ภาพที่ 1.26 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมด

ภาพที่ 1.27 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนเล็กทั้งหมด

3. อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความโดยเป็นการผสมระหว่างอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และอักษรตัวพิมพ์ตัวเล็ก หรือเป็นการผสมระหว่างอักษรตัวเขียนใหญ่และอักษรตัวเขียนเล็ก โดยกำหนดการผสมเป็นสัดส่วนครึ่งต่อครึ่งของจำนวนอักษรทั้งหมด โดยจำแนกได้สองลักษณะ ดังนี้

1. แคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรทั้งหมดสี่ตัว ชุดอักขระของแคปท์ชาจะเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่สองตัว และอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็กสองตัว ตัวอย่างของการแสดงอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมอักษรตัวพิมพ์เล็ก และอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมอักษรตัวเขียนเล็ก เป็นในภาพที่ 1.28 และ 1.29

ภาพที่ 1.28 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก

ภาพที่ 1.29 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมกับตัวเขียนเล็ก

2. แคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรทั้งหมดสิบตัว ชุดอักขระของแคปท์ชาจะเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่ห้าตัว และอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็กห้าตัว ตัวอย่างของการแสดงอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมอักษรตัวพิมพ์เล็ก และอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมอักษรตัวเขียนเล็ก เป็นในภาพที่ 1.30 และ 1.31

ภาพที่ 1.30 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมกับตัวพิมพ์เล็ก

ภาพที่ 1.31 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่เป็นอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมกับตัวเขียนเล็ก

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) มีจำนวนสองตัวแปร ดังนี้

1. อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) หมายถึง ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง ในที่นี้ การตอบแคปท์ชาข้อความ คือ การที่ผู้ใช้สามารถระบุอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง และสามารถเข้าใช้บริการของเว็บไซต์ได้ (Yan and Ahmad, 2008) โดยวัดจากอัตราการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของผู้ใช้ คือ ร้อยละของ

จำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของผู้ใช้ ต่อจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของผู้ใช้

2. อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (Robustness Rate of CAPTCHA) หมายถึง อัตราของแคปท์ชาข้อความที่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Ahmad, Yan and Marshall, 2010) ในที่นี้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ คือ การใช้โปรแกรมโอซีอาร์ตอบแคปท์ชาข้อความ โดยวัดจากอัตราการตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ (Error rate) คือ ร้อยละของจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ ต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของโปรแกรมโอซีอาร์

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) แตกต่างกับการทดลองในสถานการณ์จริงที่ผู้วิจัยสามารถควบคุมปัจจัยแวดล้อมให้คงที่ เพื่อชี้ให้เห็นถึงอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่อาจแตกต่างอันเนื่องมาจากตัวแปรที่สนใจคือ (1) การเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ และ (4) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ทำให้ความน่าเชื่อถือภายนอก (External Validity) มีข้อจำกัด

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ หรือ บอต (Bot) หมายถึง ซอร์ฟแวร์ที่มักจะถูกติดตั้งบนเครื่องไคลเอนต์ ให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานตามคำสั่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้โดยอัตโนมัติ (ศูนย์ประสานงานการรักษาความปลอดภัยคอมพิวเตอร์, 2548)

2. สแปม (Spam) คือข้อความอีเมลที่ผู้รับไม่ได้ร้องขอมาให้ โดยผ่านทางระบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่วนมากจะทำให้เกิดความไม่พอใจต่อผู้รับข้อความ (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2548)

3. โปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) คือซอฟต์แวร์ที่ใช้แปลภาพของข้อความจากการเขียนหรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขและเก็บไว้ได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Taghva, Borsack and Condit, 1996; Imsamai and Suphakant, 2010)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเสนอแนวคิดในการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ (CAPTCHA) สำหรับเว็บไซต์ที่ต้องการป้องกันการส่งข้อความรบกวนจากผู้ไม่ประสงค์ดี ไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ในเชิงธุรกิจ การศึกษา และด้านอื่นๆ อีกมากมาย

2. เป็นข้อมูลในการเลือกระดับการเอียงตัวอักษร แบบตัวอักษร ชุดตัวอักขระ และจำนวนตัวอักษร ในการพัฒนาแคปท์ชาข้อความให้เหมาะสมต่อการใช้งานของมนุษย์

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ความนำ

ในบทนี้เป็นการนำเสนอวรรณกรรมในอดีต (Literature Review) ที่เกี่ยวข้อง เพื่อชี้ให้เป็นถึงการศึกษาหรือสำรวจในประเด็นการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ ประกอบด้วยหัวข้อย่อย คือ (1) แนวคิดของการป้องกันการส่งข้อความก่อกวนบนเว็บไซต์ และจุดเริ่มต้นของแคปท์ชา (2) รูปแบบและพัฒนาการของแคปท์ชา (3) ปัญหาของการใช้แคปท์ชาข้อความ (4) การรับรู้ (Perception) และระบบความจำของมนุษย์ (5) แบบอักษร และความยากง่ายในการอ่าน (6) โปรแกรมโอซีอาร์กับข้อความ (7) โปรแกรม Omnipage Professional 18 และประเด็นสุดท้ายของบทจะนำเสนอข้อจำกัดสำคัญของการศึกษาที่ผ่านมา เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของงานวิจัยนี้

2.2 การป้องกันการส่งข้อความก่อกวนบนเว็บไซต์ และจุดเริ่มต้นของแคปท์ชา

การแพร่หลายของอินเทอร์เน็ตมีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นเรื่อยๆ มนุษย์เข้าชมเว็บไซต์เพื่อประโยชน์ต่างๆ การกรอกแบบฟอร์มเพื่อสมัครสมาชิกของเว็บไซต์เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม มีผู้ไม่ประสงค์ดีในสังคมอินเทอร์เน็ตมักคอยกระทำการก่อกวนในรูปแบบต่างๆ หนึ่งในนั้นคือการเขียนโปรแกรมเพื่อระดมการกรอกข้อมูลบนแบบฟอร์มสมัครสมาชิกของเว็บไซต์ต่างๆ โดยอัตโนมัติ สิ่งนี้ทำให้ส่งผลทางลบต่อประสิทธิภาพของเว็บไซต์ และส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ทั่วไป การโจมตีในลักษณะนี้ เรียกว่า Denial of Service หรือ Dos (Shirali-Shahreza and Shirali-Shahreza, 2007) หรืออีกรูปแบบหนึ่ง คือ การส่งข้อความโฆษณาต่างๆ ที่ผู้ใช้ไม่ได้ร้องขอเป็นจำนวนมาก ที่เรียกว่า “สแปม” (Spam) โดยก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้ใช้ส่วนใหญ่ เนื่องจากข้อความเหล่านั้นไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาบนเว็บไซต์นั้นๆ (Tangmanee and Sujarit-apirak , 2008) ดังนั้น จึงมีผู้คิดค้นวิธีการป้องกันต่างๆ เพื่อป้องกันการโจมตีในลักษณะข้างต้น โดยมุ่งไปที่การแยกแยะระหว่างมนุษย์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิธีป้องกันเหล่านี้จึงจำเป็นต้องเป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นไปได้ยากในการอาศัยแรงงานมนุษย์ เพื่อแยกแยะมนุษย์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุกๆ ครั้งที่มีการกรอกแบบฟอร์ม

Shirali-Shahreza และ Shirali-Shahreza (2007) กล่าวว่า ในแวดวงของการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์ (Aritificial Intelligence : AI) มีการทดสอบประเภทหนึ่งเรียกว่า Turing test (Turing, 1950) การทดสอบนี้กระทำในสามห้อง โดยให้มนุษย์หนึ่งคนกับคอมพิวเตอร์

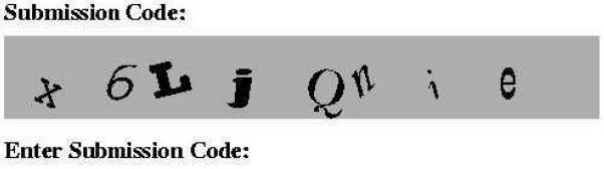
หนึ่งเครื่องเข้าไปอยู่ในห้องคนละห้องกัน และมีมนุษย์อีกคนหนึ่งเข้าไปในห้องที่สาม เพื่อถามคำถามกับมนุษย์และคอมพิวเตอร์ที่อยู่ต่างห้องกัน ถ้าหากผู้ถามไม่สามารถแยกแยะจากคำตอบได้ว่ามนุษย์และคอมพิวเตอร์อยู่ห้องใด จะถือว่าคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นผ่านการทดสอบ Turing test จากหลักการของ Turing test นี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันการโจมตีที่กล่าวมาข้างต้น โดยให้ระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติทำหน้าที่ผู้ถามแทนมนุษย์ เพื่อแยกแยะระหว่างผู้ใช้นั้นเป็นมนุษย์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประดิษฐกรรมดังกล่าวมีชื่อเรียกว่า CAPTCHA (Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart) และเป็นสิ่งสำคัญว่าแคปท์ชาจะต้องป้องกันการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ และมนุษย์จะต้องสามารถใช้งานได้ง่าย

ดังนั้น แคปท์ชา (CAPTCHA) คือ การทดสอบเพื่อแยกแยะระหว่างความเป็นมนุษย์กับความเป็นคอมพิวเตอร์ โดยคำตอบของการทดสอบนั้นจะบ่งชี้ว่าผู้ใช้งานเป็นมนุษย์ไม่ใช่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ และผู้ใช้จำเป็นต้องตอบการทดสอบให้ถูกต้องเพื่อให้สามารถใช้บริการของเว็บไซต์นั้นได้ โดยที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติหรือบอตจะไม่สามารถตอบแบบทดสอบได้ถูกต้อง

Ahn, Blum, และ Langford (2004) ได้กล่าวไว้ว่า ตัวอักษร P ในคำว่า CAPTCHA ที่ย่อมาจาก Public ที่แปลว่า “สาธารณะ” นั้น มีความหมายว่า วิธีการและข้อมูลที่ใช้โดยแคปท์ชาจะต้องเปิดเผยต่อสาธารณะ ดังนั้น หากมีระบบใดที่สามารถแยกแยะระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ได้ แต่ไม่เปิดเผยวิธีการหรือข้อมูลแก่สาธารณะ ระบบนั้นจะไม่ถือว่าเป็นแคปท์ชา (CAPTCHA)

2.3 รูปแบบและพัฒนาการของแคปท์ชา

แคปท์ชาเริ่มมีการใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 โดย AltaVista เป็นรายแรกๆ ที่เริ่มนำเอาระบบการป้องกันการส่งข้อความก่อกวนบนเว็บไซต์มาใช้บนเว็บไซต์ของตน (Shirali-Shahreza and Shirali-Shahreza, 2007) ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่าง CAPTCHA ของเว็บไซต์ AltaVista

หลังจากนั้นแคปท์ชาได้ถูกออกแบบมาหลากหลายรูปแบบ ในปัจจุบันมีรูปแบบหลักๆ อยู่ 2 กลุ่มด้วยกัน (Imsamai and Phimoltares, 2010) ดังนี้

1. กลุ่มแคปท์ชาแบบรู้จำอักขระทางภาพ (OCR based CAPTCHA) ในกลุ่มนี้จะเป็นแคปท์ชาที่ใช้ข้อความเป็นหลัก (Text-Based CAPTCHA) โดยจะแสดงข้อความหรือตัวเลขที่มีลักษณะบิดเบี้ยว และกำหนดให้ผู้ใช้ต้องพิมพ์ข้อความที่ปรากฏให้เห็นในรูปภาพ เพื่อยืนยันว่าเป็นมนุษย์จริงๆ ไม่ใช่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ โดยการนำเสนอแคปท์ชาต่อไปนี้ จะนำเสนอให้ผู้อ่านเห็นถึงงานวิจัยในอดีต

1. แคปท์ชาข้อความ (Text-Based CAPTCHA) แคปท์ชาที่ใช้ข้อความเป็นแบบทดสอบ เพื่อให้ผู้ใช้งานกรอกข้อความที่ปรากฏบนเว็บไซต์ เพื่อทดสอบว่าผู้ใช้งานเป็นมนุษย์หรือไม่ โดยการให้ตอบคำถามกลับไปยังเว็บไซต์ตัวอย่าง และแคปท์ชาข้อความได้ถูกนำมาใช้งานมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถสร้างแบบทดสอบของแคปท์ชาข้อความได้หลายลักษณะ (Kolupave and Ogijenko, 2008) เช่น

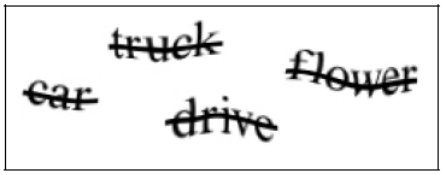
1. GIMPY

เป็นแคปท์ชาข้อความที่สุ่มเลือกคำภาษาอังกฤษจากพจนานุกรมออกมาเจ็ดคำ และนำมาแสดงรวมกันเป็นภาพเดียว โดยแสดงคำเหล่านั้นแบบบิดเบี้ยวและซ้อนทับกันไปมาทั้งหมดห้าคู่ จากนั้นระบบจะแสดงภาพของกลุ่มคำที่สร้างขึ้นนี้ต่อผู้ใช้ และมีคำชี้แจงให้ผู้ใช้ดูและกรอกคำที่เห็นให้ถูกต้องสามคำ โดยทั่วไปแล้วมนุษย์จะสามารถแยกแยะและกรอกข้อความของคำสามคำได้อย่างถูกต้อง แต่โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะไม่สามารถแยกแยะคำเหล่านี้ได้ (Mori and Malik, 2003; Ahn, Blum and Langford, 2004) ดังตัวอย่างแคปท์ชาในภาพที่ 2.2 คำตอบคือ carriage, potato และ common

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่าง CAPTCHA แบบ GIMPY (Mori and Malik, 2003)

2. AssoCAPTCHA

แคปท์ชาจะแสดงคำสามคำที่เกี่ยวข้องกัน และคำที่ไม่เกี่ยวข้องโดยสุ่มขึ้นมาอีกหนึ่งคำ คำทั้งสี่คำจะนำมาสร้างเป็นรูปภาพเดียวกัน และถูกทำให้บิดเบี้ยวตามกรรมวิธีของแคปท์ชาทั่วๆ ไป เพื่อป้องกันโปรแกรมอ่านคำ (OCR) จากนั้นระบบจะให้ผู้ใช้เลือกคำที่ไม่เข้าพวกจากรูปภาพ และกรอกคำที่เลือกลงในช่องคำตอบให้ถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.3 คำที่ไม่เข้าพวกคือคำว่า “flower” วิธีนี้เป็นการทดสอบความสามารถของมนุษย์สองอย่าง คือ การรู้จำข้อความ (Text Recognition) เช่นเดียวกับแคปท์ชาทั่วๆ ไป และความจำแบบเชื่อมโยง (Associative memory) เนื่องจากมนุษย์มักจะทำความรู้จักกับสิ่งต่างๆ รอบตัวโดยอาศัยการเชื่อมโยงสิ่งที่พบเห็นเข้ากับสิ่งที่รู้จักก่อนหน้านี้ (Kulkarni, 2008) ความสามารถนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ยังไม่สามารถลอกเลียนแบบมนุษย์ได้ เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการเก็บความเชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ในโลก



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่าง AssoCAPTCHA

3. Implicit CAPTCHA

แคปท์ชาข้อความประเภทนี้ อาศัยการคลิกของผู้ใช้งาน เช่น ให้ผู้ใช้ดูภาพที่แสดงคำหลายๆ คำ แล้วให้ผู้ใช้คลิกคำที่ระบุในโจทย์ (Baird and Bentley, 2005) ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยผู้ใช้ต้องคลิกคำว่า Submit ตามที่โจทย์ระบุไว้

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่าง Implicit CAPTCHA

4. reCAPTCHA

แคปท์ชาข้อความประเภทนี้ ประกอบด้วยคำสองคำ และมีการเว้นวรรคระหว่างคำด้วย การยืนยันความเป็นมนุษย์นั้น ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อความ และต้องมีการเว้นวรรคระหว่างคำตามที่แสดงใน reCAPTCHA ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2.5

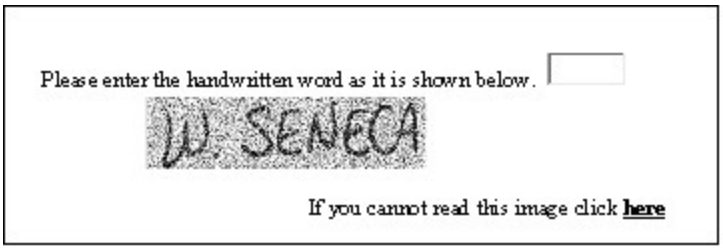
reCAPTCHA เป็นโครงการที่เกิดจากต้องการแปลงหนังสือเก่าๆ ให้อยู่ในรูปดิจิทัล แต่ตัวอักษรจากหนังสือเก่าบางตัวอาจมีความไม่ชัดเจน ทำให้โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถอ่านความหมายได้ถูกต้อง ไม่เหมือนกับมนุษย์ที่สามารถอ่านออกได้ง่าย แต่จำนวนหนังสือมีมาก ดังนั้น Ahn และคณะ (2008) ได้พัฒนา reCAPTCHA ขึ้นมา เพื่อให้มนุษย์ช่วยแปลตัวหนังสือจากหนังสือเก่ามาอยู่ในรูปดิจิทัลให้ถูกต้อง แต่เพื่อเป็นการป้องกันมนุษย์ที่กรอกข้อมูลอย่างไม่ตั้งใจ reCAPTCHA จะมีสองคำ โดยคำหนึ่งจะเป็นคำที่ reCAPTCHA ไม่ทราบ แต่อีกคำจะเป็นคำที่ใช้ควบคุม (Word Control) ที่เป็นคำที่ reCAPTCHA รู้อยู่แล้วว่าเป็นคำว่าอะไร หากผู้ใช้ตอบคำที่ใช้ควบคุมถูก reCAPTCHA ก็จะสรุปว่าอีกคำหนึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะถูกต้องด้วย และจะนำคำตอบนี้ไปตรวจสอบกับผู้ใช้คนอื่นด้วย ว่าตรงกันหรือไม่ หากมีความตรงกันก็เป็นไปได้ว่าจะแปลได้เป็นคำนั้นจริงๆ

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่าง reCAPTCHA

5. Handwritten CAPTCHA

นอกจากนี้ มีผู้พัฒนาแคปท์ชาประเภทข้อความแบบลายมือมนุษย์ (Handwritten CAPTCHA) เป็นแคปท์ชาข้อความประเภทแบบลายมือมนุษย์ โดยแสดงอักษรอังกฤษที่ดูเหมือนเป็นการเขียนของมนุษย์ไม่ใช่แบบอักษรที่ใช้กับแคปท์ชาข้อความทั่วไป (Rusu and Govindaraju, 2004, 2005) และผู้ใช้จะต้องยืนยันความเป็นมนุษย์โดยกรอกอักษรตามที่เห็นจากแคปท์ชาข้อความให้ถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โดย Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) พบว่าความสามารถในการตอบแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติกับมนุษย์นั้นแตกต่างกันมาก คือ อัตราการตอบของมนุษย์นั้นตอบได้ถูกต้อง

ประมาณร้อยละ 80 ส่วนอัตราการตอบได้ถูกต้องของโปรแกรมถอดรหัสข้อความอยู่ประมาณไม่เกินร้อยละ 20



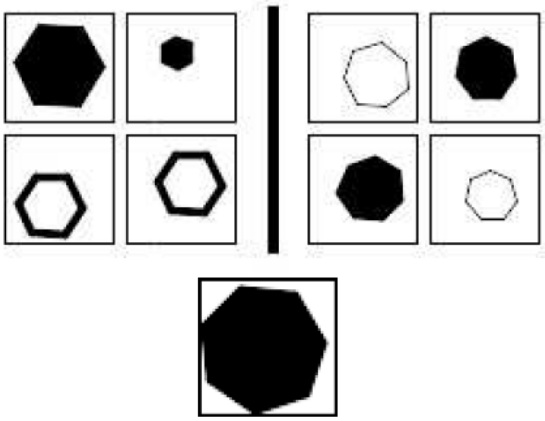
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่าง Handwritten CAPTCHA

2. กลุ่มแคปท์ชาแบบไม่สามารถรู้จำอักขระทางภาพ (Non-OCR based CAPTCHA) ในกลุ่มนี้จะเป็นแคปท์ชาที่เป็นระบบมัลติมีเดียมาเป็นแบบทดสอบ เช่น รูปภาพ เสียง หรือวิดีโอ (Imsamai and Phimoltares, 2010) โดยแบบทดสอบนี้จะกำหนดให้ผู้ใช้ต้องทำตามที่โจทย์กำหนด เพื่อยืนยันว่าเป็นมนุษย์จริงๆ ไม่ใช่จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แทนการให้ผู้ใช้ต้องกรอกข้อความตามข้อความที่มีลักษณะบิดเบี้ยว ได้แก่

1. แคปท์ชารูปภาพ (Image-Based CAPTCHA) แคปท์ชาที่ใช้รูปภาพเป็นแบบทดสอบ เพื่อทดสอบผู้ใช้ ถ้าเป็นมนุษย์จริง สามารถดูภาพแล้วต้องสามารถตอบแบบทดสอบกลับไปยังเว็บไซต์ได้ เพื่อยืนยันความเป็นมนุษย์ ไม่ใช่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น

1. Bongo

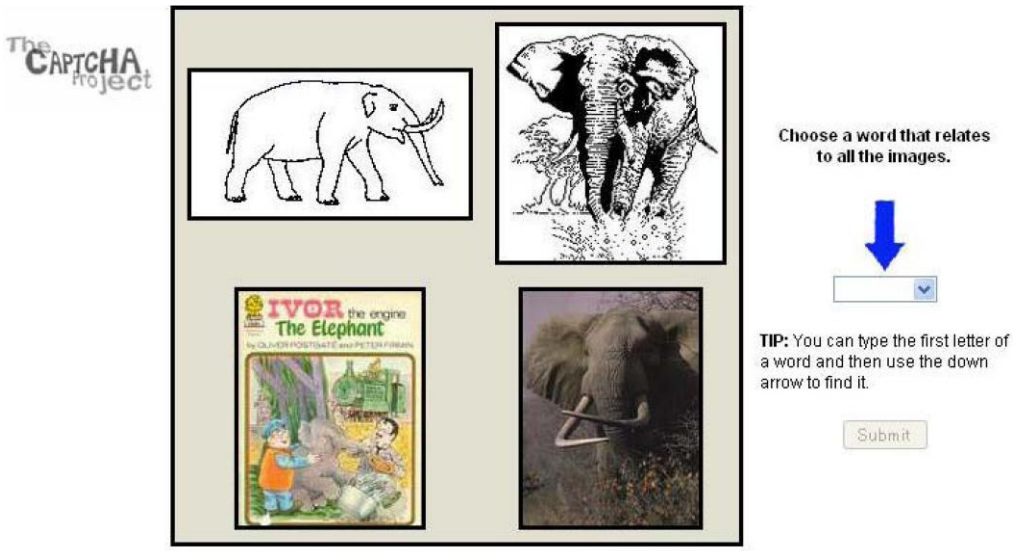
เป็นแคปท์ชาที่ให้ผู้ใช้ตอบแบบทดสอบตามลักษณะรูปที่เห็น โดยจะแสดงบล็อกสองอัน ซ้ายกับขวาซึ่งในบล็อกทั้งสองจะมีรูปภาพลักษณะแตกต่างกันปรากฏอยู่ ผู้ใช้ต้องแยกลักษณะที่แตกต่างของรูปภาพทั้งสองบล็อก จากนั้นจะปรากฏภาพขึ้นมาอีกภาพหนึ่ง โดยผู้ใช้ต้องตอบคำถามว่ารูปภาพแต่ละอันนั้น อันไหนมีลักษณะเหมือนกับรูปภาพทางด้านซ้ายหรือรูปภาพทางด้านขวา (Ahn et al., 2004) ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.7 ซึ่งความแตกต่างระหว่างสองรูปนี้คือรูปทางด้านซ้ายวาดด้วยเส้นที่หนากว่ารูปทางด้านขวา



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่าง Bango CAPTCHA

2. PIX

แคปท์ชาที่เกิดจากการสุ่มเลือกรูปภาพขึ้นมาสี่รูป ผู้ใช้ต้องหาความสัมพันธ์ของรูปภาพทั้งสี่เพื่อตอบคำถามจากรูปภาพที่ได้เห็น โดยจะมีคำตอบให้ผู้ใช้เลือก แต่วิธีนี้จะต้องมีฐานข้อมูลสำหรับการเก็บรูปภาพจำนวนมาก (Ahn et al., 2004; Shirali-Shahreza and Shirali-Shahreza, 2007) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 และคำตอบของรูปนี้คือ elephant



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่าง PIX CAPTCHA จากเว็บไซต์ captcha.net

3. Asirra

แคปท์ชาแบบนี้พัฒนาจาก Elson และคณะ (2007) โดยผู้ใช้เลือกภาพจาก 12 ภาพที่แสดงถึงแมวและสุนัข ซึ่งรูปถ่ายมาจากการสนับสนุนภารกิจหลักของเว็บไซต์

Petfinder.com ที่เป็นเว็บไซต์หาบ้านสำหรับสัตว์ไม่มีที่อยู่อาศัย ขณะที่เมาส์อยู่เหนือรูปขนาดย่อ แต่ละภาพจะมีขนาดใหญ่ และจะมีคำว่า "Adopt me" ปรากฏขึ้น ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.9 และคำตอบของรูปนี้ คือ ผู้ใช้จะต้องเลือกภาพแมวทุกภาพจากภาพที่ปรากฏขึ้นทั้งหมด

ภาพที่ 2.9 ตัวอย่าง Asirra CAPTCHA

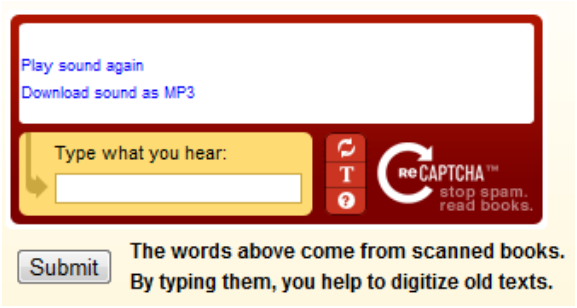
2. แคปท์ชาเสียง (Audio-Based CAPTCHA) แคปท์ชาที่ใช้เสียงเป็นแบบทดสอบ โดยเสียงจะถูกบิดเบือน หรือมีเสียงรบกวนแทรกเข้ามา และให้ผู้ใช้งานกรอกข้อความที่ได้ยิน เพื่อยืนยันว่าเป็นมนุษย์ ไม่ใช่คอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ส่วนใหญ่แคปท์ชาเสียงถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับสำหรับผู้ที่มีปัญหาทางสายตาที่ไม่สามารถอ่านทำความเข้าใจกับเนื้อหาที่แสดงบนหน้าจอ หรือสำหรับผู้ใช้ที่ไม่สันทัดกับอักษรภาษาอังกฤษ ตัวอย่างเช่น

1. Eco

เป็นแคปท์ชาเสียงที่เป็นเสียงพูดของข้อความหรือ ตัวเลข ในแต่ละครั้งจะมีการสุ่มว่าจะเป็นข้อความหรือตัวเลข โดยเสียงจะถูกบิดเบือนทำให้ฟังได้ไม่ชัดเจน เมื่อผู้ใช้ได้ฟังเสียงแล้ว ต้องกรอกข้อความ หรือตัวเลขตามที่ได้ยินให้ถูกต้อง (Ahn et al., 2004)

2. reCAPTCHA (Audio-based)

เป็นแคปท์ชาที่รองรับผู้พิการทางสายตา แคปท์ชานี้จะเป็นเสียงพูดของตัวเลขแปดตัว โดยผู้ใช้ต้องฟังเสียงเพื่อหาคำตอบ และเสียงที่ได้ยินนั้นจะถูกบิดเบือนโดยการแทรกเสียงรบกวน ทำให้การฟังยากยิ่งขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่าง reCAPTCHA (Audio-based)

3. แคปท์ชาวิดีโอ (Video-Based CAPTCHA) แคปท์ชาที่ใช้วิดีโอเป็นแบบทดสอบเพื่อให้ผู้ใช้กรอกคำที่สื่อด้วยภาพในวิดีโอ ตัวอย่างเช่น Video CAPTCHA ของ Kluever และ Zanibibbi (2009) ที่ได้พัฒนาแคปท์ชาที่ใช้วีดิโอ โดยนำวิดีโอมาจากเว็บไซต์ youtube.com ที่มีการใส่ป้ายระบุ (tag) จากผู้บรรจุขึ้น (upload) โดยให้ผู้ใช้ดูจากภาพวีดีโอ แล้วต้องกรอกคำสามคำด้วยกัน โดยไม่ต้องดูวีดีโอจนจบก็ได้ โดยคำสามคำนั้นจะต้องตรงกับป้ายระบุ (tag) ของวิดีโอนั้นๆ จะคล้ายการเล่นเกม ESP ที่สร้างขึ้นโดย Ahn and Dabbish (2004) ที่มีการจับคู่ผู้เล่นเกมแบบสุ่มขึ้น แล้วให้ผู้เล่นทั้งสองคนลองเดาป้ายระบุร่วมกันสำหรับภาพที่ปรากฏขึ้น ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่าง Video CAPTCHA ของ Kluever และ Zanibibbi (2009)

2.4 ปัญหาของแคปท์ชาข้อความ

แคปท์ชาข้อความนั้น เป็นแคปท์ชาที่ถูกนำมาใช้งานมากที่สุด (Kolupave and Ogijenko, 2008) แต่อย่างไรก็ยังมีปัญหาหลายประการ (Yan and Ahmad, 2008) ต่อไปนี้

1. การบิดเบือน (Distortion) คือการทำให้ตัวอักษรในแคปท์ชาข้อความบิดเบี้ยวในลักษณะต่างๆ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.1 และ 2.3 เมื่ออักขระถูกทำให้บิดเบี้ยวแล้ว จะทำให้ผู้ใช้มีความสับสนต่อตัวอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ ทำให้ไม่ผู้ใช้ไม่ทราบว่าตัวอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชานั้นคือตัวอักขระอะไร การบิดเบือนอักขระในแคปท์ชาข้อความจึงเป็นปัญหามากที่สุดในการใช้งาน โดยการศึกษาของ Yan และ Ahmad (2008) ได้สรุปผลว่า การออกแบบการบิดเบือนอักษรของ Microsoft CAPTCHA ถือว่าเป็นการออกแบบที่ง่ายต่อการอ่าน และควรนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแคปท์ชาข้อความ และทีมวิจัยของไมโครซอฟท์ (Chellapilla et al., 2005) ได้มีการจำแนกของการบิดเบือนอักขระออกเป็นสี่แบบ คือ

1. การเลื่อน (Translation) เป็นการเลื่อนตำแหน่งของตัวอักขระในแคปท์ชาขึ้นหรือลง และไปทางซ้ายหรือขวา จากตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแคปท์ชาที่แสดงการบิดเบือนแบบเลื่อน คือ แคปท์ชาจะแสดงตัวอักษรสูงต่ำในแนวตั้ง เช่น อักษร X ตัวสุดท้ายอยู่ในระดับต่ำสุด อีกทั้งยังอยู่ห่างจากตัวเลข 9 ที่มิได้อยู่ในระดับเดียวกัน เหมือนกับที่เป็นอักขระปกติ

2. การหมุนเอียง (Rotation) เป็นการเอียงตำแหน่งของตัวอักขระในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา จากตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 5 อักษร P และ อักษร M ตัวที่ห้า เอียงไป 30 องศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (ระดับลบ 30 องศา) และอักษร B, U, M, L และ B เอียงไป 30 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา (ระดับบวก 30 องศา)

3. การย่อและขยาย (Scaling) เป็นการย่อหรือขยายตัวอักขระในแนวตั้งและแนวนอน จากตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่อักษร H, G, N, และ U ถูกย่อให้มีขนาดเล็กลง และอักษร C, Z และ K ถูกขยายให้ใหญ่เมื่อเทียบกับตัวอื่นในระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ รูปร่างของอักขระจึงผิดเพี้ยนไปจากเดิม

4. การห่อ (Wrap) เป็นการแทนเส้นตรงของอักขระด้วยเส้นขรุขระทั้งในแนวตั้งหรือแนวนอน โดยการห่อมีสองแบบ ได้แก่ (ก) การห่อภายนอก (Global Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขจะมีลักษณะโค้งงอและขยายออก โดยเทียบเคียงกับอักษรหรือตัวเลขที่อยู่ใกล้เคียงกัน จากตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 3, 2, 7 และ อักษร B อักษรถูกทำให้โค้งงอ และอักษร U, H และ F ถูกทำให้ขยายออก แต่เป็นการโค้งงอและแผ่ขยายออกของตัว

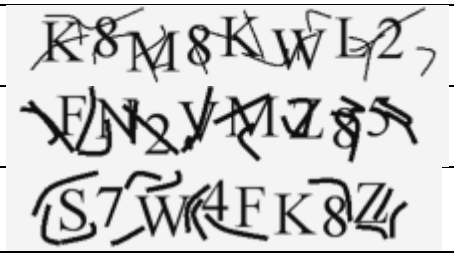
อักขระเหมือนยางที่ถูกดึง (ข) การห่อภายใน (Local Wrap) เป็นการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลข โดยการทำให้เส้นของอักษรหรือตัวเลขแต่ละตัวโค้งงอเหมือนถูกห่อเข้าด้วยกัน เกิดเป็นคลื่นเล็กๆ ภายในอักษรหรือตัวเลข โดยการเปลี่ยนรูปอักษรหรือตัวเลขในลักษณะนี้ไม่ขึ้นกับอักษรที่อยู่ก่อนหน้าหรือที่อยู่ติดกัน จากตารางที่ 2.1 เป็นตัวอย่างแคปท์ชาที่ตัวเลข 7 ถูกทำให้โค้งงอภายในตัวของมันเอง โดยไม่ขึ้นกับอักษร S, X, U, P, G, C และ B

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการบิดเบือนของไมโครซอฟท์

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

นอกจากนี้ ไมโครซอฟต์ (Chellapilla et al., 2005) ได้เพิ่มการรบกวนตัวอักขระ เข้ากับการบิดเบือนแบบต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้แก่ (1) เส้นโค้งบางทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งบางทับลงบนตัวอักขระ (2) เส้นโค้งหนาทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งหนาทับลงบนตัวอักขระ และ (3) เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักขระ เป็นการใส่เส้นโค้งหนาแบบไม่ทับตัวอักขระ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของการรบกวนอักขระ

การรบกวนอักขระ	ตัวอย่างของการรบกวนอักขระ
การใส่เส้นโค้งบางทับตัวอักษร	
การใส่เส้นโค้งหนาทับตัวอักษร	
การใส่เส้นโค้งหนาไม่ทับตัวอักษร	

2. ตัวอักขระที่สับสนไม่ชัดเจน (Confusing Characters) การทำให้ตัวอักขระในภาพบิดเบี้ยวนั้น อาจมีตัวอักษรหรือตัวเลขบางตัวที่คลุมเครือ ทำให้ผู้ใช้ไม่แน่ใจว่าตัวอักษรหรือตัวอักษรดังกล่าวเป็นตัวอะไร ถึงแม้ว่าตัวอักษรหรือตัวเลขจะมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป แต่หลังจากตัวอักษรหรือตัวเลขถูกทำให้บิดเบี้ยวแล้ว ตัวอักษรหรือตัวเลขบางตัวจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก (Yan and Ahmad, 2008) ตัวอย่างเช่น

- ตัวเลข 5 กับตัวอักษร S
- ตัวเลข 2 กับตัวอักษร Z
- ตัวเลข 1 กับตัวอักษร 7
- ตัวอักษร v สองตัวติดกัน (vv) กับตัวอักษร w
- ตัวอักษร c และ l ติดกัน (cl) กับตัวอักษร d
- ตัวอักษร r และ n ติดกัน(rn) กับตัวอักษร m

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ประกอบด้วยตัวอักษรที่น่าสับสน จากเว็บไซต์ google.com (Yan and Ahmad, 2008)

Image	Confusing characters
	Is the middle part 'd" or connected "cl"?
	Another case of "cl" or "d" confusion.
	Another case of "cl" or "d" confusion.
	Is the starting part 'm' or connected 'rn"?
	The 2nd and the 3rd character could be confused with "w".
	A real headache: is the first part "m" or "rn", the middle part "inv" or "nw"?

3. ความเป็นมิตรต่อชาวต่างชาติ (Friendliness to Foreigners) ในทฤษฎีแล้ว แคปท์ชาข้อความ ปัญหาในเรื่องของภาษา (localization issues) น่าจะมีน้อยมาก และสามารถนำไปใช้กับ

ผู้ใช้ทั่วโลกได้ แต่จากการทดสอบของ Yan และ Ahmad (2008) โดยทดสอบกับนักศึกษา 20 คน พบว่า นักศึกษาต่างชาติส่วนใหญ่ที่ไม่ได้พูดภาษาที่ใช้ตัวละติน (เช่น ภาษาอังกฤษ ภาษาฝรั่งเศส ภาษาเยอรมัน) เป็นภาษาแม่ ได้คะแนนการทดสอบน้อย กว่ากลุ่มที่ใช้ภาษาที่ใช้ตัวอักษรละติน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ภาษาแม่ของผู้ใช้มีผลต่อการใช้งานแคปท์ชาข้อความ

แต่ทว่า ผู้ใช้ก็สามารถโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความจากเว็บยอดนิยม อย่างเช่น facebook.com และ twitter.com ได้อย่างไม่มีปัญหา อีกทั้ง Tangmanee และ Sujarit-apirak (2008) ได้ศึกษาทัศนคติ การรับรู้ และความเข้าใจของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในไทยที่มีผลต่อแคปท์ชาข้อความ พบว่า ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตชาวไทยส่วนใหญ่ไม่รู้จักชื่อของแคปท์ชา แต่ยังเข้าใจถึงประโยชน์ของแคปท์ชา อีกทั้งผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในไทยส่วนใหญ่ไม่เห็นด้วยกับการใช้แคปท์ชาภาษาไทย

4. ตัวอักษรสุ่มกับคำที่มาจากพจนานุกรม (Random Text vs Dictionary Words) การสร้างแคปท์ชาข้อความที่ใช้คำจากพจนานุกรมที่เป็นคำที่มีความหมายนั้น มีความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มากกว่าการใช้อักษรแบบสุ่ม แต่ข้อดีของการใช้คำที่มาจากพจนานุกรม คือ ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายกว่าแบบสุ่มตัวอักษร วิธีการหนึ่งที่จะลดความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยการสุ่มเดาจากคำในพจนานุกรม แต่ยังสามารถรักษาความง่ายต่อผู้ใช้เอาไว้ คือการใช้ Phonetic Generator (Yan and Ahmad, 2008) เพื่อสร้างคำที่ไม่ได้อยู่ในพจนานุกรม แต่ยังสามารถอ่านออกเสียงได้ ตัวอย่างเช่น คำว่า webzite

5. ความยาวของสายอักขระ (String Length) คือ จำนวนอักขระที่แสดงในแคปท์ชาข้อความ โดย Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าจำนวนอักขระที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมีน้อยจะทำให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง แต่ยิ่งมีอักขระจำนวนมากจะทำให้ยากต่อผู้ใช้ในการใช้งาน ขณะเดียวกันถ้าจำนวนอักขระมาก จะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการบิดเบือนตัวอักษรด้วย

นอกจากนี้ reCAPTCHA ที่มีจำนวนอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความจำนวนมาก หรือมากกว่าสิบตัวอักขระ ก็ยังถูกนำมาใช้ค่อนข้างมาก แต่การที่มีจำนวนอักขระมากเกินไป อาจทำให้ผู้ใช้สับสนกับตัวอักขระที่ปรากฏจนกรอกผิด และจากการกรอกข้อความผิดหลายๆ ครั้ง อาจส่งผลให้ผู้ใช้เบื่อ และไม่สนใจอยากจะเข้าใช้เว็บไซต์นั้น

6. แบบอักษร (Typeface) แบบอักษรก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งในการใช้แคปท์ชาข้อความ เนื่องจากถ้าใช้แบบอักษรที่อ่านยาก อาจทำให้ผู้ใช้สับสนระหว่างตัวอักษรได้ (Yan and Ahmad, 2008) ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น นอกจากแบบอักษรจะเป็นปัญหาต่อผู้ใช้แล้ว ก็ยังเป็นปัญหาต่อ

การป้องกันการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ หรือโปรแกรมโอซีอาร์สามารถอ่านหรือโต้ตอบแคปท์ชาที่เป็นอักษรตัวพิมพ์ได้อย่างง่าย ดังนั้นการเลือกอักษรที่มีลักษณะผิดไปจากตัวพิมพ์ทั่วๆ ไป อาจเป็นวิธีที่ป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ นอกจากนี้ Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) พบว่าแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ หรือคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แต่เป็นสิ่งที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีได้ยาก

7. ชุดของอักขระ (Set of Character) เป็นลักษณะอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยชุดอักขระเหล่านี้จะสุ่มแสดงบนแคปท์ชา เช่น อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ อักษรตัวพิมพ์เล็ก ตัวเลข หรือการผสมทั้งอักษรพิมพ์ใหญ่ อักษรพิมพ์เล็ก และตัวเลข เป็นต้น และถ้าชุดอักขระประกอบด้วยลักษณะหลายแบบ ก็จะทำให้ปลอดภัยจากการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ แต่ทว่า จะทำให้ผู้ใช้สับสนมากขึ้นด้วย เนื่องจากลักษณะอักษร และตัวเลขบางตัวมีลักษณะใกล้เคียงกัน

8. การใช้สี (Use of Colour) สีสามารถให้รูปแบบที่แตกต่างกันกับผู้ใช้ได้ ทำให้ CAPTCHA มีความน่าสนใจ และความสะดวกในการรับรู้เข้าใจของผู้ใช้ได้ ดูเหมือนว่าโปรแกรมอ่านข้อความ (OCR) จะอ่านข้อความที่มีสีได้ไม่ดีมากนัก แต่ Yan และ Ahmad (2008) พบว่า Cryptographp CAPTCHA และ BotBlock CAPTCHA โดยเป็นแคปท์ชาข้อความที่ใช้สีอักษรหรือพื้นหลังหลากหลายสี ถูกโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีได้ถูกต้อง 100 %

นอกจากปัญหาของแคปท์ชาข้อความที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีสาเหตุมาอีกมากมายที่เป็นปัญหาของมนุษย์ในการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความ ได้แก่ จากการรับรู้ตัวอักษรของมนุษย์ และรูปแบบอักษรที่นำมาใช้ในการพัฒนาแคปท์ชา และทำอย่างไรที่จะให้มนุษย์โต้ตอบกับแคปท์ชาได้โดยง่าย แต่แคปท์ชานั้นก็จะต้องปลอดภัยจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้อักษรของมนุษย์ รูปแบบอักษร และความยากง่ายในการอ่าน

2.5 การรับรู้และกระบวนการทำงานของสมอง

ผู้เขียนต้องนำเสนอวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ และกระบวนการทำงานของสมอง เพื่อช่วยในการออกแบบและพัฒนาแคปท์ชาให้สอดคล้องกับการรับรู้ของมนุษย์ และการทำงานสมอง รวมทั้งยังต้องการลดปัญหาของมนุษย์ในการโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความ

2.5.1 การรับรู้ (Perception)

การรับรู้ คือ การสัมผัส ที่มีความหมาย (Sensation) การรับรู้เป็นการแปลหรือตีความแห่งการสัมผัสที่ได้รับ ออกเป็นสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่มีความหมาย หรือที่รู้จักเข้าใจ โดยการแปลหรือตีความนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้เดิม ซึ่งได้แก่ ความคิด ความรู้ และการกระทำที่เคยปรากฏแก่ผู้นั้นมาแล้วในอดีต

คนเรารับรู้สิ่งเร้าต่างๆ ได้ โดยใช้อวัยวะสัมผัสที่มีอยู่ ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น ผิวกาย ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำคัญในการรับสัมผัส รูป รส กลิ่น เสียง สัมผัส ส่งไปเป็นประสบการณ์ทางสมอง เพื่อให้เกิดเป็นการรับรู้ต่อไป (จำเนียร ช่วงโชติ, 2516) กล่าวคือ สิ่งที่รับรู้เข้ามาทางประสาทสัมผัสจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ความจำระยะสั้น

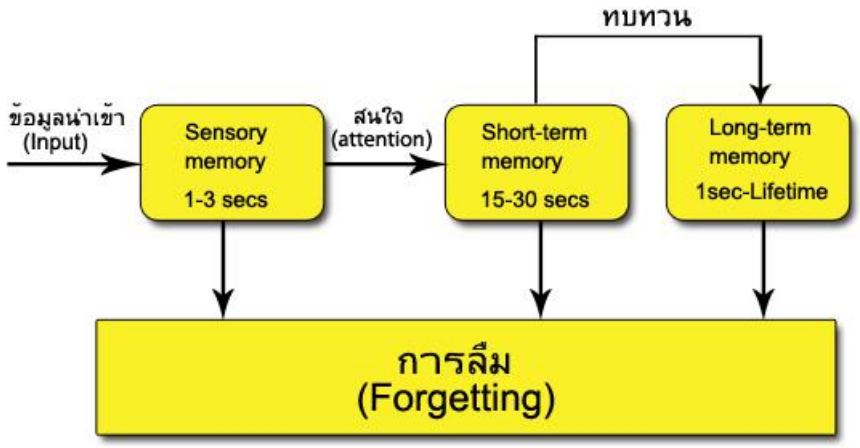
ประเทิน มหาขันธ์ (2530) กล่าวว่า การอ่าน เป็นกระบวนการในการแปลความหมายอักษร หรือสัญลักษณ์ที่มีการจดบันทึกเอาไว้ ลักษณะของการอ่านที่แท้จริงอยู่ที่การทำความเข้าใจความหมายของเรื่องที่อ่าน โดยอาศัยประสบการณ์เดิมของผู้อ่านเป็นพื้นฐาน การอ่านจึงเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วย การแปลความ การตอบสนอง การกำหนดความมุ่งหมาย และการจัดลำดับภาพของตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ ที่ผู้อ่านเห็นและไปกระตุ้นการทำงานของสมอง นอกจากนี้การอ่านมีลักษณะที่มีขอบข่ายกว้างขวางครอบคลุมกิจกรรมหลายด้าน ได้แก่ การรับรู้ การเรียนรู้ พัฒนาการ ความสนใจ การตอบสนอง การตัดสิน การสังเคราะห์ การแก้ปัญหา การจัดลำดับ การอนุมาน ความตั้งใจ การเชื่อมโยง การอุปมาน นามธรรม การสรุป การเปรียบเทียบข้อมูล การประเมินค่าอย่างพินิจพิเคราะห์ การใช้สมาธิ การเลือก จินตนาการ การประยุกต์ ลักษณะที่กล่าวมานี้เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองทั้งสิ้น

นอกจากนี้ Dolan (1991) ได้พบว่าช่วงความจำระยะสั้นสัมพันธ์กับความเข้าใจในการอ่าน และการรับรู้ยังต้องอาศัยประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ในระบบความจำระยะยาว เพื่อให้รู้ว่าสิ่งที่ตนรู้สึกนั้นคืออะไร

2.5.2 กระบวนการทำงานของสมอง

Atkinson และ Shiffrin (1968) ได้นำเสนอแบบจำลองความจำหรือกระบวนการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งมีอิทธิพลเป็นอย่างมากต่อนักจิตวิทยาแขนงความจำมนุษย์ ให้ความสนใจค้นคว้าศึกษาอย่างกว้างขวาง แนวคิดนี้มีพื้นฐานจากความเชื่อว่ามนุษย์มีลักษณะการจำคล้ายกับคอมพิวเตอร์ โดยมีการรับข่าวสารเข้า การเก็บข่าวสารไว้ และนำออกมาใช้ในเวลาต่อมา แนวคิดนี้อธิบายไว้ว่า โครงสร้างของความจำมี 3 หน่วย คือ ความจำการรู้สึกสัมผัส (Sensory Memory)

ความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) และความจำระยะยาว (Long-Term Memory) ดังแบบจำลองในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แบบจำลองความจำมนุษย์ของ Atkinson และ Shiffrin (1968)

1. ความจำการรู้สึกสัมผัส (Sensory Memory) หมายถึง ความคงอยู่ของความรู้สึกสัมผัส หรือ รู้สึกว่ามีบางสิ่งบางอย่างเข้าไปในสมอง โดยที่ยังไม่รู้ความหมาย และความรู้สึกนี้จะหายไปอันรวดเร็วภายใน 1 วินาที ถึง 3 วินาที เช่น การฉายภาพให้ดูแวบหนึ่ง ภาพที่ปรากฏให้เห็นยังคงติดตาอยู่เป็นเวลาประมาณ 1 วินาที แต่ในระหว่างที่เป็นภาพติดตานี้ ข้อมูลใดก็ตามที่ได้รับการสนใจ หรือตีความก็จะกลายเป็นการรับรู้เข้าสู่ระบบความจำระยะสั้นต่อไป ส่วนข้อมูลที่ไม่ได้รับการตีความ หรือตีความไม่ทันเพราะเลือนหายไปก่อนนั้น ก็จะเลือนหายไปจากความจำแบบไม่มีวันจะหวนกลับมาอีก คนเราจะรับรู้ทีละอย่างถ้าอ่านอักษรก็ต้องอ่านทีละตัว (ชัยพร วิชชาวุธ, 2520)

2. ความจำระยะสั้น (Short-Term memory) ความจำระยะสั้นนี้ เป็นโครงสร้างความจำที่อยู่ถัดจากโครงสร้างความจำการรู้สึกสัมผัส เมื่อความรู้สึกสัมผัสได้ตีความสิ่งเร้าจนเข้าใจความหมายแล้ว ข้อมูลบางส่วนก็จะเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของความจำระยะสั้นนั้น ความจำระยะสั้นจะใช้สำหรับการจำชั่วคราวเพื่อใช้ประโยชน์ในขณะที่จำอยู่เท่านั้น เช่น การจำหมายเลขโทรศัพท์จากสมุดโทรศัพท์ เมื่ออ่านหมายเลขแล้วหมายเลขนั้นจะเข้าไปในความจำระยะสั้นเพื่อให้หันมาที่เครื่องโทรศัพท์และหมุนตัวเลขเท่านั้น พอหมุนเสร็จก็จะไม่มีความจำเป็นต้องจำหมายเลขนั้นอีกต่อไป ความจำระยะสั้นนี้เป็นความจำชั่วคราวต้องเอาใจจดจ่ออยู่ตลอดเวลา มิฉะนั้นสิ่งที่อยู่ในความจำระยะสั้นนี้ก็จะสูญหายไป เนื่องจากความสามารถในการเอาใจจดจ่ออยู่กับสิ่งต่างๆ ของมนุษย์มีจำกัด (ชัยพร วิชชาวุธ, 2520) ตามผลการทดลองของ Miller (1955)

ชี้ให้เห็นว่า ความจำระยะสั้นของมนุษย์มีช่วงจุของความจำประมาณ 5 ถึง 9 ตัว และมีระยะเวลาความคงทนประมาณ 30 วินาที

นอกจากนี้ Atkinson และ Shiffrin (1968) กล่าวไว้ว่า ความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว สิ่งใดก็ตามที่อยู่ในความจำระยะสั้นต้องได้รับการทบทวนอยู่ตลอดเวลา มิฉะนั้นความจำสิ่งนั้นจะสลายตัวหรือถูกลืมไปอย่างรวดเร็ว ในการทบทวนนั้น มนุษย์จะไม่สามารถทบทวนทุกสิ่งที่เข้ามาอยู่ในความจำระยะสั้น ดังนั้นจำนวนสิ่งของที่มนุษย์จะจำได้ในความจำระยะสั้นจึงมีจำกัด การทบทวนเพื่อป้องกันไม่ให้ความจำสลายตัวไปจากความจำระยะสั้น และสิ่งใดก็ตามถ้าอยู่ในความจำระยะสั้นเป็นระยะเวลายิ่งนาน สิ่งนั้นก็จะมีโอกาสฝังตัวในความจำระยะยาวยิ่งมาก

3. ความจำระยะยาว (Long-Term Memory) เป็นความจำที่มีความคงทนถาวรมากกว่าความจำระยะสั้น กล่าวคือ เป็นระบบความจำที่มีการคงอยู่ของข้อมูลที่เข้าไปได้นานกว่า 30 วินาทีขึ้นไป ไม่จำกัดความยาวนานของเวลาที่สารคงอยู่ และไม่จำกัดปริมาณที่ข้อมูลคงอยู่ โดยมนุษย์จะไม่รู้สึกในสิ่งที่จำอยู่ในระบบความจำระยะยาว แต่เมื่อต้องการใช้หรือมีสิ่งหนึ่งมากระตุ้นก็จะสามารถรื้อฟื้นขึ้นมาได้ และเป็นโครงสร้างส่วนที่ใหญ่ที่สุดในระบบความจำของมนุษย์ เนื่องจากเป็นส่วนที่เก็บความรู้ทั้งหมดไว้ (ชัยพร วิชชาวุธ, 2520) ตัวอย่างความจำในระบบความจำระยะยาว ได้แก่ การจำเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อหลายชั่วโมงก่อน หลายวันก่อน หรือหลายปีก่อน ชื่อของเพื่อนสนิท ภาษา ตลอดจนความรู้ต่างๆ ที่เรียน ล้วนอยู่ในความจำระยะยาวทั้งสิ้น

Burton และคณะ (1992) กล่าวว่าสมองซีกขวาของมนุษย์จะประมวลผลได้ดีสำหรับวัตถุที่มีการหมุนเอียงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และสมองซีกซ้ายของมนุษย์จะประมวลได้ดีสำหรับวัตถุที่มีการหมุนเอียงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ประกอบกับ Simion และคณะ (1980) พบว่าการหมุนเอียงอักษรไปทางขวา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) หรือทางซ้าย (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) ค่าเฉลี่ยของเวลาการตอบสนองของมนุษย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Campoy (2011) ยังพบว่ามนุษย์สามารถตอบสนองกับอักษรที่มีจำนวนน้อยได้ถูกต้องกว่าที่แสดงเป็นจำนวนมาก

2.6 แบบอักษรและความยากง่ายในการอ่านอักษร

2.6.1 แบบอักษร

ทุกวันนี้แบบอักษรมีการออกแบบออกมาทุกวัน แบบอักษรส่วนใหญ่สามารถแบ่งได้เจ็ดประเภท (Miller, 2002) ดังนี้ และแสดงตัวอย่างแบบอักษรทั้งเจ็ดประเภทในภาพที่ 2.13

1. แบบอักษร Oldstyle ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบตัวอักษรที่มีเส้นหนา เส้นบาง เลียนแบบการเขียนด้วยปากกา เส้นตัวอักษรค่อนข้างหนักและหนา มีเส้นยื่นออกมาที่ฐานและปลายของตัวอักษร ที่เรียกว่า เชิงอักษร (Serif)

2. แบบอักษร Modern ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบตัวอักษรที่มีเส้นแกนหลักของอักษรตั้งฉาก และมีเชิงอักษรเป็นเส้นตรงในแนวนอน

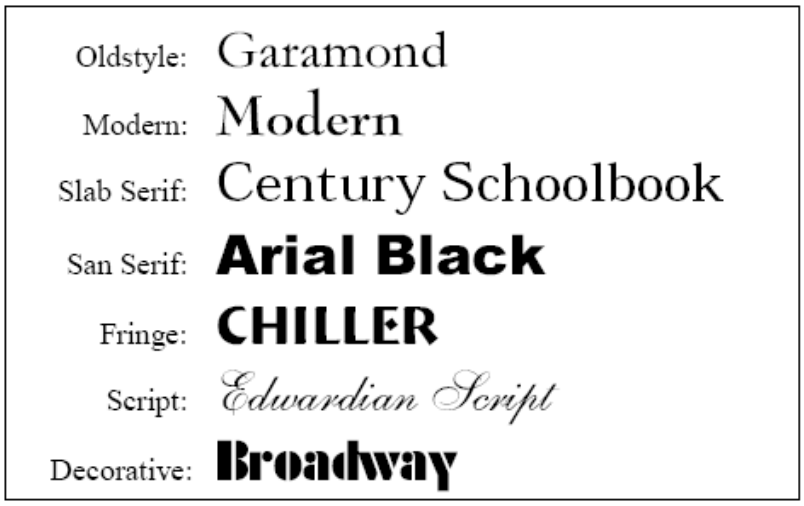
3. แบบอักษร Slab Serif หรือเรียกว่าตัวอักษรแบบมีเชิง (Serif) ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบอักษรที่มีเส้นอักษรหนาบางไม่เท่ากัน เชิงอักษรเป็นเส้นตรง และหนาเท่ากันเป็นรูปเหลี่ยม

4. แบบอักษร Sans Serif หรือเรียกว่าตัวอักษรแบบไม่มีเชิง ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบตัวอักษรที่ไม่มีเส้นยื่นออกมาที่ฐานและปลายของตัวอักษร เส้นอักษรจะหนาหรือบางเท่ากันหมด

5. แบบอักษร Fringe ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบตัวอักษรที่มีการบิดเบี้ยว เส้นอักษรหนาบางไม่เท่ากัน และยากต่อการอ่าน แต่ลักษณะอักษรมีความชัดเจนที่สามารถระบุตัวอักษรนั้นได้

6. แบบอักษร Script ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบตัวอักษรเลียนแบบลายมือเขียน โดยตัวอักษรมีลักษณะต่อเนื่องระหว่างตัวอักษร ช่องว่างระหว่างตัวอักษรน้อย เส้นตัวอักษรหนาบางต่างกัน และตัวอักษรมีลักษณะเอียงขวา

7. แบบอักษร Decorative ลักษณะของตัวอักษรเป็นแบบอักษรตัวประดิษฐ์หรือมีการตกแต่ง เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ชม ได้แก่ ตัวอักษรที่เป็นแบบการ์ตูน หรือตัวอักษรแบบแฟนซี



ภาพที่ 2.13 ประเภทอักษรของ Miller (2002)

Bernard และคณะ (2003) ได้เปรียบเทียบขนาดอักษรและรูปแบบอักษรที่อ่านได้ง่ายบนจอคอมพิวเตอร์ โดยเปรียบเทียบระหว่างอักษรแบบ serif font กับอักษรแบบ sans serif font ผลการวิจัยปรากฏว่าแบบอักษรที่เป็นตระกูล San Serif อ่านง่ายกว่าแบบอักษรที่เป็นอักษรตระกูล Serif หรือ Slab Serif อีกทั้ง Bernard และคณะ (2003) ยังกล่าวอีกว่าแบบอักษรในตระกูล San Serif เป็นอักษรที่ใช้บนเว็บไซต์บ่อยที่สุด

2.6.2 ความยากง่ายของการอ่านอักษร

ความยากง่ายของการอ่านตัวอักษร หมายถึง คุณสมบัติบางประการที่อยู่ในตัวอักษรที่ทำให้ตัวอักษรนั้นอ่านได้ยากหรือง่าย (กำธร สถิรกุล, 2515) โดยความยากง่ายของการอ่านตัวอักษรนั้นขึ้นอยู่กับการรับรู้ตัวอักษร และลักษณะของคำได้แม่นยำ ด้วยความเข้าใจตลอดจนสามารถแยกแยะลักษณะรูปร่างของตัวอักษรได้ (Tinker, 1963)

Quant (1964) กล่าวว่าสภาพสายตาของบุคคลที่กำลังอ่านข้อความที่เขียนด้วยลายมือต่างๆ กัน ในเรื่องคุณภาพของตัวอักษรเกี่ยวกับความยากง่ายในการอ่านว่าเกณฑ์ที่จะใช้ตัดสินคุณภาพตัวอักษร นอกจากจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆ ข้างต้นแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการอยู่ในแนวเดียวกัน ความเอน และคุณภาพของเส้นอักษร การศึกษาครั้งนี้ทำกับผู้ใหญ่ 35 คน อ่านข้อความ 11 ตอน จากข้อความที่พิมพ์ชุดหนึ่ง และเขียนด้วยลายมือปกติชุดหนึ่ง และที่เขียนด้วยลายมืออ่านยากอีกหลายชุด ผลการศึกษาสรุปได้ว่าตัวอักษรที่พิมพ์อ่านง่ายกว่าตัวอักษรที่เขียน และสิ่งที่ทำให้ตัวอักษรอ่านง่ายหรือยากนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของตัวอักษรเป็นสำคัญ

กำธร สถิรกุล (2515) กล่าวว่า ในการพิจารณาว่าสิ่งใดอ่านยากอ่านง่าย ประกอบด้วยปัจจัยหลายประการ คือ

1. รูปร่างของตัวหนังสือแต่ละตัว ลักษณะของตัวหนังสือต้องมีความสมดุลกัน (Balance) ในความรู้สึกของผู้อ่าน การสมดุลในรูปตัวหนังสืออยู่ที่สัดส่วนของความสูง และความกว้างของตัวอักษร

2. การเอาตัวหนังสือมาผสมเป็นคำ เป็นบรรทัด เป็นหน้า จะต้องมีหลักเกณฑ์ถูกต้อง ทำให้อ่านง่าย ตัวหนังสือทุกตัวต้องเข้ากันได้แบบโครงสร้างอยู่ในพวกเดียวกัน เส้นหนาเสมอกัน ตัวขนาดเดียวกัน และมีช่องไฟที่เหมาะสม

3. ความตัดกัน ของรูปตัวอักษรกับวัตถุที่เขียนหรือพิมพ์ต้องพอดี ที่เกิดจากความหนักเบาของเส้นอักษร แสงสว่างและสีของตัวอักษรกับพื้นหลังอันมีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้น และปกติในการพิมพ์หนังสือ ตัวอักษรควรมีการตัดกันของสีที่พอดี จึงใช้ตัวอักษรดำพิมพ์บนกระดาษสีขาว เพื่อให้เกิดการตัดกันสูงสุดในด้านสี

4. ปัญหาเรื่องตัวผู้อ่าน ผู้อ่านแต่ละคนย่อมมีคุณลักษณะและความสามารถต่างกัน ได้แก่ (1) ด้านสภาพร่างกาย บุคคลอาจมีความผิดปกติเกี่ยวกับสายตา เช่น สายตาสั้น และสายตายาว (2) สิ่งแวดล้อมในการอ่าน ร้อนเกินไป เย็นเกินไป มีเสียงรบกวน (3) วุฒิของผู้อ่านทั้งวัยวุฒิและคุณวุฒิ เด็กที่เรียนชั้นต่ำๆ ก็ต้องใช้ตัวหนังสือโต ชัดเจน ที่เรียนสูงขึ้นไปก็ใช้อักษรเล็กลงไปได้

Poulton (1987) พบว่าการใช้ตัวพิมพ์ทั้งใหญ่และเล็กรวมกันจะมีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์เล็กอย่างเดียว กล่าวคือ ข้อความที่เป็นตัวพิมพ์เล็กอ่านได้เร็วและสรุปเนื้อหาได้เร็วกว่า จนดูเหมือนว่ามีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์ใหญ่ แต่อักษรตัวพิมพ์ใหญ่จะสามารถดึงดูดความสนใจของผู้อ่านได้ดีกว่าอักษรตัวพิมพ์เล็ก ดังนั้น หากใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดหรือตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดจะไม่สามารถแยกบางคำที่ต้องการให้ผู้อ่าน (ก) สนใจเป็นพิเศษ หรือ (ข) จดจำง่ายขึ้นได้ การนำเสนออักษรที่ดีจึงควรผสมกันทั้งอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก

อีกทั้ง Arditi และ Cho (2007) ได้สรุปไว้ว่า ระยะเวลาการอ่านโดยเฉลี่ยของข้อความที่เป็นตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด (All Capital หรือ All Upper-case) เร็วกว่าข้อความที่มีตัวพิมพ์ใหญ่ผสมตัวพิมพ์เล็ก (Mixed) แต่ขัดแย้งกับ Tinker (1963) และ Paterson และ Tinker (1946) ที่กล่าวไว้ว่าตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรที่มนุษย์อ่านง่ายและเร็วกว่าตัวพิมพ์ใหญ่

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างสีอักษรกับสีพื้นหลัง เป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อความยากง่ายในการอ่าน นั่นคือ ความตัดกันของสี ระหว่างสีของอักษรกับสีของพื้นหลัง อันมีอิทธิพลต่อการรับรู้ตัวอักษร (Tinker, 1963)

Tinker และ Paterson (1931) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีกับความยากง่ายในการอ่าน โดยใช้วิธีวัดความเร็วในการอ่านกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 850 คน โดยใช้ตัวอักษรแบบ Scotch Roman ในการเปรียบเทียบสิบคู่สีกับตัวอักษรดำบนพื้นขาว พบว่าสิบคู่สีมีความง่ายในการอ่านน้อยกว่าตัวอักษรดำบนพื้นขาว อย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ ดังนี้ (1) สีเขียว บนพื้น สีขาว (2) สีน้ำเงิน บนพื้น สีขาว (3) สีดำ บนพื้น สีเหลือง (4) สีแดง บนพื้น สีเหลือง (5) สีแดง บนพื้น สีขาว (6) สีเขียว บนพื้น สีแดง (7) สีส้ม บนพื้น สีดำ (8) สีส้ม บนพื้น สีขาว (9) สีแดง บนพื้น สีขาว และ (10) สีดำ บนพื้น สีม่วง

อีกทั้ง Ling และ Schaik (2002) พบว่าอักษรดำบนพื้นหลังขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าแบบอื่น เช่น อักษรน้ำเงินบนพื้นขาว อักษรเหลืองบนพื้นน้ำเงิน หรือ อักษรแดงบนพื้นเขียว

2.7 โปรแกรมโอซีอาร์กับการอ่านอักษร

1. นิยามโปรแกรมโอซีอาร์

โปรแกรมโอซีอาร์ (Optical Character Recognition) คือซอฟต์แวร์ที่ใช้แปลภาพของข้อความจากการเขียนหรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขและเก็บไว้ได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Taghva, Borsack and Condit, 1996; Imsamai and Suphakant, 2010)

Ganapathy และ Lean (2006) กล่าวว่า โปรแกรมโอซีอาร์ เป็นโปรแกรมวิเคราะห์รูปภาพของข้อความ โดยนำรูปภาพมาผ่านการการประมวลผล เพื่อให้ได้ข้อความที่สามารถบันทึกเป็นไฟล์ข้อมูลได้โดยคอมพิวเตอร์

2. งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวกับโปรแกรมโอซีอาร์ในการอ่านอักษร

Ganapathy และ Lean (2006) ได้นำโปรแกรมโอซีอาร์ที่ทั้งคู่ได้พัฒนาขึ้นจากโมเดล self-organizing map neural network มาทดลองกับรูปภาพของอักษรที่มีการหมุนเอียงเป็นมุมหนึ่งถึงห้าองศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา โดย Ganapathy และ Lean (2006) ใช้อักขระจำนวนทั้งหมด 62 ตัว มาให้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตี โดยแบ่งเป็นอักษรตัวใหญ่ 26 ตัว (A-Z) อักษรตัวเล็ก 26 ตัว (a-z) และตัวเลขอีก 10 ตัว (0-9) ผลปรากฏว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถ

อ่านรูปภาพของอักษรได้ถูกต้องร้อยละ 81-92 อย่างไม่ต่างกัน นอกจากนี้ ยังพบว่าโปรแกรมโอซีอาร์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถโจมตีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ อักษรตัวพิมพ์เล็ก หรือแม้กระทั่งการผสมระหว่างอักษรพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กรวมกันได้

Chellapilla และคณะ (2005) ได้ทดลองนำตัวอักษรหนึ่งตัวมาให้คอมพิวเตอร์อัตโนมัติหรือโปรแกรมโอซีอาร์โจมตีแล้ว สรุปว่าการหมุนเอียงอักษรที่ระดับลบ 45 องศา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) ถึงบวก 45 องศา (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) เป็นการบิดเบือนที่รอดจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ

Yan และ Ahmad (2007) ได้กล่าวไว้ว่าอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เป็นอักษรที่โปรแกรมโอซีอาร์นั้นโจมตีได้ยากกว่าอักษรตัวพิมพ์เล็ก

Rice, Kanai และ Nartker (1993) พบว่าจำนวนอักษรในเอกสารยิ่งมีมาก หรือประเภทพวกคำย่อจะทำให้ความแม่นยำของโปรแกรมโอซีอาร์ค่อนข้างต่ำ

2.8 โปรแกรม Omnipage Professional 18

โปรแกรมโอซีอาร์ที่มีคุณสมบัติดีมาเป็นอันดับหนึ่งในปี 2011 จากเว็บไซต์ toptenreviews.com และเว็บไซต์ pcmag.com อันเป็นเว็บไซต์ที่มีการสรุปผลและเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์จากหลายผู้ผลิต โดยมีการนำเอาคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์แต่ละอย่างมาเปรียบเทียบกัน พร้อมทั้งนำเสนอทั้งข้อเด่น และข้อด้อยของโปรแกรมโอซีอาร์ รวมไปถึงการแสดงความคิดเห็นจากผู้ที่เคยใช้งานของโปรแกรมโอซีอาร์อีกด้วย

โปรแกรม Omnipage Professional 18 พัฒนาจากบริษัท Nuance Communications Inc. ในประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้เป็นบริษัทด้านเทคโนโลยีที่อยู่ในอันดับต้นๆ ของโลก นอกจากนี้ โปรแกรม Omnipage Professional 18 เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาเพื่อประมวลผลเอกสารที่เป็นกระดาษให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล โดยประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและถูกต้องถึงร้อยละ 99 มากถึง 120 ภาษา พร้อมกับยังคงรูปแบบ (Format) ของเอกสารไว้เหมือนเดิม และสามารถประมวลผลได้กับเอกสารที่มีสิ่งรบกวน หรือเอกสารที่มีพื้นหลังสีเทา อีกทั้งยังสามารถประมวลผลภาพข้อความที่เป็นสามมิติ และภาพที่มีอักษรถูกหมุนเอียงได้

2.9 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมในบทนี้ แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแคปท์ชาข้อความที่เป็นปัญหากวนใจต่อผู้ใช้มานาน โดยนำเสนอถึงแนวคิดและที่มาของแคปท์ชา ตัวอย่างของแคปท์ชา

ในรูปแบบต่างๆ ประเภทของแบบอักษร การใช้สีที่เหมาะสม รวมทั้งการยากง่ายของการอ่านอักษรของมนุษย์ โปรแกรมโอซีอาร์กับการอ่านอักษร และโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมในอดีต ผู้วิจัยยังพบว่ามีการศึกษาการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความของผู้ใช้ในประเทศไทยค่อนข้างน้อย และยังไม่มีการศึกษาและเปรียบเทียบแบบอักษร ระดับของการหมุนเอียง จำนวนอักขระ และชุดอักขระที่ใช้ในการพัฒนากับการรับรู้ของมนุษย์ ที่มนุษย์จะสามารถโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความได้โดยง่าย หรือลดปัญหาการที่มนุษย์ต้องโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความ แต่รอดพ้นจากการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ดังนั้น งานวิจัยในชิ้นปัจจุบันนี้จึงนำเสนอผลของแบบอักษร การหมุนเอียง จำนวนอักษร และชุดอักขระต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชา

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ความนำ

ในบทนี้ได้นำเสนอถึงแนวทางในการทำวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อของการวิจัย การนำเสนอประกอบด้วยการทดสอบสมมติฐาน (Hypotheses Testing) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population or Universe and Sample) การเลือกตัวอย่างและจำนวนตัวอย่าง (Sampling Technique) เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ขั้นตอนการเก็บข้อมูล (Data Gathering Execution) ประเด็นของความถูกต้อง (Validity) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของข้อมูลที่เก็บ และกรอบการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis Framework)

3.2 แนวทางศึกษาและการทดสอบสมมติฐาน

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Research) ที่ต้องการวิเคราะห์ผลของตัวแปรที่คุมค่าให้เปลี่ยนต่ออีกตัวแปร (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2553; ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ, 2541) โดยเลือกใช้การทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) ในลักษณะของการใช้เว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง

งานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความต่อแคปท์ชาที่แสดงในสี่แบบดังนี้ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความในระดับที่ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความที่เป็นตัวพิมพ์ และตัวเขียน (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ได้แก่ สี่ตัวอักษรและสิบตัวอักษร และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความที่ประกอบด้วย (1) อักษรตัวใหญ่ล้วน (2) อักษรตัวเล็กล้วน หรือ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง

สมมติฐานทั้งแปดสมมติฐานและมูลเหตุที่นำไปสู่สมมติฐานในงานนี้ เป็นดังต่อไปนี้

1. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ด้วยแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา

Chellapilla และคณะ (2005) พบว่าการหมุนเอียงอักษรในแคปท์ชาข้อความในช่วงตั้งแต่ลบ 45 องศา ถึง 45 องศา เป็นการบิดเบือนที่หน่วยทดลองตอบได้ถูกต้องมากที่สุดถึงร้อยละ 99 อีกทั้ง Burton และคณะ (1992) กล่าวว่าสมองซีกขวาของมนุษย์จะประมวลผลได้ดีสำหรับวัตถุที่มีการหมุนเอียงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และสมองซีกซ้ายของมนุษย์จะประมวลได้ดีสำหรับวัตถุที่

หมุนเอียงในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ประกอบกับ Simion และคณะ (1980) พบว่าการหมุนเอียงอักษรไปทางขวา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) หรือทางซ้าย (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) ค่าเฉลี่ยของเวลาการตอบสนองของมนุษย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ศึกษาที่เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ระหว่างการเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศาในแคปท์ชาข้อความเลย ดังนั้นการตั้งสมมติฐานแย้ง (H_1) จึงยังไม่สามารถกำหนดทิศทางของการทดสอบได้ ดังนั้นสมมติฐานในประเด็นจึงเป็น

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**แตกต่าง**กัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

2. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา

Chellapilla และคณะ (2005) ได้ทดลองนำตัวอักษรหนึ่งตัวมาให้คอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีแล้ว สรุปว่าการหมุนเอียงอักษรที่ระดับลบ 45 องศา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) ถึงบวก 45 องศา (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) เป็นการบิดเบือนที่รอดจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ นอกจากนี้ Ganapathy และ Lean (2006) พบว่า โปรแกรมโอซีอาร์ที่ได้พัฒนาขึ้น สามารถอ่านข้อความที่มีการหมุนเอียงเป็นมุมหนึ่งถึงห้าองศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกาได้ถูกต้องร้อยละ 81-92 อย่างไม่ต่างกัน และเนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยใดที่ศึกษาที่เปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ หรือการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติระหว่างการเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศาในแคปท์ชาข้อความเลย ดังนั้นการตั้งสมมติฐานแย้ง (H_1) จึงยังไม่สามารถกำหนดทิศทางของการทดสอบได้ สมมติฐานที่ว่า คือ

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ**แตกต่าง**กัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

3. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแบบอักษรตัวเขียน

Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) พบว่าแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ หรือคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ทว่ายังไม่พบงานในอดีตที่พัฒนาแคปท์ชาข้อความด้วยการใช้ภาษาอังกฤษแบบตัวเขียนมาก่อน อีกทั้งอักษรตัวเขียนเป็นอักษรที่มีลักษณะคล้ายกับลายมือของมนุษย์ อย่างไรก็ตาม Quant (1964) พบว่า มนุษย์อ่านอักษรตัวพิมพ์ได้ง่ายกว่าอักษรที่เขียนด้วยลายมือมนุษย์ และสิ่งที่ทำให้อักษรอ่านง่ายหรือยากนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของอักษรเป็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์และแบบอักษรตัวเขียน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะ**สูงกว่า**แบบอักษรตัวเขียน

4. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแบบอักษรตัวเขียน

Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) ได้สรุปว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรลายมือมนุษย์ หรือคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีได้ยาก และยังไม่พบงานในอดีตที่พัฒนาแคปท์ชาข้อความด้วยการใช้ภาษาอังกฤษแบบตัวเขียนมาก่อน อีกทั้งอักษรตัวเขียนเป็นอักษรที่มีลักษณะคล้ายกับลายมือของมนุษย์ นอกจากนี้แคปท์ชาข้อความที่ใช้อักษรตัวพิมพ์ ได้แก่ EZ-Gimpy และ GIMPY ถูกคอมพิวเตอร์อัตโนมัติสามารถโจมตีได้ถึงร้อยละ 92 และร้อยละ 33 ตามลำดับ (Mori and Malik, 2003) ประกอบกับ Ahmad และ คณะ (2010) พบว่าแคปท์ชาของไมโครซอฟต์ที่แสดงเป็นอักษรตัวพิมพ์ (Yan and Ahmad, 2008) ถูกโจมตีสำเร็จได้ร้อยละ 90 ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแบบอักษรตัวเขียน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะ**น้อยกว่า**แบบอักษรตัวเขียน

5. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงด้วยอักษรจำนวนสี่ตัวกับจำนวนสิบตัว

Dolan (1991) ได้พบว่าช่วงความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) สัมพันธ์กับความเข้าใจในการอ่าน ประกอบกับ Miller (1955) สรุปว่าขีดจำกัดของหน่วยความจำระยะสั้นของ

มนุษย์อยู่ในช่วง 5 ถึง 9 ตัว โดยอาจเป็นตัวเลข หรือตัวอักษร หรืออาจเป็นตัวเลขรวมกับตัวอักษร นอกจากนั้นการนำตัวเลขจำนวนสิบตัว มาต่อกันยังช่วยให้มนุษย์จำตัวเลขเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น เช่น มนุษย์สามารถจำเลขหมายโทรศัพท์จำนวนสิบตัวได้ด้วยหน่วยความจำระยะสั้น ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือกกำหนดใช้สี่ตัวอักษรแทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้น้อยที่สุด และสิบตัวอักษรแทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้มากที่สุด อีกทั้ง แคปท์ชาข้อความโดยทั่วไปจะมีจำนวนอักษรน้อยที่สุดคือสี่ตัว และมีจำนวนมากที่สุดถึงสิบตัว หรือมากกว่าสิบตัวขึ้นไป และเพื่อให้สามารถใช้ร่วมกับตัวแปรชุดตัวอักขระของแคปท์ชาข้อความด้วย นอกจากนี้ Campoy (2011) ยังพบว่ามนุษย์สามารถตอบสนองกับเอกสารที่แสดงอักษรจำนวนน้อยได้ถูกต้องกว่าที่แสดงเป็นจำนวนมาก อีกทั้ง Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าหากจำนวนอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความน้อย จะเพิ่มโอกาสให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องมากกว่าเมื่อใช้จำนวนมาก ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะ**สูงกว่า**เมื่อใช้สิบตัว

6. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงด้วยอักษรจำนวนสี่ตัวกับจำนวนสิบตัว

Rice, Kanai และ Nartker (1993) พบว่าจำนวนอักษรในเอกสารยิ่งมีมาก จะทำให้ความแม่นยำของโปรแกรมโอซีอาร์ค่อนข้างต่ำ หรือเพิ่มโอกาสในการรอดจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ประกอบกับ Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมากจะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ดีกว่าใช้เพียงจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนอักษรในแคปท์ชาข้อความเป็นสี่ตัวอักษร และสิบตัวอักษร โดยเป็นตัวแทนของขีดจำกัดของหน่วยความจำระยะสั้นในการรับข้อมูลได้น้อยที่สุด และมากที่สุด ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะ**น้อยกว่า**เมื่อใช้สิบตัว

7. การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความเมื่อแคปท์ชาแสดงชุดอักขระเป็น (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็กทั้งหมด หรือ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง

Tinker (1963) ได้อ้างว่า ตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรที่มนุษย์อ่านง่ายและเร็วกว่าตัวพิมพ์ใหญ่ โดยข้อความที่ใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดนำไปสู่รูปทรงของคำที่แตกต่างกันจากที่ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด แต่ Poulton (1987) พบว่าการใช้ตัวพิมพ์ทั้งใหญ่และเล็กรวมกันจะมีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์เล็กอย่างเดียว เนื่องจากหากใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดหรือตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดจะไม่สามารถแยกบางคำที่ต้องการให้ผู้อ่าน (ก) สนใจเป็นพิเศษ หรือ (ข) จดจำง่ายขึ้นได้ การนำเสนออักษรที่ดีจึงควรผสมกันทั้งอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก อีกทั้ง Arditi และ Cho (2007) ได้สรุปไว้ว่า ระยะเวลาการอ่านโดยเฉลี่ยของข้อความที่เป็นตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด (All Capital หรือ All Upper-case) เร็วกว่าข้อความที่มีตัวพิมพ์ใหญ่ผสมตัวพิมพ์เล็ก (Mixed) แต่ขัดแย้งกับ Tinker (1963) ที่กล่าวไว้ว่าตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรที่มนุษย์อ่านง่ายและเร็วกว่าตัวพิมพ์ใหญ่ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาแสดงชุดอักขระต่างกัน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**เมื่อแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ หรือเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก ส่วนแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**อักษรตัวใหญ่

8. การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็น (1) อักษรตัวใหญ่ (2) อักษรตัวเล็ก หรือ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง

Ganapathy และ Lean (2006) พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถโจมตีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ อักษรตัวพิมพ์เล็ก หรือแม้กระทั่งการผสมระหว่างอักษรพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กรวมกันได้ แต่ Yan และ Ahmad (2007) ได้กล่าวไว้ว่าอักษรตัวพิมพ์เล็กเป็นอักษรที่โปรแกรมโอซีอาร์นั้นโจมตีได้ยากกว่าอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาแสดงชุดอักขระต่างกัน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่จะ**สูงกว่า**เมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก และเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก ส่วนแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กจะสูงกว่าเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

3.3 ประชากรและหน่วยทดลอง

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาการใช้แคปท์ชาของผู้ใช้อินเทอร์เน็ต และตรวจสอบอัตราความทนทานของแคปท์ชาเมื่อถูกโจมตีด้วยโปรแกรมโอซีอาร์ แต่เนื่องจากผู้ใช้อินเตอร์เน็ตเป็นประชากรขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลจากทุกหน่วยของประชากรได้ จึงต้องเก็บข้อมูลจากตัวอย่าง หรือหน่วยทดลองที่สามารถเป็นตัวแทนของประชากร (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553)

รายงานผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย โดยศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2553) พบว่าผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ อยู่ในช่วงอายุ 30-39 ปี เป็นกลุ่มที่ทำงานแล้วเป็นปีแรก และรองลงมาคือ ช่วงอายุ 20-29 ปี ที่เป็นกลุ่มนักเรียนนักศึกษา แม้จะต่างจากปีการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในปี 2551 และ 2552 ที่พบว่ากลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20-29 ปี แต่ทว่าผลการสำรวจในช่วงสิบปีที่ผ่านมา พบกลุ่มที่มีสัดส่วนสูงสุดคือ กลุ่มผู้ใช้งานอินเตอร์เน็ตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20 -29 ปี อีกทั้งผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ของปี 2553 นั้น สัดส่วนของกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในช่วงอายุ 30-39 ปี และช่วงอายุ 20-29 ปี มีสัดส่วนไม่ต่างกันมากนัก คิดเป็นร้อยละ 31.8 และร้อยละ 28 ตามลำดับ และนอกจากนี้ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2551, 2552, 2553) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้กลุ่มที่อยู่ในช่วงอายุ 20-29 ปี เป็นประชากรของการวิจัยในครั้งนี้

เนื่องจากผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนประชากรทั้งหมด อีกทั้งผู้วิจัยยังไม่ทราบรายชื่อของแต่ละหน่วยประชากร แต่การเลือกหน่วยทดลองตามความน่าจะเป็น (Probability Sampling) จะต้องทราบขนาดประชากรว่าและต้องมีกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) อันหมายถึง รายชื่อของแต่ละหน่วยในประชากรพร้อมรายละเอียดการติดต่อ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) ดังนั้นการเลือกหน่วยทดลองในงานวิจัยนี้จึงเป็นไปในเชิงไม่อิงกับความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) ผู้วิจัยจึงกำหนดหน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเป็นตัวอย่างของผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ และมีคุณสมบัติอันประกอบด้วยภูมิหลังและพื้นฐานการศึกษาใกล้เคียงกัน

3.4 การเลือกหน่วยทดลองและจำนวนหน่วยทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความต่อรูปแบบของแคปท์ชา เมื่อตัวแปรต้นทั้งสี่ตัวต่อไปนี้มีค่าแตกต่างกัน ได้แก่ (1) การหมุนเอียงอักษรในแคปท์ชาข้อความที่ระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบตัวพิมพ์ กับแบบตัวเขียน (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยแสดงเป็นสี่ตัวอักษร และสิบตัวอักษร และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความอันประกอบด้วย (ก) อักษรตัวใหญ่ (ข) อักษรตัวเล็ก หรือ (ค) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง ด้วยเป็นการทดลอง งานวิจัยนี้จึงต้องปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ของตัวแปรต้น เพื่อตรวจสอบผลต่อตัวแปรตามสองตัวว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ ให้คงที่หรือเหมือนกัน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) โดยมีหน่วยทดลองที่มีคุณสมบัติทัดเทียมกันมากที่สุด คือ นิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้ความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้นเป็นผลเนื่องจากตัวแปรอิสระ ไม่ใช่ผลมาจากความแตกต่างกันของหน่วยทดลอง

เนื่องจากตัวแปรต้นมีสี่ตัว (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ มีค่าสองค่าคือ เอียงลบ 45 องศา และเอียง 45 องศา (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความมีสองค่าคือ ตัวพิมพ์และตัวเขียน (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความมีสองค่าคือ สี่ตัวอักษร และสิบตัวอักษร และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความมีสามค่าคือ อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด อักษรตัวเล็กทั้งหมด หรืออักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง ดังนั้น การทดลองนี้จึงประกอบด้วยทั้งสิ้น 2 x 2 x 2 x 3 = 24 กลุ่ม

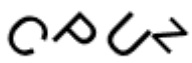
ด้วยข้อจำกัดของจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประกอบกับการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลองในกลุ่มเดียวกันควรกระทำในเวลาใกล้เคียงกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปรียบเทียบของหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนต์ที่แตกต่างกัน จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐานควรเป็นอย่างน้อย 30 หน่วย (Roscoe, 1975) ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้หน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมการทดลองจำนวน 24 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีหน่วยทดลองอย่างน้อย 30 คน มาจำนวนทั้งสิ้น 24 กลุ่ม การทดลองนี้จึงต้องการหน่วยทดลองอย่างน้อย 720 คน

3.5 เครื่องมือในการเก็บข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับแคปท์ชาในรูปแบบต่างๆ ตามตัวแปรอิสระสี่ตัวแปร โดยการปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรอิสระทั้งสี่ตัวแปรเป็นดังนี้

1. การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ คือ การเอียงอักษรไปในมุมตามต้องการสำหรับแสดงเป็นแคปท์ชาข้อความ โดยการวัดมุมจะวัดจากอักษรที่ตั้งตรงกับเส้นบรรทัด (baseline) ทั้งนี้เส้นบรรทัด คือ เส้นตรงแนวนอนที่ตัวอักษรวางอยู่ในแนวเดียวกัน ปกติอักษรจะตั้งบนเส้นบรรทัดโดยไม่ลอยสูงขึ้นหรือต่ำกว่าเส้นบรรทัด การตั้งตรงของอักษรเอในภาพที่ 1.11 คือการแสดงที่ศูนย์องศาหรือไม่หมุนเอียงนั่นเอง โดยจำแนกค่าของตัวแปรได้สองค่า คือ (1) การหมุนเอียงอักษรลบ 45 องศา โดยอักษรจะหมุนเอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทางขวา ภาพที่ 1.12 แสดงอักษร A ที่เอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทำมุม 45 องศากับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัด และ (2) การหมุนเอียงอักษรบวก 45 องศา โดยอักษรจะหมุนเอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือทางซ้าย ภาพที่ 1.13 แสดงอักษร A ที่เอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกา หรือทำมุม 45 องศา กับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัดการกำหนดค่าการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยกำหนดค่าเป็นข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) รายละเอียดของแต่ละค่าตัวแปรมีดังนี้

1. การหมุนเอียงอักษรลบ 45 องศา คือ แคปท์ชาข้อความจะแสดงอักษรที่หมุนเอียงทิศทางตามเข็มนาฬิกาหรือทางขวาในระดับที่ 45 องศา โดยทำมุมกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัดตามที่กล่าวมาข้างต้น ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรลบ 45 องศา



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรทั้งสี่ตัวลบ 45 องศา

2. การหมุนเอียงอักษรบวก 45 องศา คือ แคปท์ชาข้อความจะแสดงอักษรที่หมุนเอียงทิศทางทวนเข็มนาฬิกาหรือทางซ้ายในระดับที่ 45 องศา โดยทำมุมกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นบรรทัดตามที่กล่าวมาข้างต้น ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรบวก 45 องศา

ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรทั้งสี่ตัวบวก 45 องศา

2. แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ คือ แบบอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยจำแนกค่าของตัวแปรได้สองค่า คือ (1) อักษรตัวพิมพ์ และ (2) อักษรตัวเขียน โดยจะกำหนดขนาดของอักษรในแคปท์ชาข้อความเป็น 24 จุด ที่สามารถอ่านได้ชัดเจน และสามารถเน้นความสำคัญให้กับแคปท์ชา ประกอบกับ Kingery และ Furuta (1997) พบว่าขนาด 24 จุดเป็นขนาดอักษรที่หน่วยทดลองชื่นชอบมากที่สุด และการศึกษาครั้งนี้จะแสดงด้วยอักษรสีดำบนพื้นหลังสีขาว เนื่องจากเว็บไซต์หลายเว็บไซต์มีการใช้แคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรด้วยสีดำบนพื้นหลังสีขาว เช่น เว็บไซต์ Yahoo! Mail เว็บไซต์ skype.com หรือเว็บไซต์ captcha.com อีกทั้ง Ling และ Schaik (2002) พบว่าอักษรดำบนพื้นหลังขาวเป็นคู่สีที่มนุษย์อ่านได้ถูกต้องมากกว่าแบบอื่น เช่น อักษรน้ำเงินบนพื้นขาว อักษรเหลืองบนพื้นน้ำเงิน หรือ อักษรแดงบนพื้นเขียว ประกอบกับ Tinker และ Paterson (1931) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคู่สีกับความยากง่ายในการอ่าน โดยเปรียบเทียบสิบคู่สีกับอักษรดำบนพื้นขาว พบว่า อักษรดำบนพื้นขาวอ่านได้ง่ายที่สุด โดยทั้งสิบคู่ประกอบด้วย อักษรเขียวบนพื้นขาว, อักษรน้ำเงินบนพื้นขาว, อักษรดำบนพื้นเหลือง, อักษรแดงบนพื้นเหลือง, อักษรแดงบนพื้นขาว, อักษรเขียวบนพื้นแดง, อักษรส้มบนพื้นดำ, อักษรส้มบนพื้นขาว, อักษรแดงบนพื้นเขียว และอักษรดำบนพื้นม่วง ดังนั้นการกำหนดค่าของแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ จึงเป็นข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Nominal Scale) รายละเอียดของแต่ละค่าตัวแปรมีดังนี้

1. แคปท์ชาข้อความแสดงอักษรตัวพิมพ์จะใช้แบบอักษร Arial แบบ San Serif โดยแบบอักษร Arial เป็นอักษรที่พบบ่อยสุดบนเว็บไซต์ (Bernard et al., 2003) อีกทั้ง Bernard และคณะ (2003) พบว่าแบบอักษร Arial แบบ San Serif อ่านง่ายกว่าแบบอักษร Times New Roman ที่เป็นอักษรตระกูล Serif ผู้วิจัยจึงเลือกแบบอักษร Arial ที่อยู่ในตระกูลอักษร San Serif สำหรับเป็นอักษรแคปท์ชา

2. แคปท์ชาข้อความแสดงอักษรตัวเขียนจะใช้แบบอักษร Cursive standard ในตระกูล Script เนื่องจากยังไม่มีงานวิจัยที่ได้เปรียบเทียบแบบอักษรในตระกูล Script ว่าแบบอักษรชนิดใดเหมาะสมกับการอ่านของมนุษย์ ผู้วิจัยจึงสอบถามจากกลุ่มบุคคลที่อยู่ในช่วงอายุ 20-29 ปี จำนวน 50 คน โดยพิมพ์แบบอักษรที่มีลักษณะเป็นตัวเขียนในตระกูล Script ที่ได้รับความนิยมในสามอันดับแรกของเว็บไซต์ dafont.com คือ Cursive standard, Ecolier และ Learning Curve

(ดูตัวอย่างของสามแบบนี้ในภาคผนวก ก) แต่เนื่องจาก แบบอักษร Learning curve มีลักษณะการเอียง อาจทำให้ส่งผลต่อการทดลองในเรื่องการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ ดังนั้นผู้วิจัยได้เลือก Little days อันเป็นที่นิยมในอันดับสี่ และจากการสอบถามเรื่องแบบอักษรใดอ่านง่ายที่สุด (ผลสรุปของการสอบถามนี้ได้แสดงในภาคผนวก ก) ผลปรากฏว่าอักษร Cursive standard เป็นอักษรที่หน่วยตัวอย่างอ่านได้ง่ายที่สุดคิดเป็นร้อยละ 58 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแบบอักษร Cursive standard มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

3. จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ ในการศึกษาครั้งนี้หมายถึง จำนวนอักษรทั้งหมดที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดย Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมีน้อยจะทำให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง แต่ในขณะเดียวกันถ้าจำนวนอักษรมาก จะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ทั้งนี้ยังไม่มีการเปรียบเทียบว่าจำนวนตัวอักษรในปริมาณเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่ใช้เป็นแคปท์ชาข้อความ การทบทวนวรรณกรรมของการรับรู้ของมนุษย์นั้น พบว่าการรับรู้เป็นกระบวนการนำความรู้เข้าสู่สมอง เพื่อรวบรวมและจดจำสิ่งต่างๆ ไว้ อีกทั้งการรับรู้เป็นกระบวนการแปลความ (จำเนียร ช่วงโชติ, 2519) ดังนั้นการรับรู้จึงเกี่ยวข้องกับการออกแบบแคปท์ชาข้อความเป็นอย่างมาก กล่าวคือการใช้งานแคปท์ชาข้อความของมนุษย์เป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสทางตา สิ่งที่รับรู้เข้ามาทางประสาทสัมผัสจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ความจำระยะสั้น นอกจากนี้ Dolan (1991) ได้พบว่าช่วงความจำระยะสั้นสัมพันธ์กับความเข้าใจในการอ่าน

Miller (1955) ได้นำเสนอว่าขีดจำกัดของจำนวนที่มนุษย์สามารถจำได้ด้วยหน่วยความจำระยะสั้นคืออยู่ในช่วง 5 ถึง 9 ตัว นอกจากนั้นการนำตัวเลขจำนวนสิบตัว มาเรียงต่อกันยังช่วยให้มนุษย์จำตัวเลขเหล่านั้นได้ง่ายขึ้น เช่น หมายเลขโทรศัพท์ที่ประกอบด้วยตัวเลขถึงสิบตัว โดยจำแนกค่าของตัวแปรจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความได้สองค่า คือ (1) สี่ตัวอักษรใช้แทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้น้อยที่สุด และ (2) สิบตัวอักษรใช้แทนจำนวนข้อมูลที่ความจำระยะสั้นรับได้มากที่สุด การเลือกสี่และสิบตัวอักษรยังเพื่อให้สามารถควบคุมได้ร่วมกับตัวแปรลักษณะของชุดตัวอักขระของแคปท์ชาข้อความด้วย อีกทั้งแคปท์ชาข้อความทั่วไปจะมีจำนวนอักษรน้อยที่สุดคือสี่ตัวอักษร เช่น BotDetect CAPTCHA หรือ SI CAPTCHA และมีจำนวนอักษรมากที่สุดคือ ตั้งแต่สิบตัวอักษรเป็นต้นไป เช่น reCAPTCHA การกำหนดค่าของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ โดยกำหนดค่าเป็นข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Norminal Scale)

4. ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ ในที่นี้หมายถึง ลักษณะอักขระที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ โดยจำแนกออกได้เป็นสามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ (Upper-Case) (2) อักษรตัวเล็ก (Lower-Case) (3) อักษรตัวใหญ่ผสมตัวตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง การกำหนดค่าของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ เป็นในลักษณะข้อมูลแบบสเกลนามบัญญัติ (Norminal Scale) โดยมีรายละเอียดของการกำหนดแต่ละค่าตัวแปรดังนี้

1. อักษรตัวใหญ่ คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่ (Upper-Case) ทั้งหมดของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ เช่น อักษรพิมพ์ใหญ่ อักษรเขียนใหญ่

2. อักษรตัวเล็ก คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็ก (Lower-Case) ทั้งหมดของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ เช่น อักษรพิมพ์เล็ก อักษรเขียนเล็ก

3. อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก คือ ลักษณะอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความโดยเป็นการผสมระหว่างอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และอักษรตัวพิมพ์ตัวเล็ก หรือเป็นการผสมระหว่างอักษรตัวเขียนใหญ่และอักษรตัวเขียนเล็กที่เกิดจากการสุ่มจากโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น ทั้งนี้สัดส่วนของการผสมเป็นสัดส่วนครึ่งต่อครึ่งของจำนวนอักษรทั้งหมด โดยจำแนกได้สองลักษณะ (1) แคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรทั้งหมดสี่ตัว ชุดอักขระของแคปท์ชาจะเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่สองตัว และอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็กสองตัว เช่น อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมอักษรตัวพิมพ์เล็ก และอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมอักษรตัวเขียนเล็ก และ (2) แคปท์ชาข้อความที่มีจำนวนอักษรทั้งหมดสิบตัว ชุดอักขระของแคปท์ชาจะเป็นอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนใหญ่ห้าตัว และอักษรตัวพิมพ์หรือตัวเขียนเล็กห้าตัว เช่น อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ผสมอักษรตัวพิมพ์เล็ก และอักษรตัวเขียนใหญ่ผสมอักษรตัวเขียนเล็ก

การวัดความสามารถของแคปท์ชาข้อความในงานวิจัย ส่วนใหญ่มักกระทำด้วยสองตัวแปร คือ อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เนื่องจากแคปท์ชาข้อความที่เหมาะสม ควรต้องง่ายต่อการตอบของมนุษย์ แต่ยังต้องป้องกันการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ด้วย ในส่วนนี้จึงขออธิบายการเก็บข้อมูลของสองตัวแปรนี้

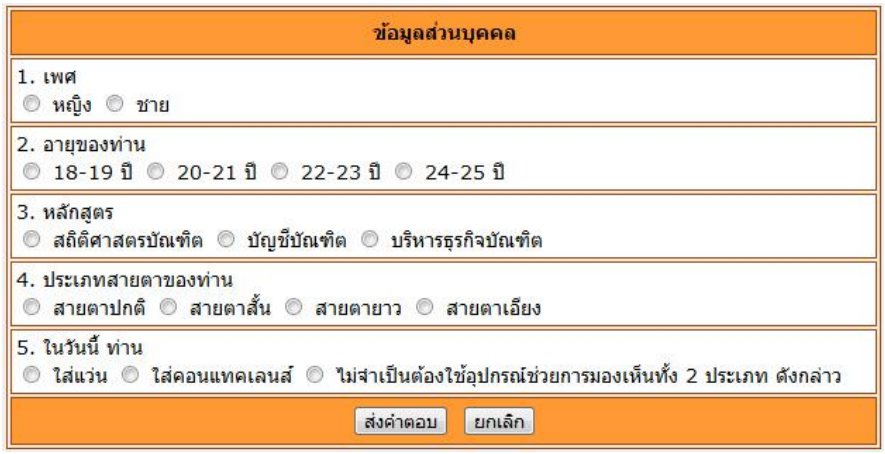
1. อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หมายถึง ผู้ใช้สามารถตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง ในที่นี้ การตอบแคปท์ชาข้อความ คือ การที่ผู้ใช้สามารถระบุอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง จนสามารถเข้าใช้บริการของเว็บไซต์ได้ (Yan and Ahmad, 2008) โดยวัดจาก

อัตราการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง คือ ร้อยละของจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของผู้ใช้ ต่อจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของผู้ใช้ (สูตรการคำนวณอัตราการยินยันความเป็นมนุษย์จะแสดงในหัวข้อกรอบการวิเคราะห์ข้อมูล)

ดังนั้นจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ที่เน้นการพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการดาวน์โหลดเพลง โดยหน่วยทดลองจะถูกกำหนดให้แวะชมเว็บไซต์ที่พัฒนา ในขณะหน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดเพลง หน่วยทดลองต้องโต้ตอบกับแคปท์ชาในเงื่อนไขต่างๆ ของการทดลองนี้ อันเป็นการเก็บข้อมูลของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ การเลือกบริบทของการดาวน์โหลดเพลง เนื่องจากการเลือกเว็บไซต์สำหรับการทดลองจึงต้องคำนึงถึงความสนใจของหน่วยทดลองเป็นสำคัญ โดยเพลงเป็นข้อความค้นหายอดนิยมอันดับ 1 (Google Insights for Search, 2010) ประกอบกับพิจารณาจากข้อมูลสถิติเว็บไซต์ประเภทธุรกิจบันเทิง (Entertainment) ได้รับความนิยมอันดับ 1 จากเว็บไซต์ truehits.net (2011) และคาดว่าจะอยู่ในความสนใจของหน่วยทดลองของการศึกษานี้

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลงขึ้นใหม่ด้วยภาษาพีเอชพี (PHP) และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูลซื่อพีเอชพีมายแอดมิน (PHPMyAdmin Database Management System) เว็บไซต์ดังกล่าวจะแสดงเพลงยอดนิยมประจำสัปดาห์สิบอันดับ เมื่อหน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดเพลงเว็บไซต์จะแสดงแคปท์ชาข้อความให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาข้อความก่อนจะแสดงลิงค์สำหรับให้ดาวน์โหลดเพลง ทั้งนี้การออกแบบเว็บไซต์จะมีข้อมูลและรายละเอียดเหมือนกันทุกประการ แต่จะมีความแตกต่างเฉพาะรูปแบบของแคปท์ชาข้อความอยู่ 24 รูปแบบ ดังตารางที่ 3.1 โดยระบบดาวน์โหลดเพลงจะสุ่มตัวอักษร A-Z หรือ a-z ขึ้นมาแสดงเป็นแคปท์ชาข้อความตามรูปแบบต่างๆ ที่กล่าวข้างต้น เนื่องจากการสร้างแคปท์ชาข้อความที่ใช้คำจากพจนานุกรมที่เป็นคำที่มีความหมายนั้น มีความเสี่ยงต่อการถูกโจมตีโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มากกว่าการใช้อักษรแบบสุ่ม (Yan and Ahmad, 2008)

อีกทั้ง ผู้วิจัยได้พัฒนาใบงานเพื่อกำหนดประเภทเพลงให้กับหน่วยทดลองดาวน์โหลดเพลง (ตัวอย่างใบงานแสดงในภาคผนวก ก) โดยใบงานจะเป็นตัวกำหนดให้หน่วยทดลองเจอแคปท์ชาข้อความที่ต่างกัน และหน่วยทดลองจะต้องโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความเพียงคนละหนึ่งครั้งเท่านั้น เมื่อหน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดเพลงและโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความแล้ว ระบบจะตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความนั้น แต่จะไม่แจ้งให้หน่วยทดลองทราบและจะปรากฏลิงค์ดาวน์โหลดให้หน่วยทดลองดาวน์โหลดเพลง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ตั้งคำถามเพื่อเก็บข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง โดยคำถามนี้จะแสดงหลังจากหน่วยทดลองได้ดาวน์โหลดเพลงเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และได้กดลิงค์เพื่อให้ข้อมูลส่วนบุคคล ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 คำถามข้อมูลส่วนบุคคลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2. อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ หมายถึง อัตราของแคปท์ชาข้อความที่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ (Ahmad, Yan and Marshall, 2010) ในที่นี้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ คือ การกำหนดให้โปรแกรมโอซีอาร์ตอบแคปท์ชาข้อความ (แทนการตอบทั่วไปที่เป็นมนุษย์) โดยวัดจากอัตราการตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ (Error rate) อันได้แก่ จำนวนครั้งที่โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง ต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของโปรแกรมโอซีอาร์

สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อวัดอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความนั้น ผู้วิจัยได้ทบทวนและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรมโอซีอาร์ จากเว็บไซต์ toptenreviews.com และเว็บไซต์ pcmag.com อันเป็นเว็บไซต์ที่มีการเปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรแกรมโอซีอาร์ โดยได้สรุปผลและเปรียบเทียบโปรแกรมโอซีอาร์จากหลายผู้ผลิต และในปี 2011 โปรแกรมโอซีอาร์ที่มีคุณสมบัติดีมาเป็นอันดับหนึ่ง คือ โปรแกรม Omnipage Professional 18 ของบริษัท Nuance Communications Inc. ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเป็นบริษัทด้านเทคโนโลยีที่อยู่ในอันดับต้นๆ ของโลก นอกจากนี้ โปรแกรม Omnipage Professional 18 เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ที่ประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและถูกต้องถึงร้อยละ 99 มากถึง 120 ภาษา พร้อมกับยังคงรูปแบบ (Format) ของเอกสารไว้เหมือนเดิม และสามารถประมวลผลได้กับเอกสารที่มีสิ่งรบกวน หรือเอกสารที่มีพื้นหลังสีเทา อีกทั้งยังสามารถประมวลผลภาพข้อความที่เป็นสามมิติและภาพที่มีอักษรถูกหมุนเอียงได้

ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Omnipage Professional 18 ที่เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ เพื่อมาลองโจมตีแคปท์ชาข้อความ 24 รูปแบบ โดยได้จัดซื้อโดยตรงกับทางเว็บไซต์ข้างต้น โดยแคปท์ชาข้อความที่นำมาโจมตีนั้นจะเป็นแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้กระทำการโต้ตอบ

ด้วย จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่าผู้วิจัยต้องพัฒนาแคปท์ชาข้อความจำนวนทั้งสิ้น 24 x 30 = 720 แคปท์ชาที่แตกต่างกันเป็นอย่างน้อย

ตารางที่ 3.1 รูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 24 แบบ

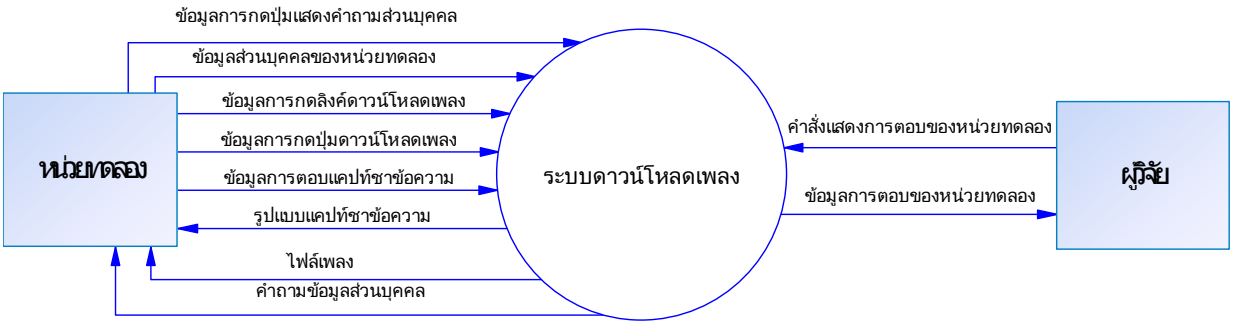
รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	การหมุนเอียงอักษร		แบบอักษร		จำนวนอักษร		ชุดอักขระ		
	ลบ 45 องศา	บวก 45 องศา	ตัวพิมพ์	ตัวเขียน	สี่ตัวอักษร	สิบตัวอักษร	อักษรตัวใหญ่	อักษรตัวเล็ก	อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก (50:50)
1.	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-	-
2.	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓	-
3.	✓	-	✓	-	✓	-	-	-	✓
4.	✓	-	✓	-	-	✓	✓	-	-
5.	✓	-	✓	-	-	✓	-	✓	-
6.	✓	-	✓	-	-	✓	-	-	✓
7.	✓	-	-	✓	✓	-	✓	-	-
8.	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓	-
9.	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	✓
10.	✓	-	-	✓	-	✓	✓	-	-
11.	✓	-	-	✓	-	✓	-	✓	-
12.	✓	-	-	✓	-	✓	-	-	✓
13.	-	✓	✓	-	✓	-	✓	-	-
14.	-	✓	✓	-	✓	-	-	✓	-
15.	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓
16.	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-	-
17.	-	✓	✓	-	-	✓	-	✓	-

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) รูปแบบแคปท์ชาที่พัฒนามีจำนวน 24 แบบ

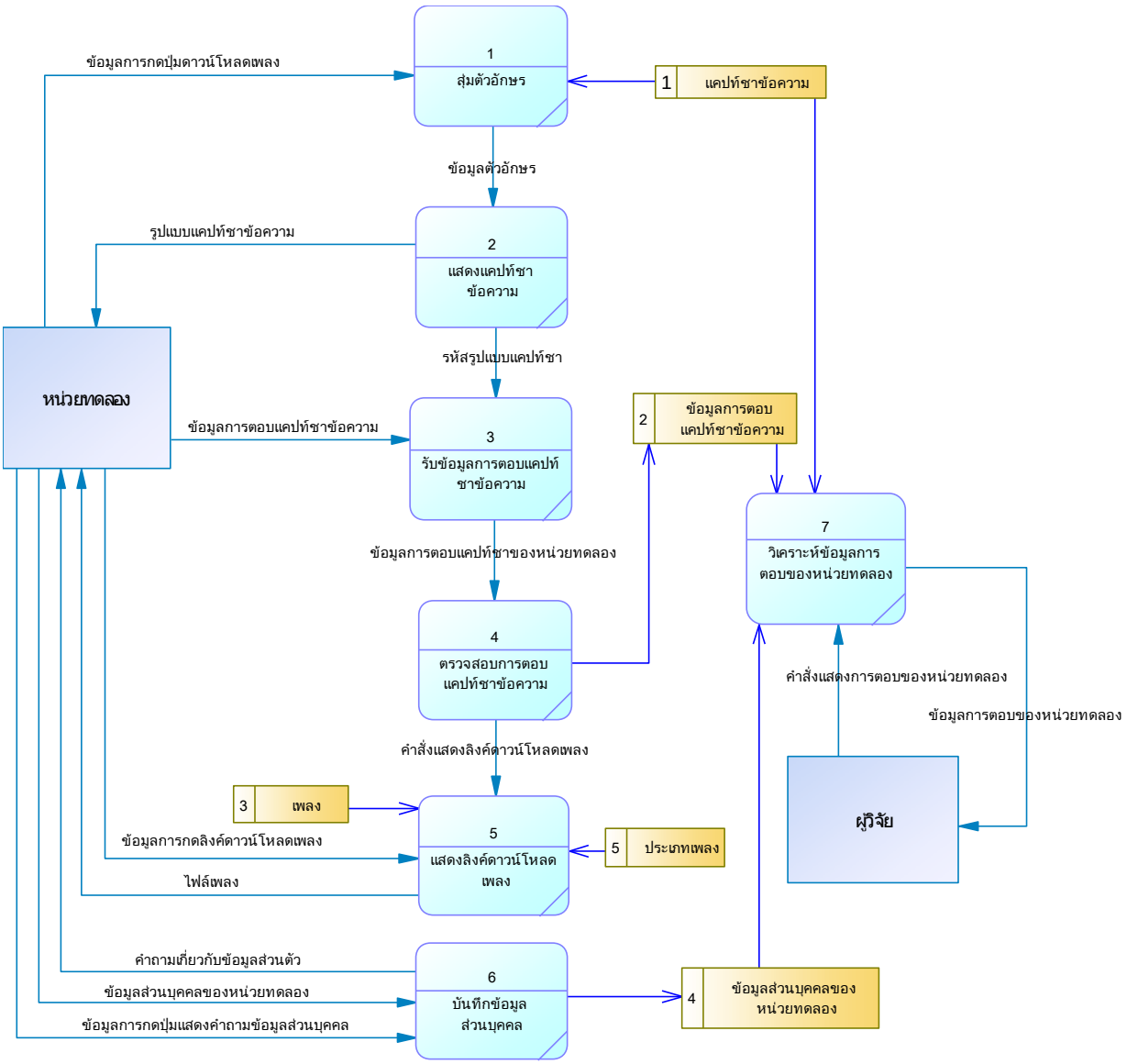
รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	การหมุนเอียงอักษร		แบบอักษร		จำนวนอักษร		ชุดอักขระ		
	ลบ 45 องศา	บวก 45 องศา	ตัวพิมพ์	ตัวเขียน	สี่ตัวอักษร	สิบตัวอักษร	อักษรตัวใหญ่	อักษรตัวเล็ก	อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก (50:50)
18.	-	✓	✓	-	-	✓	-	-	✓
19.	-	✓	-	✓	✓	-	✓	-	-
20.	-	✓	-	✓	✓	-	-	✓	-
21.	-	✓	-	✓	✓	-	-	-	✓
22.	-	✓	-	✓	-	✓	✓	-	-
23.	-	✓	-	✓	-	✓	-	✓	-
24.	-	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓

การทำงานของระบบให้ดาวน์โหลดเพลงหรือเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง เพื่อเก็บข้อมูลของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของหน่วยทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

1. แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram)

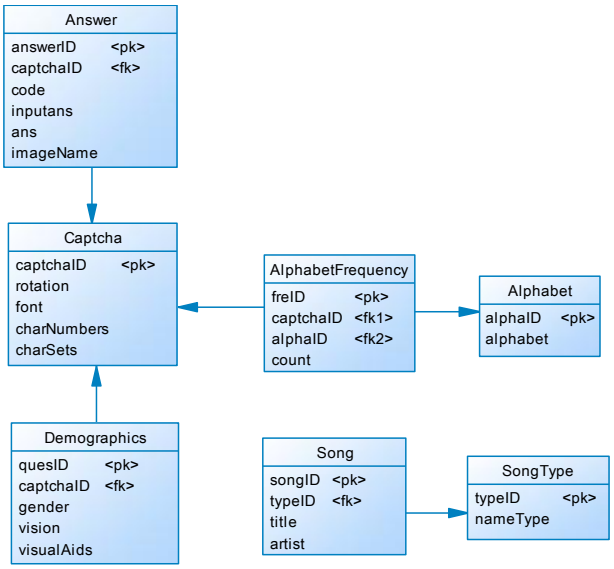


ภาพที่ 3.4 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับสูงสุด (Context Diagram) ของระบบดาวน์โหลดเพลง



ภาพที่ 3.5 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1) ของระบบดาวน์โหลดเพลง

2. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Dasign)



ภาพที่ 3.6 แผนภาพการออกแบบฐานข้อมูลของระบบดาวน์โหลดเพลง (ER-Diagram)

ตารางที่ 3.2 ตาราง Captcha ตารางเก็บข้อมูลรูปแบบแคปท์ชาข้อความ

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
captchaID	รหัสรูปแบบแคปท์ชา	int	เป็น	
rotation	ลักษณะการหมุนเอียง คือ 1 แทน ลบ 45 องศา 2 แทน บวก 45 องศา	int		
font	รูปแบบอักษร คือ 1 แทน ตัวพิมพ์ 2 แทน ตัวเขียน	int		
charNumbers	จำนวนอักษร คือ 1 แทน สี่ตัว 2 แทน สิบตัว	int		
charSets	ชุดของอักขระ คือ 1 แทน อักษรตัวใหญ่ 2 แทน อักษรตัวเล็ก 3 แทน อักษรตัวเล็กผสมตัวใหญ่	int		

ตารางที่ 3.3 ตาราง Answer ตารางเก็บข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
answerID	รหัสการตอบ	int	เป็น	
captchaID	รหัสแคปท์ชา	int		เป็น
code	แคปท์ชา	varchar (20)		
inputAns	คำตอบของหน่วยทดลอง	varchar (20)		
ans	สถานะคำตอบ คือ 1 แทน คำตอบถูกต้อง 2 แทน คำตอบไม่ถูกต้อง	int		
imageName	ชื่อรูปภาพแคปท์ชาที่หน่วยทดลองโต้ตอบ	varchar (100)		

ตารางที่ 3.4 ตาราง Demographics ตารางเก็บข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
quesID	รหัสข้อถาม	int	เป็น	
captchaID	รหัสแคปท์ชา	int		เป็น
gender	เพศ คือ 1 แทน เพศหญิง 2 แทน เพศชาย	int		
age	อายุ คือ 1 แทน 18-19 ปี 2 แทน 20-21 ปี 3 แทน 22-23 ปี 4 แทน 24-25 ปี	int		
course	หลักสูตร คือ 1 แทน สถิติศาสตรบัณฑิต 2 แทน บัญชีบัณฑิต 3 แทน บริหารธุรกิจบัณฑิต	int		

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) แสดงตาราง Demographics ตารางเก็บข้อมูลส่วนบุคคล

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
vision	ประเภทสายตาของหน่วยทดลอง คือ 1 แทน สายตาปกติ 2 แทน สายตาสั้น 3 แทน สายตายาว 4 แทน สายตาเอียง	int		
visualAids	อุปกรณ์ทางสายตา คือ 1 แทน ใส่แว่นตา 2 แทน ใส่คอนแทคเลนส์ 3 แทน ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว	int		

ตารางที่ 3.5 แสดงตาราง Song ตารางเก็บข้อมูลเพลง

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
songID	รหัสเพลง	int	เป็น	
typeID	ประเภทเพลง	int		เป็น
title	ชื่อเพลง	varchar (50)		
artist	ชื่อศิลปิน	vachar(50)		

ตารางที่ 3.6 ตาราง SongType ตารางเก็บข้อมูลประเภทเพลง

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
typeID	รหัสประเภทเพลง	int	เป็น	
nameType	ชื่อประเภทเพลง	vachar(50)		

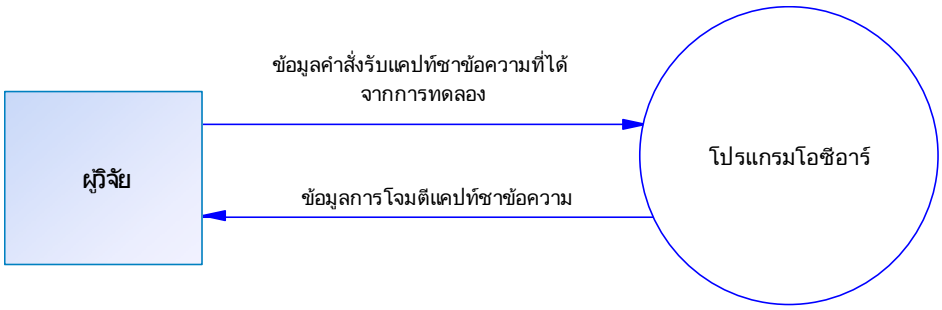
ตารางที่ 3.7 ตาราง Alphabet ตารางเก็บข้อมูลตัวอักษร

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
alphaID	รหัสตัวอักษร	int	เป็น	
alphabet	ตัวอักษร	vachar(5)		

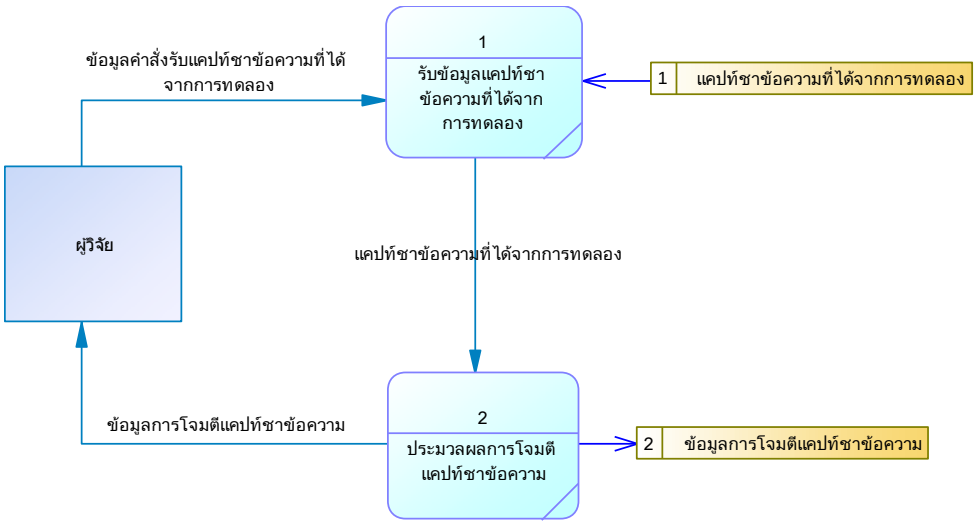
ตารางที่ 3.8 ตาราง AlphabetFrequency ตารางแสดงความถี่ของตัวอักษร

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
freqencyID	รหัสตัวอักษร	int	เป็น	
captchaID	ตัวอักษร	int		เป็น
alphaID	รหัสตัวอักษร	int		เป็น
count	จำนวนครั้งการแสดงตัวอักษร	int		

สำหรับการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ เพื่อเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3.7 แผนภาพการไหลของข้อมูลสูงสุด (Context Diagram) ของโปรแกรมโอซีอาร์



ภาพที่ 3.8 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับที่ 1 (Data Flow Diagram Level 1) ของโปรแกรมโอซีอาร์

ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงแคปท์ชาข้อความที่ได้จากการทดลอง

ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
captchaID	รหัสแคปท์ชาข้อความ	int	เป็น	
image	แคปท์ชาข้อความ	blob		

ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงข้อมูลการโจมตีแคปท์ชาข้อความ

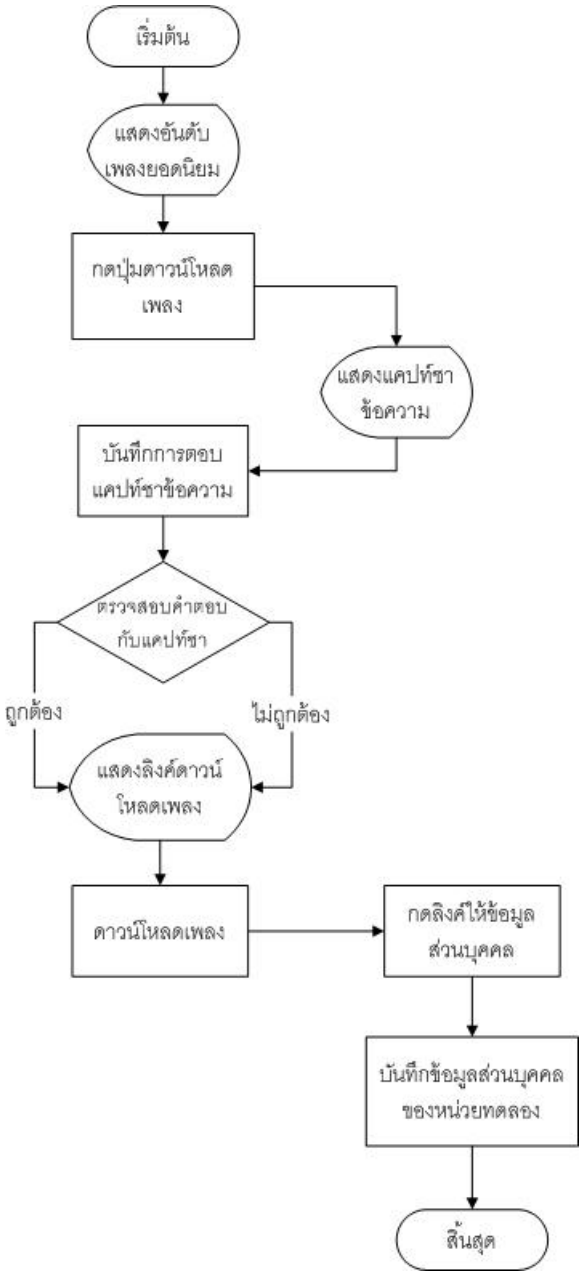
ข้อมูล	คำอธิบาย	ชนิดข้อมูล	PK	FK
captchaID	รหัสแคปท์ชาข้อความ	int	เป็น	
output	ผลลัพธ์การโจมตีแคปท์ชาข้อความ	vachar(50)		

3.6 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ทำในห้องปฏิบัติการของศูนย์คอมพิวเตอร์ โดยสุ่มหน่วยทดลองจากนิสิตปริญญาตรี คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จำนวน 720 คน สำหรับเป็นหน่วยทดลองอย่างน้อยกลุ่มละ 30 คน สำหรับทั้งสิ้น 24 เงื่อนไขของการทดลอง หรือ 24 กลุ่มนั่นเอง

ก่อนเริ่มการทดลอง ผู้วิจัยจะอธิบายโดยสรุปเกี่ยวกับระบบและขั้นตอนการทำงาน พร้อมกับความเป็นมาของเว็บไซต์ที่ใช้ในการทดลองให้กับหน่วยทดลองทราบ แต่ไม่อธิบายวัตถุประสงค์

ที่แท้จริงของการทดลอง เพราะหากหน่วยทดลองทราบว่าเว็บไซต์นี้ไม่มีอยู่จริง หน่วยทดลองอาจไม่ตั้งใจในการทดลอง ดังนั้นหน่วยทดลองจะทราบแต่เพียงว่าเป็นการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลงก่อนนำไปใช้จริง โดยผู้วิจัยจะแจกใบงานให้กับหน่วยทดลองเพื่อกำหนดให้หน่วยทดลองเลือกดาวน์โหลดเพลงตามประเภทเพลงที่กำหนดไว้ในใบงาน



ภาพที่ 3.9 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง

เมื่อหน่วยทดลองคลิกปุ่มดาวน์โหลดเพลงที่หน่วยทดลองต้องการดาวน์โหลด ระบบดาวน์โหลดเพลงที่พัฒนาขึ้นจะแสดงหน้าเว็บที่มีแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้หน่วยทดลองกรอกข้อความตามที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ จากนั้นระบบดาวน์โหลดเพลงจะแสดงหน้าเว็บไซต์ที่ปรากฏลิงค์ดาวน์โหลดเพลง เพื่อให้หน่วยทดลองดาวน์โหลดเพลงได้ โดยระบบจะตรวจสอบผลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลองว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง แต่ระบบจะไม่แจ้งให้หน่วยทดลองทราบ จากนั้นระบบจะบันทึกผลการตอบของหน่วยทดลองลงในฐานข้อมูล และหลังจากหน่วยทดลองดาวน์โหลดเพลงเรียบร้อยแล้ว จะมีลิงค์ให้ข้อมูลส่วนบุคคลปรากฏขึ้นมา เมื่อหน่วยทดลองกดลิงค์ให้ข้อมูลส่วนบุคคลแล้ว คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลจะปรากฏขึ้น เพื่อให้หน่วยทดลองตอบคำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคล โดยขั้นตอนการเก็บข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์สามารถแสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 3.9

การเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จะเก็บข้อมูลก็ต่อเมื่อการทดลองการเก็บข้อมูลอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ในแต่ละกลุ่มการทดลองเสร็จสิ้นลง เนื่องจากผู้วิจัยต้องการใช้แคปท์ชาข้อความเดียวกับหน่วยทดลองได้โต้ตอบ เพื่อเป็นสิ่งทดลองเดียวกับการใช้วัดอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ การที่ผู้วิจัยควบคุมการเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความตามที่กล่าวมานั้น เพื่อให้ผลสรุปที่กระจ่างถูกต้องมากขึ้น ดังนั้นเมื่อการทดลองในแต่ละกลุ่มเสร็จสิ้นลง ผู้วิจัยจะนำแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้ตอบในระหว่างการทดลองนั้น มาทดสอบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ด้วยโปรแกรม Omnipage professional 18 ที่เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ มาโจมตีแคปท์ชาข้อความที่เป็นแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้ใช้

3.7 ประเด็นของความถูกต้อง (Validity) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของข้อมูลที่เก็บ

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งหมดของงานวิจัยนี้ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การควบคุมการทดลองให้ได้ข้อมูลที่ดีสำหรับนำไปสู่ผลสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือได้ จึงจำเป็นต้องควบคุมปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีการสื่อสาร อันเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการทดลอง โดยเฉพาะการส่งข้อมูลระหว่างกัน ได้แก่ ความเร็วในการประมวลผลเซิร์ฟเวอร์ ความเร็วในการประมวลผลของเครื่องผู้ใช้ ความเร็วของสายส่งข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์กับเครื่องผู้ใช้ และความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลในเครือข่าย ปัจจัยทุกข้อดังกล่าวนั้น ผู้วิจัยได้พยายามลดความคลาดเคลื่อนในเรื่องความเร็วที่แตกต่างกัน ที่อาจเกิดขึ้นขณะที่หน่วยทดลองกำลังทำงานที่ได้รับมอบหมายให้น้อย

ที่สุด ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทดลองในห้องปฏิบัติการ และสถานที่ทดลองคือห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อันประกอบไปด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่นเดียวกัน และความเร็วของสายส่งข้อมูลระหว่างเครื่องเซิร์ฟเวอร์กับเครื่องผู้ใช้ใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อผลการทดลองที่ออกมาจะอยู่บนพื้นฐานของระบบที่เหมือนกันและน่าเชื่อถือ ตลอดจนถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ (ขวัญหทัย สันติบุตร, 2550)

2. การกำหนดหน่วยทดลอง ผู้วิจัยเลือกนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี อันประกอบด้วย หลักสูตรสถิติ บริหารธุรกิจ และบัญชี เป็นหน่วยทดลอง เนื่องจากมีลักษณะความสามารถที่ทัดเทียมกัน กล่าวคือหน่วยทดลองจะเรียนในรายวิชาที่มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน (ขวัญหทัย สันติบุตร, 2550) ทำให้ได้หน่วยทดลองที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยหน่วยทดลองแต่ละคนจะถูกเลือกมาเก็บข้อมูลเพียงครั้งเดียวเท่านั้น และขอความร่วมมือจากหน่วยทดลองแต่ละคนไม่ให้พูดคุยกัน หรือแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างการทดลอง อีกทั้งไม่ให้กลุ่มตัวอย่างเดิมเข้ามาร่วมให้ข้อมูลอีก นอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันจะถูกเก็บข้อมูลพร้อมกันในห้องเดียวกัน การที่ผู้วิจัยควบคุมการเก็บข้อมูลตามที่กล่าวมานั้น จะทำให้ผลการทดลองมีข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

3. การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อทดลอง เนื่องจากความคุ้นเคยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของผู้ใช้ที่มีต่อเว็บไซต์นั้น (ขวัญหทัย สันติบุตร, 2550 อ้างอิงใน Galletta, et al., 2003) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกพัฒนาเว็บไซต์ให้บริการดาวน์โหลดเพลงขึ้นมาใหม่ เพื่อไม่ให้หน่วยทดลองเกิดความคุ้นเคยกับระบบนั้นมาก่อน ซึ่งอาจส่งผลต่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือได้ และงานที่กำหนดให้หน่วยทดลองทำ พร้อมกับการไม่บอกถึงวัตถุประสงค์ น่าที่จะส่งผลให้การเก็บข้อมูลในการทดลองถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ

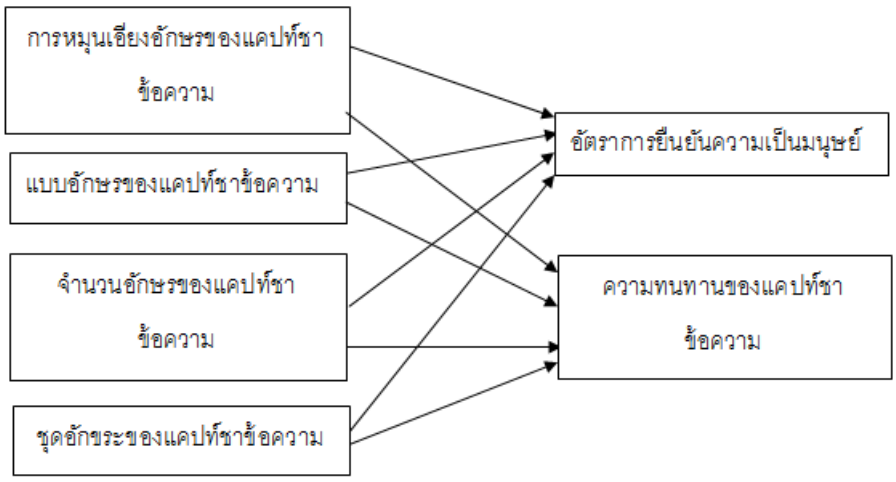
4. การตั้งใจดาวน์โหลดเพลงของหน่วยทดลอง โดยผู้วิจัยได้ขออนุญาตอาจารย์ประจำรายวิชา ให้การดาวน์โหลดเพลงเป็นการมอบหมายงาน (Assignment) จากอาจารย์ประจำรายวิชา พร้อมกับชี้แจงให้กับหน่วยทดลองได้ทราบในการทดลองแต่ละกลุ่ม เพื่อให้การทดลองได้ข้อมูลถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ

3.8 กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนทดสอบสมมติฐาน และตอบวัตถุประสงค์สี่ข้อของงานวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยเป็นการเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง โดยหน่วยทดลองเข้าใช้

เว็บไซต์ที่มีการแสดงแคปท์ชาข้อความ เพื่อเก็บอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และการทนทานของแคปท์ชาข้อความต่อแคปท์ชาในรูปแบบต่างๆ จะกระทำดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. สำหรับตัวแบบที่จะศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งกลุ่มตัวแปรเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ได้แก่ (1) การเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ และ (4) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ กลุ่มที่ 2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (Human Affirmative Rate) และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (Robustness of CAPTCHA) โดยผู้วิจัยสนใจว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลอย่างไรต่อตัวแปรตาม โดยแสดงตัวแบบที่จะศึกษาสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงตัวแบบที่ศึกษาในงานวิจัย

2. ข้อมูลตัวแปรการยืนยันความเป็นมนุษย์ จะเก็บเมื่อหน่วยทดลองกรอกอักษรตามแคปท์ชาข้อความที่ปรากฏ หรือเรียกว่าการตอบแคปท์ชาข้อความ และกดปุ่มตกลง จากนั้นข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความจะถูกบันทึกลงฐานข้อมูล ในที่นี้จะเก็บข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความของหน่วยทดลองทั้งหมด หรือทุกกรณีการตอบของหน่วยทดลอง ไม่ว่าหน่วยทดลองจะตอบแคปท์ชาข้อความผิดหรือถูก เพื่อนำมาวิเคราะห์และตอบวัตถุประสงค์ โดยข้อมูลการยืนยันความเป็นมนุษย์จะวัดจากข้อมูลการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลอง จากนั้นนำมาคำนวณหาร้อยละของจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลองต่อจำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของหน่วยทดลอง ดังนี้

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

เมื่อ *P* คือ อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (ร้อยละ)

n คือ จำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องของหน่วยทดลอง

N คือ จำนวนการตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมดของหน่วยทดลอง

3. หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยนำแคปท์ชาข้อความเดียวกับที่หน่วยทดลองได้โต้ตอบด้วย มาให้โปรแกรม Omnipage Professional 18 โจมตี เพื่อเก็บข้อมูลอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จากที่กล่าวมาข้างต้นว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ คือ อัตราของแคปท์ชาข้อความที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ และในที่นี้การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ คือ การใช้โปรแกรมโอซีอาร์ตอบแคปท์ชาข้อความ โดยวัดจากการตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ ในที่นี้การตอบแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องของโปรแกรมโอซีอาร์ คือการตอบของโปรแกรมโอซีอาร์ไม่ตรงกับอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความ จากนั้นนำมาคำนวณหาร้อยละของจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ถูกต้องต่อจำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้งหมด 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)

4. การวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนตัวของหน่วยทดลอง จะกระทำด้วยสถิติเชิงพรรณาเพื่อวิเคราะห์คำตอบจากคำถาม คือ เพศ อายุ หลักสูตร ประเภทของสายตา และการใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเห็น ของหน่วยทดลอง

5. การตอบวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อ โดยมีกรอบของการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการทางสถิติอิงพารามิเตอร์ (Parametric Statistical Technique) คือการทดสอบ z (z-test) แบบสองทาง เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างสัดส่วนของประชากรสองประชากรว่าแตกต่างกันหรือไม่ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) สำหรับตัวแปรอิสระ การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ ส่วนตัวแปรอิสระ แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ และจำนวน

อักษรของแคปท์ชาข้อความ จะใช้การทดสอบ z แบบทางเดียว เพื่อทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างสัดส่วนของประชากรสองประชากร ในลักษณะที่สนใจของกลุ่มประชากรหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) และผู้วิจัยเลือกใช้ไคสแควร์ (Chi-Square Test) สำหรับตัวแปรอิสระชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบสัดส่วนประชากรมากกว่าสองประชากร (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2553) และถ้าผลการทดสอบด้วยไคสแควร์พบว่ามีความแตกต่างระหว่างสามกลุ่มประชากร ผู้วิจัยจะใช้การทดสอบ z (z-test) เพื่อมาทดสอบหาความแตกต่างของสัดส่วนเป็นรายคู่ของประชากร

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ความนำ

บทนี้ได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มาจากการการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ ที่ต้องการวิเคราะห์ผลของ (1) การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ (2) แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ (3) จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ และ (4) ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ ต่อ (1) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และ (2) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

งานนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลองที่เป็นนิสิตปริญญาบัณฑิตของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 24 กลุ่ม อย่างน้อยกลุ่มละ 30 คน แต่ละกลุ่มจะพบเห็นรูปแบบของแคปท์ชาข้อความที่มีลักษณะแตกต่างกัน ในบทนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) และสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.2 ลักษณะทางประชากรของหน่วยทดลอง

ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลงสำหรับเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ ตามที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่สาม ทั้งนี้มีหน่วยทดลองทั้งสิ้นจำนวน 732 คน ทั้งนี้ตารางที่ 4.1 ได้แสดงข้อมูลส่วนบุคคลจำแนกตามเพศ อายุ หลักสูตรที่ศึกษา ประเภทสายตา และการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นในวันที่เป็นหน่วยทดลอง การจำแนกตามเพศ พบว่า จำนวนหน่วยทดลองเป็นหญิง 554 คน และชาย 178 คน การจำแนกตามอายุพบว่า หน่วยทดลองอยู่ในช่วงอายุ 18 – 19 ปีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 66.9 รองลงมาคือ ช่วงอายุ 20 – 21 ปี และช่วง 22 – 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.7 และ 4.3 ตามลำดับ การจำแนกตามหลักสูตรที่ศึกษา พบว่าหน่วยทดลองอยู่ในกลุ่มหลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิตมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.5 รองลงมาคือ หลักสูตรบัญชีบัณฑิต (ร้อยละ 36.2) และหลักสูตรสถิติศาสตรบัณฑิต (ร้อยละ 16.3) การจำแนกตามประเภทสายตา พบว่า กลุ่มที่มีสายตาสั้นมีจำนวนสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 58.1รองลงมาคือ กลุ่มสายตาปกติ คิดเป็นร้อยละ 38.3 กลุ่มสายตาเอียงคิดเป็นร้อยละ 3.4 และกลุ่มสายตายาวคิดเป็นร้อยละ 0.3 การจำแนกการใช้อุปกรณ์ทางสายตาในวันที่เข้าเป็นหน่วยทดลอง พบว่า กลุ่มที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการ

มองเห็นมีจำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 46.6 รองลงมาคือ กลุ่มที่ใส่แว่นเป็นอุปกรณ์ช่วยการมองเห็น คิดเป็น 30.6 และกลุ่มที่ใส่คอนแทคเลนส์เป็นอุปกรณ์ช่วยการมองเห็น คิดเป็น 22.8 โดยที่ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาข้อความถูกต้องจำแนกตาม 24 เงื่อนไขของการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลส่วนบุคคลของหน่วยทดลอง (N = 732)

คุณสมบัติ		**จำนวน (คน)**	**ร้อยละ**
เพศ	หญิง	554	75.7
	ชาย	178	24.3
อายุ	18-19 ปี	490	66.9
	20-21 ปี	210	28.7
	22-25 ปี	32	4.3
หลักสูตร	สถิติศาสตรบัณฑิต	119	16.3
	บัญชีบัณฑิต	265	36.2
	บริหารธุรกิจบัณฑิต	348	47.5
ประเภทสายตาของหน่วยทดลอง	สายตาปกติ	280	38.3
	สายตาสั้น	425	58.1
	สายตายาว	2	0.3
	สายตาเอียง	25	3.4
อุปกรณ์ทางสายตา	ใส่แว่นตา	224	30.6
	ใส่คอนแทคเลนส์	167	22.8
	ไม่จำเป็นต้องใช้แว่น หรือคอนแทคเลนส์	341	46.6

ตารางที่ 4.2 จำนวนหน่วยทดลอง จำแนกตามรูปแบบการทดลอง

รูปแบบการทดลอง	แคปท์ชาข้อความ				จำนวนหน่วยทดลอง (คน)	จำนวนหน่วยทดลองที่ตอบแคปท์ชาถูก (คน)
	การหมุนเอียง (องศา)	แบบอักษร	จำนวนอักษร	ชุดอักขระ		
1	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ตัวใหญ่	30	27
2	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ตัวเล็ก	30	28
3	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ผสม	31	18
4	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ตัวใหญ่	31	29
5	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ตัวเล็ก	38	35
6	ลบ 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ผสม	30	12
7	ลบ 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ตัวใหญ่	30	4
8	ลบ 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ตัวเล็ก	30	17
9	ลบ 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ผสม	31	9
10	ลบ 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ตัวใหญ่	30	4
11	ลบ 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ตัวเล็ก	30	13
12	ลบ 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ผสม	30	6
13	บวก 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ตัวใหญ่	30	28
14	บวก 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ตัวเล็ก	30	28
15	บวก 45	ตัวพิมพ์	สี่ตัว	ผสม	30	21
16	บวก 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ตัวใหญ่	30	28
17	บวก 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ตัวเล็ก	30	27
18	บวก 45	ตัวพิมพ์	สิบตัว	ผสม	30	19
19	บวก 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ตัวใหญ่	30	10
20	บวก 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ตัวเล็ก	30	14
21	บวก 45	ตัวเขียน	สี่ตัว	ผสม	30	7
22	บวก 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ตัวใหญ่	30	9
23	บวก 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ตัวเล็ก	30	21
24	บวก 45	ตัวเขียน	สิบตัว	ผสม	31	10

4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์

เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และนำเสนออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตาม (1) การหมุนเอียงอักษร (2) แบบอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) ชุดอักขระ ของแคปท์ชาข้อความ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ถึง 4.6

ตารางที่ 4.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ลบ 45 องศา	202	371	54.45
บวก 45 องศา	222	361	61.50
รวม	424	732	57.92

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่บวก 45 องศา ดูจะมากกว่าเล็กน้อย แคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา

ตารางที่ 4.4 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ตัวพิมพ์	300	370	81.08
ตัวเขียน	124	362	34.25
รวม	424	732	57.92

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ ดูจะมากกว่า แคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน

ตารางที่ 4.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)**	**จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)**	**อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)**
สี่ตัว	211	362	58.29
สิบตัว	213	370	57.57
รวม	424	732	57.92

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว ดูจะมากกว่า แคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว

ตารางที่ 4.6 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)**	**จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)**	**อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)**
อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด	139	241	57.68
อักษรตัวเล็กทั้งหมด	183	248	73.79
อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก	102	243	41.98
รวม	424	732	57.92

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กทั้งหมด มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงที่สุด อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์รองลงมาเป็น แคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ทั้งหมด และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็กมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์น้อยที่สุด

4.4 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแสดงการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความมีลักษณะแตกต่างกัน คือ (1) การหมุนเอียงอักษรในแคปท์ชาข้อความที่ระดับลบ 45 องศา และ (2) บวก 45 องศา เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์**แตกต่าง**กัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

ทั้งนี้การคำนวณโดยละเอียดได้แสดงในภาคผนวก ง. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา ค่า z ที่คำนวณได้จากข้อมูลในตารางที่ 4.3 เป็น 1.931227 มีค่าน้อยกว่า 1.960 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบสองด้าน คือ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา

4.5 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกันสองลักษณะ คือ (1) แบบอักษรตัวพิมพ์ และ (2) แบบอักษรตัวเขียน เพื่อตอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์และแบบอักษรตัวเขียน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะ**สูงกว่า**แบบอักษรตัวเขียน

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์

และแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน โดยค่า z ที่คำนวณได้จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 เท่ากับ 12.831543 (วิธีคำนวณค่า z แสดงไว้ที่ภาคผนวก จ.) มีค่ามากกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะสูงกว่าแบบอักษรตัวเขียนอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

4.6 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน คือ (1) สี่ตัวอักษร และ (2) สิบตัวอักษร เพื่อตอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะ**สูงกว่า**เมื่อใช้สิบตัว

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว และค่า z จากตารางที่ 4.5 คำนวณได้เป็น 0.197282 (วิธีการคำนวณค่า z แสดงไว้ที่ภาคผนวก ฉ.) มีค่าน้อยกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว

4.7 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็กทั้งหมด และ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาแสดงชุดอักขระต่างกัน

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**เมื่อแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ หรือเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก ส่วนแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**อักษรตัวใหญ่

จากตารางที่ 4.6 คำนวณค่า χ^2 ได้ 50.983 (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก ช.) เป็นค่าที่มากกว่า 5.99 ที่เป็นค่า χ^2 จากตาราง เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเป็น 0.05 และ df =2 จึงสามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเป็น 0.05 เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ อักษรตัวเล็ก หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

เนื่องจากผลจากการทดสอบด้วยไคสแควร์ พบว่าข้อมูลทั้งสามกลุ่มแตกต่างกัน ผู้วิจัยจะใช้สถิติทดสอบ z (z-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เป็นรายคู่ ดังนี้

4.7.1 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

ผู้วิจัยต้องการเปรียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สองลักษณะ คือ (1) แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และ (2) แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ เพื่อตอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**ที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็ก และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ จากตารางที่ 4.6 ค่า z ที่คำนวณได้ – 3.454041 (ดูวิธีการคำนวณค่า z ในภาคผนวก ช.) มีค่าน้อยกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

4.7.2 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

ผู้วิจัยต้องการเปรียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สองลักษณะ คือ (1) แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และ (2) แสดงเป็นอักษรตัวเล็ก เพื่อตอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**ที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก จากตารางที่ 4.6 ค่า z ที่คำนวณได้เท่ากับ -7.14125 (ดูวิธีการคำนวณค่า z ในภาคผนวก ช.) มีค่าน้อยกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

4.7.3 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก กับแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

ผู้วิจัยต้องการเปรียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สองลักษณะ คือ (1) แสดงเป็นอักษรตัวเล็ก และ (2) แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ เพื่อตอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กและอักษรตัวใหญ่

H_1 : อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**อักษรตัวใหญ่

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก และแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ จากตารางที่ 4.6 ค่า z ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 3.755770 (ดูวิธีการคำนวณค่า z ในภาคผนวก ช.) มีค่ามากกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว จึงสามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กสูงกว่าที่แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน ดังนี้ (1) แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่ (2) แสดงด้วยอักษรตัวเล็ก และ (3) แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็ก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยเปรียบเทียบเป็นรายคู่ได้ดังนี้

1. แคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับแคปท์ชาที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

2. แคปท์ชาข้อความทีแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกับแคปท์ชาที่แสดงเป็นอักษรเล็ก

3. แคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

ในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลลำดับต่อไป ผู้วิจัยได้นำแคปท์ชาที่หน่วยทดลองได้โต้ตอบมาทดลองให้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตี ในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 และนำผลการโจมตีมาเปรียบเทียบ พร้อมกับนำเสนออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตาม (1) การหมุนเอียงอักษร (2) แบบอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) ชุดอักขระ ของแคปท์ชาข้อความ โดยแสดงตามตารางที่ 4.7 ถึง 4.10

ตารางที่ 4.7 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ลบ 45 องศา	371	371	100
บวก 45 องศา	361	361	100
รวม	732	732	100

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา มีค่าเท่ากัน คือ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรที่ระดับลบ 45 องศา หรือ บวก 45 องศา ได้เลย

ตารางที่ 4.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ตัวพิมพ์	370	370	100
ตัวเขียน	362	362	100
รวม	732	732	100

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ และที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน มีค่าเท่ากัน คือ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ หรือตัวเขียนได้เลย

ตารางที่ 4.9 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
สี่ตัว	362	362	100
สิบตัว	370	370	100
รวม	732	732	100

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว มีค่าเท่ากัน คือ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่า โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว หรือที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัวได้เลย

ตารางที่ 4.10 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด	241	241	100
อักษรตัวเล็กทั้งหมด	248	248	100
อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก	243	243	100
รวม	732	732	100

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว มีค่าท่ากัน คือ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ หรือที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก หรือที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก ได้เลย

โดยตารางที่ 4.7 ถึง 4.10 แสดงให้เห็นว่าแคปท์ชาข้อความทั้งหมดสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ หรือกล่าวได้ว่า โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้เลย อาจเป็นเพราะแคปท์ชาข้อความทั้งหมดมีการหมุนเอียงอักษรที่ระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ลองนำโปรแกรมโอซีอาร์มาโจมตีกับแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา หรือไม่มีการหมุนเอียงอักษรเลย (ดูผลการทดสอบในหัวข้อที่ 4.14) เพื่อเพิ่มความกระจ่างของสาเหตุที่โปรแกรมโอซีอาร์ ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบได้เลย และแสดงให้เห็นประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์อีกด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เขียนอีเมลไปสอบถามยังผู้ผลิตโปรแกรม Omnipage Professional 18 ที่เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยได้คำยืนยันว่าโปรแกรม Omnipage Professional 18 ยังมีปัญหาการโจมตีหากอักษรเอียงทั้งบวกและลบ 45 องศา และทางบริษัทได้ทราบถึงปัญหาในส่วนนี้แล้ว และจะหาทางปรับปรุงโปรแกรม Omnipage Professional 18 ต่อไป

อีกทั้งผู้วิจัยได้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของบริษัทที่เป็นผู้ผลิตโปรแกรม Omnipage Professional 18 และผู้วิจัยได้ลองทำตามคำแนะนำในเว็บไซต์ที่อ้างว่าโปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถโจมตีอักษรที่เอียง 90 180 หรือ 270 องศา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ลองนำโปรแกรม Omnipage Professional 18 มาโจมตีแคปท์ชาที่หมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศา เพิ่มเติมจากการเอียงในวิทยานิพนธ์นี้ (ดูผลการทดสอบในหัวข้อที่ 4.15) เพื่อยืนยันความเหมาะสมที่เลือกใช้โปรแกรม Omnipage Professional 18 ในการศึกษานี้

4.9 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับที่แตกต่างกัน สองค่า คือ (1) ลบ 45 องศา และ (2) บวก 45 องศา เพื่อทดสอบสมสมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ**แตกต่าง**กัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงในระดับที่ลบ 45 องศา และ แคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงในระดับที่บวก 45 องศา จากตารางที่ 4.7 ค่า z จึงไม่สามารถคำนวณได้ เพราะเป็นการหารด้วยศูนย์ (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก ง.) และจึงสรุปจากตารางที่ 4.7 ว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา และที่แสดงการหมุนเอียงในระดับที่บวก 45 องศา

4.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรที่แตกต่างกันสองลักษณะ คือ (1) แบบอักษรตัวพิมพ์ และ (2) แบบอักษรตัวเขียน เพื่อตอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์และแบบอักษรตัวเขียน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะ**น้อยกว่า**แบบอักษรตัวเขียน

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน จากตารางที่ 4.8 ไม่สามารถคำนวณค่า z ได้ เนื่องจากเป็นการหารด้วยศูนย์ (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก จ.) และจึงสรุปจากตารางที่ 4.8 ได้ว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน

4.11 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน คือ (1) สี่ตัวอักษร และ (2) สิบตัวอักษร เพื่อตอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราการความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

H_1 : อัตราการความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะ**น้อยกว่า**เมื่อใช้สิบตัว

ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ z (z-test) โดยคำนวณหาค่า z จากสูตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค.) เพื่อเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน จากตารางที่ 4.9 เนื่องจากเป็นการหารด้วยศูนย์ จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณค่า z ได้ (ดูวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฉ.)ดังนั้นจากตารางที่ 4.9 ทำให้สรุปได้ว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว

4.12 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็กทั้งหมด และ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง เพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

H_0 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาแสดงชุดอักขระต่างกัน

H_1 : อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่จะ**สูงกว่า**เมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก และเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก ส่วนแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กจะ**สูงกว่า**เมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

จากตารางที่ 4.10 ค่า χ^2 คำนวณได้ 0.107447 (โดยวิธีการคำนวณในภาคผนวก ช) เป็นค่าที่น้อยกว่า 5.99 ที่เป็นค่า χ^2 จากตาราง เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเป็น 0.05 และ df

= 2 จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ ดังนั้นสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ทั้งหมด อักษรตัวเล็กทั้งหมด หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

4.13 สรุปผลการวิเคราะห์อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานตามที่ได้กำหนดไว้ ในหัวข้อที่ 4.3 ถึง 4.12 โดยนำมาสรุปผลได้ดังตารางที่ 4.11 เพื่อความกระจ่างมากขึ้น

ตารางที่ 4.11 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ความสัมพันธ์
การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	แคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ **สูง** กว่าที่แสดงแบบอักษรตัวเขียนอย่างมีนัยสำคัญ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

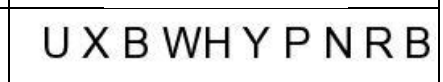
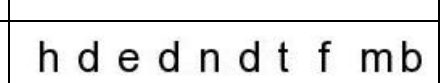
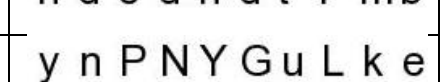
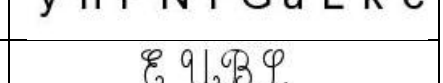
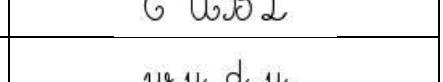
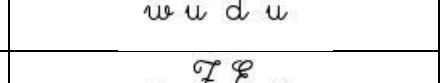
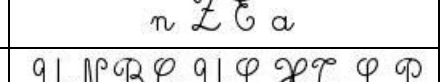
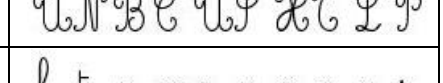
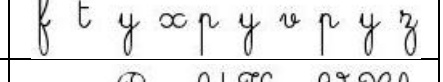
ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม	ความสัมพันธ์
ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จำแนกรายคู่ ดังนี้ 1. แคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็กมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ไม่แตกต่างกับ ที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ 2. แคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็กมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ไม่แตกต่างกับ ที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก 3. แคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ **สูง**กว่าที่แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญ
	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.14 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรที่ระดับศูนย์องศา หรือไม่มีการหมุนเอียงอักษร

เนื่องจากการวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาในหัวข้อที่ 4.8 นั้นพบว่า แคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.) มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบได้เลย และผู้วิจัยต้องการเพิ่มความกระจ่างของสาเหตุที่โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความเหล่านั้นได้เลย อีกทั้งยังต้องการแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมโอซีอาร์ด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงลองนำโปรแกรม Omnipage Professional 18 มาโจมตีแคปท์ชาข้อความ โดยกำหนดให้แคปท์ชาข้อความทั้งหมดมีลักษณะต่างๆ ตามตัวแปรอิสระที่ได้อธิบายในบทที่ 3 แต่กำหนดให้การหมุนเอียงเป็นศูนย์องศา (หรือไม่เอียงเลย) ดังนั้น แคปท์ชาที่นำมาทดสอบจะประกอบด้วยแคปท์ชาข้อความทั้งหมด 12 รูปแบบ (2 แบบอักษร x 2 จำนวนอักษร x 3 ชุดอักขระ) รูปแบบละ 30 แคปท์ชาข้อความ จึงมีแคปท์ชาข้อความรวมทั้งสิ้น 360 แคปท์ชาข้อความ เพื่อวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อไม่มีการหมุนเอียง (ดูรายละเอียดของแต่ละรูปแบบ และผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความในภาคผนวกที่ ฎ)

ตารางที่ 4.12 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**	**ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ**
1	5	16.67	
2	3	10.00	
3	1	3.33	
4	12	40.00	
5	4	13.33	
6	3	10.00	
7	30	100.00	
8	30	100.00	
9	30	100.00	
10	30	100.00	
11	30	100.00	
12	30	100.00	
รวม	208	57.78	

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่า แคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา ที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ และที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ อักษรตัวเล็ก หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก (แคปท์ชาข้อความรูปแบบที่ 1-6) นั้นมีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่า โปรแกรมโอซีอาร์สามารถแฝงตัวเป็นมนุษย์ได้ แต่ทว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา ที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน และมีชุดอักขระแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ อักษรตัวเล็ก หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก (แคปท์ชาข้อความรูปแบบที่ 7-12) เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ แคปท์ชาข้อความดังกล่าวสามารถป้องการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ หรือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถแฝงตัวเป็นมนุษย์ได้ โดยผลการทดลองดังกล่าวได้สอดคล้องกับ Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) ที่พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีได้ยาก อีกทั้งผลสรุปอัตราการทนทานของแคปท์ชาข้อความทั้ง 12 รูปแบบ 360 แคปท์ชาข้อความ เป็น 57.78 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีแคปท์ชาที่ลักษณะทั้ง 12 รูปแบบได้เกือบเกินครึ่ง หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถแฝงตัวเป็นมนุษย์ได้ เมื่อต้องโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบอักษรที่เป็นตัวพิมพ์

ดังนั้น ผลการทดลองข้างต้นนี้เป็นสิ่งที่ช่วยยืนยันได้ว่า โปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ แต่เป็นแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และมีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา หรือไม่มีการหมุนเอียงอักษรเลยนั้น กล่าวได้ว่าแคปท์ชาข้อความดังกล่าวไม่สามารถป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ แต่ทว่าแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียนยังสามารถป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ โดยมีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ยังเป็นสิ่งที่โปรแกรม Omnipage Professional 18 ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความเหล่านั้นได้เลย (ดูตารางที่ 4.7 ถึง 4.10 ประกอบ) (Chellapilla et al., 2005; เกษรินทร์ ชาวเกวียน, 2554)

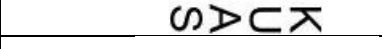
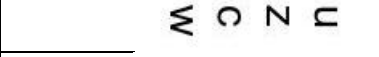
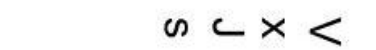
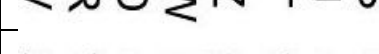
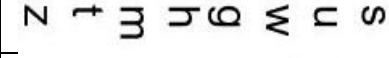
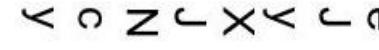
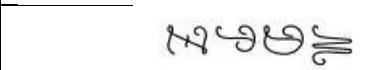
4.15 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา

เนื่องจากการวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาในหัวข้อที่ 4.8 นั้นพบว่า แคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบมีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 ไม่สามารถโจมตี

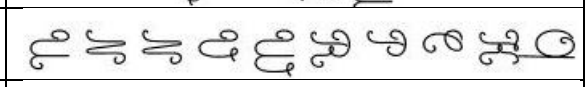
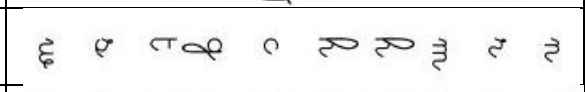
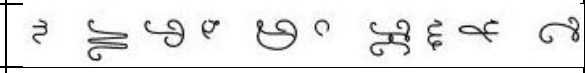
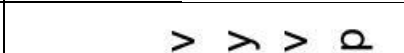
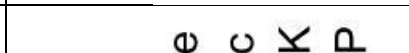
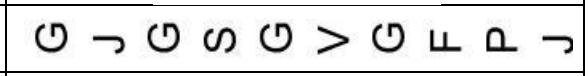
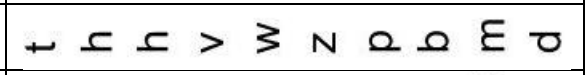
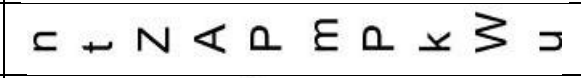
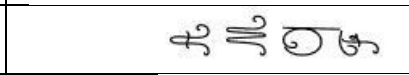
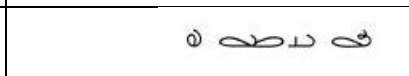
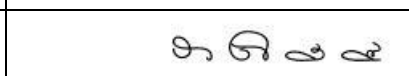
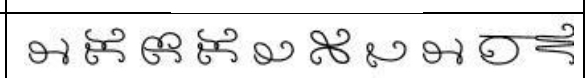
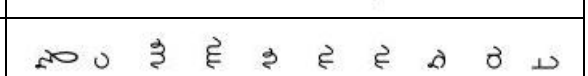
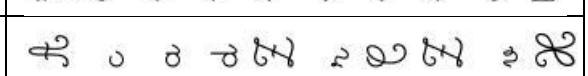
แคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบได้เลย แต่ทว่าโปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่หมุนเอียงอักษรเป็นศูนย์องศา (หรือไม่เอียงเลย) ได้ อาจกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถแฝงตัวเป็นมนุษย์ได้ และจากที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าโปรแกรมมีเครื่องมือช่วยอ่านอักษรในระดับ 90 องศา และเพื่อยืนยันความเหมาะสมที่เลือกใช้โปรแกรม Omnipage Professional 18 สำหรับการโจมตีแคปท์ชาข้อความในงานวิจัยนี้

ดังนั้นผู้วิจัยได้นำโปรแกรม Omnipage Professional 18 มาโจมตีกับแคปท์ชาข้อความที่มีลักษณะต่างๆ ตามตัวแปรอิสระของงานวิจัยนี้ เว้นแต่ผู้วิจัยกำหนดให้อักษรบนแคปท์ชาข้อความต้องหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศา ประกอบด้วยแคปท์ชาทั้งหมด 24 รูปแบบ (2 การหมุนเอียง x 2 แบบอักษร x 2 จำนวนอักษร x 2 ชุดอักขระ) แบ่งเป็นรูปแบบละ 30 แคปท์ชาข้อความ ดังนั้นแคปท์ชาที่นำมาทดสอบจะมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 720 แคปท์ชา โดยในรูปแบบที่ 1-12 จะถูกกำหนดให้อักษรบนแคปท์ชาข้อความมีการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แทนการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา และรูปแบบที่ 13-24 จะถูกกำหนดให้อักษรบนแคปท์ชาข้อความมีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 90 องศา แทนการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา (ดูรายละเอียดของรูปแบบและผลการโจมตีแคปท์ชาได้ในภาคผนวก ฏ)

ตารางที่ 4.13 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**	**ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ**
1	7	23.33	
2	30	100.00	
3	6	20.00	
4	29	96.67	
5	29	96.67	
6	22	73.33	
7	30	100.00	
8	30	100.00	

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ
9	30	100.00	
10	30	100.00	
11	30	100.00	
12	30	100.00	
13	5	16.67	
14	30	100.00	
15	24	80.00	
16	4	13.33	
17	30	100.00	
18	30	100.00	
19	30	100.00	
20	30	100.00	
21	30	100.00	
22	30	100.00	
23	30	100.00	
24	30	100.00	
รวม	606	84.17	

จากตารางที่ 4.13 จะเห็นได้ว่าแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา (หมุนเอียงไปทางขวา หรือทิศทางตามเข็มนาฬิกา) หรือบวก 90 องศา (หมุนเอียงไป

ทางซ้าย หรือทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) ที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ อักษรจำนวนสี่ตัว และมีชุดอักขระที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ล้วน หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก (รูปแบบที่ 1และ 3) มีอัตราความทนทานค่อนข้างน้อย (คือถูกโจมตีได้มาก) เมื่อเทียบกับที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็กล้วน (รูปแบบที่ 2) ที่มีอัตราความทานของแคปท์ชาเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ (คือการโจมตีล้มเหลวทั้งหมด) เช่นเดียวกับแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว (รูปแบบที่ 13-15) โดยผลนี้จะขัดแย้งกับงานวิจัยในอดีต (Yan and Ahmad, 2007) ที่พบว่าอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เป็นอักษรที่โปรแกรมโอซีอาร์นั้นโจมตีได้ยากกว่าอักษรตัวพิมพ์เล็ก

ทั้งนี้แคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ และแสดงอักษรจำนวนสิบตัว (รูปแบบที่ 1-6) จะมีอัตราความทนทานค่อนข้างมากกว่าที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว (รูปแบบที่ 13-18) โดยสอดคล้องกับ Yan และ Ahmad (2008) ที่กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมากจะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ดีกว่าใช้เพียงจำนวนน้อย

นอกจากนี้ แคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงดังที่กล่าวไว้ข้างต้น และที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน มีอัตราความทนทานจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่า แคปท์ชาดังกล่าวสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ หรือในที่นี้คือ Omnipage Professional 18 แสดงให้เห็นว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่โปรแกรม Omnipage Professional 18 โจมตีได้ยาก (Rusu and Govindaraju, 2004, 2005) เมื่อมองภาพรวมจะเห็นว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาทั้งหมดเป็น 84.17 เปอร์เซ็นต์ บ่งชี้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ (Omnipage Professional 18) สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศา ได้ในระดับหนึ่ง แต่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับแคปท์ชาข้อความที่หมุนเอียงอักษรเป็นศูนย์องศา

4.16 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาถูกโจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร

เนื่องจากการวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาในหัวข้อที่ 4.8 นั้นพบว่า แคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.) มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือกล่าวได้ว่าโปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบได้เลย และผู้วิจัยต้องยืนยันความเหมาะสมของการใช้โปรแกรม Omnipage Professional 18 ในวิทยานิพนธ์นี้

ผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่ได้จากการทดลองอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความเหล่านี้ถูกโปรแกรมโอซีอาร์โจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร กล่าวคือ เมื่อโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตี หรือแปลอักษรในแคปท์ชาข้อความของการทดลองได้อย่างน้อยหนึ่งตัว จะถือว่าแคปท์ชาข้อความไม่สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ โดยผลการลองวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาถูกโจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
1	27	30	90.00
2	29	30	96.67
3	29	31	93.55
4	25	31	80.65
5	32	38	84.21
6	30	30	100.00
7	30	30	100.00
8	30	30	100.00
9	31	31	100.00
10	28	30	93.33
11	23	30	76.67
12	28	30	93.33
13	27	30	90.00
14	30	30	100.00
15	29	30	96.67
16	25	30	83.33
17	20	30	66.67
18	22	30	73.33
19	30	30	100.00

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) การลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาถูกโจมตีได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
20	30	30	100.00
21	30	30	100.00
22	30	30	100.00
23	27	30	90.00
24	31	31	100.00
รวม	673	732	91.94

จากตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าโดยส่วนมากแคปท์ชาข้อความทั้ง 24 รูปแบบ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข.) สามารถป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ โดยจะเห็นได้ว่าแคปท์ชาข้อความแต่ละรูปแบบ มีอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความค่อนข้างสูง แต่แคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ (รูปแบบที่ 1 ถึง 6 และ 13 ถึง 18) จะถูกโจมตีจากโปรแกรม โอซีอาร์ได้ค่อนข้างมากกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน (รูปแบบที่ 7 ถึง 12 และ 19-24) ดังนั้นแสดงให้เห็นแคปท์ชาข้อความที่แสดงเป็นตัวเขียนจะเป็นสิ่งที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติโจมตีได้ยาก (Rusu and Govindaraju, 2004, 2005) และถึงแม้ว่าโปรแกรม Omnipage Professional 18 ยังไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศาได้ แต่โปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีอักษรบนแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงในระดับดังกล่าวได้บางตัว

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ลองนำผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความดังกล่าวมาเปรียบเทียบ พร้อมกับนำเสนออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตาม (1) การหมุนเอียงอักษร (2) แบบอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) ชุดอักขระ ของแคปท์ชาข้อความ โดยแสดงตามตารางที่ 4.15 ถึง 4.18

ตารางที่ 4.15 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ลบ 45 องศา	342	371	92.18
บวก 45 องศา	331	361	91.69
รวม	673	732	91.94

ตารางที่ 4.16 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชา

แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ตัวพิมพ์	325	370	87.84
ตัวเขียน	348	362	96.13
รวม	673	732	91.94

ตารางที่ 4.17 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชา

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
สี่ตัว	352	362	97.24
สิบตัว	321	370	86.76
รวม	673	732	91.94

ตารางที่ 4.18 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชา

ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด	222	241	92.12
อักษรตัวเล็กทั้งหมด	221	248	89.11
อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก	230	243	94.65
รวม	673	732	91.94

โดยการลองวิเคราะห์อัตราความทนทนของแคปท์ชาข้อความในหัวข้อที่ 4.14 ถึง 4.16 แสดให้เห็นว่า โปรแกรม Omnipage Professional 18 เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ที่ยังสามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา หรือแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศาได้ หรือกล่าวได้ว่า โปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถแฝงตัวเป็นมนุษย์เพื่อที่จะโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความดังกล่าวได้ แต่สำหรับแคปท์ชาที่หมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา นั้น สามารถป้องกัน (หรือทนทานต่อ) การโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ โดยผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.16 พบว่าโปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ได้แค่บางตัวเท่านั้น โดยอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความเป็น 91.94 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.12 ถึง 4.14 จึงเป็นสิ่งที่ช่วยยืนยันว่าแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา เป็นการบิดเบือนแคปท์ชาข้อความที่ปลอดภัยต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ อีกทั้งยังพบว่าแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวพิมพ์ถูกโจมตีได้ง่ายกว่าแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวเขียน

4.17 ผลการแสดงอักษรตัวใหญ่ของแคปท์ชาข้อความ

เพิ่มเติมจากวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อที่ผลการวิเคราะห์ในบทนี้ได้ตอบครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการสุ่มอักษรตัวใหญ่แต่ละตัวที่แสดงผลบนแคปท์ชาข้อความในการศึกษาครั้งนี้ ดังตารางที่ 4.19 พบว่า อักษร W มีจำนวนครั้งที่แสดงบนแคปท์ชาข้อความมากที่สุดคือ 128 ครั้ง อักษร I และอักษร O ไม่ถูกสุ่มมาแสดงบนแคปท์ชาข้อความของการศึกษาในครั้งนี้เลย ส่วนอักษร N เป็นอักษรที่หน่วยทดลองตอบผิดน้อยที่สุด แต่อักษร S เป็นอักษรที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้องมากที่สุด หรือตอบผิดมากที่สุด อย่างไรก็ตามการที่หน่วยทดลองตอบตัวอักษรถูกต้อง หรือไม่ถูกต้องนั้น ขึ้นอยู่กับแบบอักษรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วยเช่นกัน โดยส่วนใหญ่หน่วยทดลองตอบอักษรไม่ถูกต้องจะเป็นแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน หรือแสดงชุดอักขระที่ผสมระหว่างอักษรตัวใหญ่และอักษรตัวเล็ก

ตารางที่ 4.19 สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรใหญ่ของแคปท์ชาข้อความ

ตัวอักษร	จำนวนครั้งที่อักษรถูกสุ่มมาแสดงทั้งหมด (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง (ครั้ง)	รูปแบบแคปท์ชาที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง
A	102	89	13	1,3,4,7,10,13,22
B	115	104	11	4,7,9,10,13,16,19,22
C	107	81	26	1,3,4,6,7,9,10,12,15,19,21,22,24
D	109	101	8	6,9,10,12,16
E	111	97	14	7,9,12,16,21,24
F	97	72	25	1,6,7,9,10,12,13,18,19,22
G	87	66	23	7,10,12,21,22,24
H	109	84	25	6,7,10,12,19,21,22,24
I	0	0	0	-
J	88	71	17	3,6,10,12,16,19,21,24
K	96	76	20	6,7,9,10,12,18,19,21,22,24
L	116	97	19	6,7,9,10,12,16,19,21,22,24
M	110	97	13	3,4,6,9,10,12,19,22

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรตัวใหญ่ของแคปท์ชาข้อความ

ตัวอักษร	จำนวนครั้งที่อักษรถูกสุ่มมาแสดงทั้งหมด (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง (ครั้ง)	รูปแบบแคปท์ชาที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง
N	99	94	5	4,9,10,16
O	0	0	0	-
P	107	91	16	3,9,10,12,16,18,19,21,22,24
Q	121	80	41	7,9,10,12,15,19,21,22,24
R	98	89	9	1,7,10,13,19,21,22
S	115	58	57	3,4,6,7,9,10,12,15,16,18,19, 21,22,24
T	92	57	35	1,6,7,9,10,13,16,19,21,22,24
U	89	78	11	4,7,10,15,16,19,22
V	107	73	34	1,3,6,7,9,1012,16,19,21,24
W	128	87	41	1,3,4,6,7,9,10,12,15,16,19,21 ,22,24
X	109	82	27	1,3,4,6,7,9,10,16,18,19,22
Y	114	85	27	6,7,9,10,12,16,19,22,24
Z	113	76	35	3,7,9,10,12,15,19,21,22

4.18 ผลการแสดงอักษรตัวเล็กของแคปท์ชาข้อความ

ทำนองเดียวกับหัวข้อ 4.17 จำนวนครั้งของการแสดงผลของอักษรตัวเล็กแต่ละตัวบนแคปท์ชาข้อความในการศึกษาครั้งนี้ ดังตารางที่ 4.20 พบว่า อักษร k เป็นอักษรที่มีจำนวนครั้งที่แสดงผลบนแคปท์ชาข้อความมากที่สุดถึง 157 ครั้ง อักษร i, j, l, o และ q ไม่ถูกสุ่มมาแสดงบนแคปท์ชาข้อความของการศึกษาในครั้งนี้เลย ส่วนอักษร f เป็นอักษรที่หน่วยทดลองตอบผิดน้อยที่สุด แต่อักษร v เป็นอักษรที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้องมากที่สุด หรือตอบผิดมากที่สุด ทั้งนี้ผลของการที่หน่วยทดลองตอบตัวอักษรได้ถูกต้อง หรือไม่ถูกต้อง นั้นขึ้นอยู่กับแบบอักษรที่ใช้ด้วย

เช่นกัน โดยส่วนมากที่หน่วยทดลองตอบอักษรไม่ถูกต้องมักจะเป็นแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน หรือที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

ตารางที่ 4.20 สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรตัวเล็กของแคปท์ชาข้อความ

ตัวอักษร	จำนวนครั้งที่อักษรถูกสุ่มมาแสดงทั้งหมด (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง (ครั้ง)	รูปแบบแคปท์ชาที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง
a	130	128	2	15,23
b	141	133	8	6,11,21
c	109	107	2	20,21
d	122	120	2	5,8
e	133	130	3	15,20
f	154	153	1	21
g	123	113	10	2,5,8,11,12,20,21,23
h	120	106	14	8,9,11,12,17,20,21,23
i	0	0	0	-
j	0	0	0	-
k	157	139	18	8,9,11,12,14,15,18,21,23
l	0	0	0	-
m	111	109	2	6,21
n	117	113	4	6,8,11,20
o	0	0	0	-
p	124	102	22	6,8,11,18,20,21,23,24
q	0	0	0	-
r	120	108	12	8,9,11,20,21,23
s	139	133	6	3,8,20,21
t	134	132	2	9,12
u	110	108	2	9,12
v	121	91	30	6,8,9,11,12,18,20,23,24

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) สรุปผลการสุ่มแสดงอักษรตัวเล็กของแคปท์ชาข้อความ

ตัวอักษร	จำนวนครั้งที่อักษรถูกสุ่มมาแสดงทั้งหมด (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง(ครั้ง)	รูปแบบแคปท์ชาที่หน่วยทดลองตอบไม่ถูกต้อง
w	105	86	19	2,3,6,8,9,11,12,17,18,21,24
x	99	86	13	6,9,11,12,14,20,23,24
y	128	124	4	5,12,15,20
z	112	103	9	2,3,6,14,15,20

4.19 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลอง

ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบประเภทสายตาของหน่วยทดลอง ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เพื่อให้กระจ่างชัดว่าสายตาของมนุษย์ต่อการรับรู้ตัวอักษรของมนุษย์ ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตา

ประเภทสายตา	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สายตาปกติ	167	280	59.64
สายตาสั้น	241	425	56.71
สายตายาว	2	2	100.00
สายตาเอียง	14	25	56.00
รวม	424	732	57.92

จากตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าหน่วยทดลองที่มีสายตาสั้นมีจำนวนมากที่สุดคือ 425 คน รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่มีสายตาปกติ สายตาเอียง และสายตายาว โดยมีทั้งสิ้นจำนวน 280 คน 25 คน และ 2 คน ตามลำดับ การคำนวณอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์มีความแตกต่างกันบ้างระหว่างของหน่วยทดลองที่มีสายตาปกติ สายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง โดยสายตาเอียงมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์น้อยที่สุด แต่ทว่าหน่วยทดลองที่มีสายตายาวมีอัตราการ

ยืนยันความเป็นมนุษย์สูงที่สุด ดังนั้นประเภทสายตาของมนุษย์อาจส่งผลต่อการรับรู้ตัวอักษรได้ ตามที่ กำธร สถิรกุล (2515) ได้กล่าวไว้ว่าการพิจารณาว่าสิ่งใดอ่านยากอ่านง่าย ประกอบด้วยปัจจัยหลายประการ โดยหนึ่งในนั้นคือปัญหาเกี่ยวกับสายตา อีกทั้งปัจจัยที่ว่ายังมีเรื่องของรูปร่างของตัวหนังสือแต่ละตัวอีกด้วย

4.20 การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาและการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของหน่วยทดลอง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของหน่วยทดลอง ต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เพื่อยืนยันความกระจ่างเกี่ยวกับสายตาของมนุษย์ต่อการรับรู้อักษร ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ทางสายตา

ประเภทสายตา	การใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สายตาปกติ (N = 280)	ใส่แว่นตา	2	2	100.00
	ใส่คอนแทคเลนส์	0	1	0.00
	ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	165	277	59.57
สายตาสั้น (N = 425)	ใส่แว่นตา	124	214	57.94
	ใส่คอนแทคเลนส์	89	164	54.27
	ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	28	47	59.57
สายตายาว (N = 2)	ใส่แว่นตา	1	1	100.00
	ใส่คอนแทคเลนส์	0	0	0.00
	ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	1	1	100.00

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ทางสายตา

ประเภทสายตา	การใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาข้อความทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สายตาเอียง (N=25)	ใส่แว่นตา	5	7	71.43
	ใส่คอนแทคเลนส์	0	2	0.00
	ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น	9	16	56.25

จากตารางที่ 4.22 จะเห็นว่าหน่วยทดลองที่มีการใส่แว่นเป็นอุปกรณ์ช่วยการมองเห็น สำหรับหน่วยทดลองที่สายตาปกติ และสายตายาว มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์มากที่สุดคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หน่วยทดลองที่สายตายาว และสายตาสั้น มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์คิดเป็นร้อยละ 71.43 และ 57.94 ตามลำดับ นอกจากนี้หน่วยทดลองที่ใส่คอนแทคเลนส์เป็นอุปกรณ์ช่วยการมองเห็นของผู้ที่มีสายตาสั้นมีอัตราการยันความเป็นมนุษย์เป็นร้อยละ 54.27 ส่วนผู้ที่สายตาปกติ และสายตาเอียง มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เป็น 0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับหน่วยทดลองที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์การมองเห็นของผู้ที่สายตายาว มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ (แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงด้วยว่าหน่วยทดลองที่มีสายตายาวมีจำนวน 2 คน) รองลงมาคือหน่วยทดลองที่สายตาปกติ และสายตาสั้น มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เท่ากัน คือร้อยละ 59.57 ส่วนหน่วยทดลองที่สายตาเอียง มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เป็นร้อยละ 56.25

โดยผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า สำหรับผู้ที่สายตาเอียง และสายตาปกติที่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นสามารถช่วยให้หน่วยทดลองสามารถโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความได้ถูกต้องอยู่บ้าง แต่ทว่าการนำข้อมูลตรงนี้ไปใช้ ต้องคำนึงด้วยว่าสำหรับหน่วยทดลองที่สายตาปกติอาจใช้อุปกรณ์การมองเห็นเพื่อความสวยงามมากกว่าการใช้ช่วยการมองเห็น แต่สำหรับผู้ที่มีสายตาสั้นที่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์น้อยกว่าผู้ที่ไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็น หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีผลช่วยให้หน่วยทดลองโต้ตอบกับแคปท์ชาได้ถูกต้อง สำหรับผู้ที่สายตายาว การใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใช้อุปกรณ์ดังกล่าว

นอกจากนี้ผลสรุปอัตราการยืนยันของมนุษย์ ที่จำแนกตามประเภทสายตาในตารางที่ 4.21 และที่จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นในตารางที่ 4.22 เป็นข้อมูลที่ไม่ได้มาจากการวัดสายตาของหน่วยทดลอง แต่เป็นเพียงการให้ข้อมูลจากหน่วยทดลอง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ความนำ

บทนี้ได้นำเสนอการสรุปที่มาจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ เพื่อตอบวัตถุประสงค์งานวิจัยทั้งสี่ข้อคือ (1) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา (2) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงแบบอักษรตัวพิมพ์กับแบบอักษรตัวเขียน (3) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาแสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว และ (4) เพื่อเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์และอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กับแคปท์ชาแสดงชุดอักขระที่แตกต่าง คือ (1) อักษรตัวใหญ่ (2) อักษรตัวเล็ก หรือ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก รวมไปถึงการนำงานวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ในเชิงทฤษฎี และเชิงประยุกต์ ตลอดจนข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

5.2 การทดลองและลักษณะของหน่วยทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ในห้องปฏิบัติการ (Laboratory) โดยใช้หน่วยทดลองเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนทั้งสิ้น 732 คน และผ่านการเรียนวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์มาแล้ว จึงบอกได้ว่าหน่วยทดลองทุกคนมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน อีกทั้งพอคาดหมายได้ว่ามีความใกล้เคียงกับประชากร เนื่องจากอยู่ในกลุ่มที่มีสัดส่วนการใช้อินเทอร์เน็ตมากที่สุดในช่วงสิบปีที่ผ่านมา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 24 กลุ่ม ที่อย่างน้อยแต่ละกลุ่มมีหน่วยทดลองอย่างสุ่มจำนวน 30 คน เพื่อทำงานตามที่ผู้วิจัยได้มอบหมาย

5.3 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์กับการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงอักษรแตกต่างกัน สองค่า คือ (1) ลบ 45 องศา และ (2) บวก 45 องศา พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ต่อการหมุนเอียงอักษรที่ระดับบวก 45 องศา ในการทดลองนี้ดูจะสูงกว่าที่แสดงในระดับลบ 45 องศาเพียงเล็กน้อย แต่ผลการวิเคราะห์ดังกล่าว ไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จะแตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดง

การหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศาและบวก 45 องศา ประกอบกับการศึกษาของ Simion และคณะ (1980) พบว่าการหมุนเอียงอักษรไปทางขวา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) หรือทางซ้าย (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) ทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลาการตอบสนองของมนุษย์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

การไม่พบความแตกต่างในครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการทำงานของสมองมนุษย์มีความสามารถที่จะหมุนด้วยจิต (mental rotation) ได้ โดยสมองมนุษย์จะหมุนวัตถุด้วยจิตให้เคลื่อนที่ไปทางใดทางหนึ่ง เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและตัดสินใจได้ว่าสิ่งที่เห็นนั้นคืออะไร (Johnson, 1990) ดังนั้นจึงอาจทำให้ไม่พบความแตกต่างของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์

5.4 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความกับการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงอักษรแตกต่างกัน คือ (1) ลบ 45 องศา และ (2) บวก 45 องศา พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ อย่างไรก็ตามผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Chellapilla และคณะ (2005) ที่พบว่าผลของการที่ใช้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตีตัวอักษรหนึ่งตัว ในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา เป็นการบิดเบือนที่รอดจากการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ และสอดคล้องกับ Ganapathy และ Lean (2006) พบว่า โปรแกรมโอซีอาร์ที่ทั้งคู่ได้พัฒนาขึ้น สามารถอ่านข้อความที่มีการหมุนเอียงเป็นมุมหนึ่งถึงห้าองศาในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา ได้ถูกต้องอย่างไม่ต่างกัน นอกจากนี้ผลในวิทยานิพนธ์นี้ยังสอดคล้องกับ เกษรินทร์ ชาวเกวียน (2554) ที่พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์ส่วนใหญ่ไม่สามารถโจมตีอักษรที่หมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ขึ้นไป อีกทั้งเมื่อผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ผู้วิจัยพบว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ได้แค่บางตัวเท่านั้น แต่ทว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา หรือแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศา ได้ในอัตราส่วนที่มากกว่า

การไม่พบความแตกต่างระหว่างการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ สองลักษณะในงานวิจัยนี้ อาจเนื่องมาจากโปรแกรมโอซีอาร์ส่วนใหญ่ยังไม่มีความสามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา ได้ (Chellapilla et al., 2005; เกษรินทร์ ชาวเกวียน, 2554) รวมถึงโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย จึงทำให้ผลการเปรียบเทียบนี้ไม่มีนัยสำคัญ

5.5 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ กับแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน สองรูปแบบ คือ (1) แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวพิมพ์ (Type Letter) และ (2) แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวเขียน (Cursive Letter) พบว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้คาดไว้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวพิมพ์สูงกว่าที่แสดงเป็นอักษรตัวเขียน และสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต (Quant, 1964) ที่พบว่ามนุษย์สามารถอ่านอักษรตัวพิมพ์ได้ง่ายกว่าอักษรตัวเขียนที่มีลักษณะคล้ายลายมือมนุษย์ โดยการทดลองของ Quant (1964) ได้กระทำกับผู้ใหญ่ 35 คน อ่านข้อความ 11 ตอน จากข้อความที่พิมพ์ชุดหนึ่ง และเขียนด้วยลายมือปกติชุดหนึ่ง และที่เขียนด้วยลายมืออ่านยากอีกหลายชุด ผลการศึกษาสรุปได้ว่าตัวอักษรที่พิมพ์อ่านง่ายกว่าตัวอักษรที่เขียน และสิ่งที่ทำให้ตัวอักษรอ่านง่ายหรือยากนั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของตัวอักษรเป็นสำคัญ แต่อย่างไรก็ตามมีงานวิจัยในอดีตพบว่าแคปท์ชาข้อความแบบลายมือมนุษย์ หรือคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่มนุษย์สามารถตอบได้ถูกต้องมากกว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ (Rusu and Govindaraju, 2004; 2005)

5.6 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ กับแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรที่แตกต่างกัน คือ (1) แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวพิมพ์ (Type Letter) และ (2) แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวเขียน (Cursive Letter) พบว่า ความแตกต่างของอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษร สองรูปแบบในงานวิจัยนี้ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะน้อยกว่าแบบอักษรตัวเขียน อีกทั้งงานวิจัยในอดีต (Mori and Malik, 2003; Ahmad et al., 2010) พบว่าแคปท์ชาที่แสดงเป็นอักษรตัวพิมพ์ ถูกโจมตีสำเร็จได้สูงถึงร้อยละ 90 หรือร้อยละ 92 ได้แก่ EZ-Gimpy, GIMPY และรวมไปถึงแคปท์ชาของไมโครซอฟท์ด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ที่ผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความในหัวข้อที่ 4.14 ถึง 4.16 พบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์จะถูกโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้ค่อนข้างมากกว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน อย่างไรก็ตามแคปท์ชา

ข้อความที่แสดงแบบอักษรด้วยตัวพิมพ์ และที่แสดงแบบอักษรด้วยตัวเขียน สามารถป้องกันการโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้

การที่ผลวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ อาจเนื่องมาจากแคปท์ชาข้อความในงานนี้เป็นแบบการสุ่มอักษรทั้งที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ และตัวเขียน โดยแตกต่างจากแคปท์ชาแบบ EZ-Gimpy, GIMPY ที่เป็นอักษรแบบตัวพิมพ์ก็จริง แต่ว่าเป็นกลุ่มคำที่มีความหมาย (ดูตัวอย่างได้ในบทที่ 2) นอกจากนี้โปรแกรมโอซีอาร์ที่งานวิจัยในอดีตกล่าวถึง (Mori and Malik, 2003; Ahmad et al., 2010) ไม่ใช้โปรแกรมเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อีกทั้งโปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้ คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ และที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียนได้แค่อักษรบางตัวเท่านั้น จึงทำให้ผลการทดลองสรุปได้ว่า แคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์ หรือที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน สามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หรือ โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรทั้งสองแบบได้เลย จึงทำให้ผลการเปรียบเทียบไม่มีนัยสำคัญ

5.7 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน คือ (1) สี่ตัวอักษร และ (2) สิบตัวอักษร พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิเคราะห์ผลดังกล่าว ไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้คาดไว้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะสูงกว่าเมื่อใช้สิบตัว แต่ขัดแย้งกับ Campoy (2011) ยังพบว่ามนุษย์สามารถตอบสนองกับเอกสารที่แสดงอักษรจำนวนน้อยได้ถูกต้องกว่าที่แสดงเป็นจำนวนมาก อีกทั้ง Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าหากจำนวนอักษรที่ปรากฏในแคปท์ชาข้อความน้อย จะเพิ่มโอกาสให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้องมากกว่าเมื่อใช้จำนวนมาก

การที่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ อาจเป็นเพราะแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัวนั้นยังมีจำนวนอักษรไม่มากพอ โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับงานวิจัยในอดีต (Campoy, 2011) จึงอาจส่งผลให้การรับรู้ของหน่วยทดลองไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดย Campoy (2011) ได้ใช้จำนวนคำทั้งหมด 21 คำ แบ่งเป็นคำที่มีอักษรจำนวนน้อยกว่า 7 คำ คำที่มีอักษรจำนวนมากกว่า 7 คำ และคำที่ให้มนุษย์ได้จำไว้ก่อนจะเริ่มทดลองอีก 7 คำ สำหรับการทดลองการรับรู้ระหว่างคำที่มีอักษรจำนวนน้อย และคำที่มีอักษรจำนวนมากของมนุษย์ และให้มนุษย์ระบุคำที่มีอักษรจำนวนน้อย หรือคำที่มีอักษรจำนวนมากจากเสียงที่ได้ยินได้ และ

พิจารณาว่าแบบไหนถูกต้องมากกว่ากัน โดยผลการทดลองของ Campoy (2011) พบว่า มนุษย์สามารถตอบสนองกับเอกสารที่แสดงอักษรจำนวนน้อยได้ถูกต้องกว่าที่แสดงเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้แคปท์ชาข้อความนั้นก็ไม่ควรมีอักษรจำนวนที่มากจนเกินไป เพราะอาจทำให้หน่วยทดลองไม่สนใจที่จะเข้าใช้บริการของเว็บไซต์นั้นๆ

5.8 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงจำนวนอักษรที่แตกต่างกัน คือ (1) สี่ตัวอักษร และ (2) สิบตัวอักษร พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้คาดไว้ว่า อัตราการความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะน้อยกว่าเมื่อใช้สิบตัว และยังขัดแย้งกับ Rice, Kanai และ Nartker (1993) ที่พบว่าเมื่อจำนวนอักษรในเอกสารเพิ่มมาก จะทำให้ความแม่นยำของโปรแกรมโอซีอาร์ลดลง หรือเพิ่มโอกาสในการรอดจากการโจมตีของคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ ประกอบกับ Yan และ Ahmad (2008) กล่าวว่าถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมากจะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติได้ดีกว่าใช้เพียงจำนวนน้อย นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาในประเด็นที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา และบวก 90 องศา (หัวข้อที่ 4.15) พบว่า แคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวจะมีอัตราความทานทานค่อนข้างน้อยกว่าที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว

การไม่พบความแตกต่างในครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอักษรที่ Rice, Kanai และ Nartker (1993) นำมาให้โปรแกรมโอซีอาร์อ่านนั้นมีจำนวนมากกว่าในงานวิจัยนี้ โดย Rice และคณะ (1993) ได้ใช้เอกสารออนไลน์จำนวน 500 หน้ามาให้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตี โดยในเอกสารออนไลน์มีคำที่มีอักษรจำนวนน้อยที่สุดหนึ่งตัว และคำที่มีอักษรจำนวนมากที่สุดถึง 14 ตัว แต่ในงานวิจัยนี้ใช้ในบริบทของแคปท์ชาข้อความที่จำนวนอักษรมีแตกต่างกัน คือจำนวนสี่ตัว และสิบตัวแล้ว นอกจากนี้โปรแกรมโอซีอาร์ที่ Rice และคณะ (1993) นำมาใช้ในการทดลองเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเองโดยแตกต่างจากโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อีกทั้งโปรแกรมโอซีอาร์ หรือในที่นี้คือโปรแกรม Omnipage Professional 18 โจมตีอักษรบนแคปท์ชาได้แค่บางตัวเท่านั้น จึงส่งผลให้การทดลองสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว หรือที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัวเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นทำให้การทดลองในครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของแคปท์ชาที่แสดงจำนวนอักษรทั้งสองจำนวนที่กล่าวไว้ข้างต้น

5.9 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกันสามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็กทั้งหมด และ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง พบว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ระหว่างสามลักษณะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยที่อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กสูงกว่าอักษรตัวใหญ่ อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไม่สามารถยืนยันว่า แคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็กมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่าที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ อีกทั้งผลยังแย้งกับข้อค้นพบในอดีต (Poulton, 1987) ที่กล่าวไว้ว่าการใช้ตัวพิมพ์ทั้งใหญ่และเล็กรวมกันจะมีประโยชน์กว่าตัวพิมพ์เล็กอย่างเดียว เนื่องจากหากใช้อักษรตัวพิมพ์เล็กทั้งหมดหรือตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมดจะไม่สามารถทำให้ผู้อ่าน (ก) สนใจเป็นพิเศษ หรือ (ข) จดจำง่ายขึ้นได้ การนำเสนออักษรที่ดีจึงควรผสมกันทั้งอักษรตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็ก โดยความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติอาจมีสาเหตุมาจากจำนวนอักษรที่ใช้ทดลองมีจำนวนน้อยไปเมื่อเทียบกับงานวิจัยในอดีต (Paterson and Tinker, 1946; Arditi and Cho, 2007) ที่เป็นบริบทของเอกสารไม่ใช่บริบทของแคปท์ชา โดย Paterson และ Tinker (1946) ได้ทดสอบให้หน่วยทดลองอ่านข้อความทั้งหมด 500 คำ โดยแยกเป็นข้อความที่เป็นอักษรตัวใหญ่ 250 คำ และเป็นข้อความที่เป็นอักษรตัวเล็ก 250 คำ ส่วนงานวิจัยของ Arditi และ Cho (2007) ได้กำหนดให้หน่วยทดลองอ่านข้อความที่ต้องประกอบด้วยอักขระจำนวน 56 ตัวอักขระ โดยนับรวมการเว้นช่องว่างด้วย แต่สำหรับงานวิจัยนี้แคปท์ชาที่หน่วยทดลองโต้ตอบมีจำนวนอักษรอย่างมาก 10 ตัว อีกทั้งแคปท์ชาข้อความแสดงอักษรเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นได้เด่นชัด ไม่เหมือนกับเอกสารที่มีอักษรเรียงติดกันอยู่หลายตัวเพื่อแสดงเป็นคำ เป็นบรรทัด และเป็นหน้า นอกจากนี้อาจเป็นเพราะหน่วยทดลองไม่ทราบว่าการใช้งานแคปท์ชาข้อความในงานวิจัยนี้ มีกำหนดให้การตอบแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวใหญ่ และอักษรตัวเล็กมีความแตกต่างกัน (case – sensitive) โดยอาจเป็นการเพิ่มความยากสำหรับหน่วยทดลองที่จะโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความ ดังนั้นจึงไม่สามารถทำให้เห็นถึงความแตกต่างของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์

นอกจากนี้ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระด้วยอักษรตัวใหญ่สูงกว่าที่แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็ก ผลดังกล่าวได้แย้งกับงานวิจัยของ Arditi และ Cho (2007) ที่ได้สรุปว่า ระยะเวลาการอ่านโดยเฉลี่ยของข้อความ

ที่เป็นตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด (All Capital หรือ All Upper-case) เร็วกว่าข้อความที่มีตัวพิมพ์ใหญ่ผสมตัวพิมพ์เล็ก (Mixed) สาเหตุที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้ อาจเป็นเพราะจำนวนอักษรที่ใช้ทดลองในงานนี้น้อยกว่างานวิจัยในอดีต (Paterson and Tinker, 1946; Arditi and Cho, 2007) ที่จะทำให้เห็นถึงความแตกต่างของอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ และที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็กได้ โดย Paterson และ Tinker (1946) ได้ทดสอบให้หน่วยทดลองอ่านข้อความจำนวนทั้งหมด 500 คำ โดยข้อความที่เป็นอักษรตัวใหญ่จำนวน 250 คำ และเป็นข้อความที่เป็นอักษรตัวเล็กจำนวน 250 คำ เพื่อดูว่าข้อความแบบไหนอ่านได้ง่ายกว่ากัน ส่วน Arditi และ Cho (2007) ได้กำหนดให้หน่วยทดลองอ่านข้อความที่ประกอบด้วยอักขระจำนวน 56 ตัวอักขระ และวัดเวลาการอ่านของหน่วยทดลอง จากงานในอดีตที่พบข้อแตกต่างนั้นเป็นบริบทสำหรับการอ่านเอกสารที่มีอักษรเรียงติดกันหลายตัวรวมเป็นคำ เป็นบรรทัด และเป็นหน้า ไม่ใช่ในบริบทของแคปท์ชาข้อความ อีกทั้งอาจเป็นเพราะหน่วยทดลองไม่ทราบว่าการใช้งานแคปท์ชาข้อความในกางานวิจัยนี้มีการกำหนดการตอบแคปท์ชาข้อความเป็นอักษรตัวใหญ่ และอักษรตัวเล็กมีความแตกต่างกัน (case - sensitive) โดยอาจเป็นสิ่งที่ยากสำหรับหน่วยทดลองที่จะโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความ ดังนั้นจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างในครั้งนี้

แต่อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้ยังเป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ ว่าชุดอักขระของแคทป์ชาข้อความมีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ โดยอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กสูงกว่าที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

5.10 การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

งานนี้ต้องการเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน สามลักษณะ คือ (1) อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด (2) อักษรตัวเล็กทั้งหมด และ (3) อักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กในสัดส่วนครึ่งต่อครึ่ง ผลการวิเคราะห์พบว่าการเปรียบเทียบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการวิเคราะห์ดังกล่าวไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ว่า (1) อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ควรจะสูงกว่าเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก และเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็ก และ (2) แคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมอักษรตัวเล็กจะสูงกว่าเมื่อแสดงเป็นอักษรตัวเล็ก กล่าวคือโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาทั้งสามแบบได้เลย ขัดแย้งกับ Ganapathy และ Lean (2006) ที่พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์ที่ Ganapathy และ Lean (2006) ได้พัฒนาขึ้นจาก

โมเดล self-organizing map neural network สามารถโจมตีอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ อักษรตัวพิมพ์เล็ก หรือแม้กระทั่งการผสมระหว่างอักษรพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กรวมกันได้ อีกทั้งยังขัดแย้งกับ Yan และ Ahmad (2007) ที่ได้กล่าวไว้ว่าอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เป็นอักษรที่โปรแกรมโอซีอาร์นั้นโจมตีได้ยากกว่าอักษรตัวพิมพ์เล็ก

การที่ไม่พบความแตกต่างในครั้งนี้ เนื่องมาจากแคปท์ชาข้อความที่ใช้ทดลองนี้เป็นการสุ่มอักษร A-Z และ a-z เท่านั้น อาจมีจำนวนไม่มากพอ เมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Ganapathy และ Lean (2006) ที่ใช้เป็นอักษรจำนวนมากๆ หรือเป็นประโยคมาให้โปรแกรมโอซีอาร์โจมตี โดยมีจำนวนอักขระทั้งสิ้น 62 ตัว แบ่งเป็นอักษรตัวใหญ่ 26 ตัว (A-Z) อักษรตัวเล็ก 26 ตัว (a-z) และตัวเลขอีก 10 ตัว (0-9) อีกทั้งโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยของ Ganapathy และ Lean (2006) เป็นโปรแกรมที่ทั้งคู่ได้พัฒนาขึ้นเองจากโมเดล self-organizing map neural network โดยแตกต่างจากโปรแกรมโอซีอาร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ดังนั้นจึงทำให้ไม่พบความแตกต่างในครั้งนี้

5.11 การลองเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชา เพื่อสอบทานความเหมาะสมของโปรแกรม Omnipage Professional 18

ผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทาน เมื่อการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความในระดับศูนย์องศา หรือมีการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา (ทิศทางตามเข็มนาฬิกา) และบวก 90 องศา (ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา) พบว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงเป็นอักษรตัวพิมพ์ดูจะสูงกว่าที่แสดงเป็นแบบอักษรตัวเขียน เนื่องจากโปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาที่แสดงแบบตัวเขียนได้เลย นอกจากนี้อัตราความทนทานของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นอักษรตัวพิมพ์ ที่มีอักษรจำนวนสิบตัวสูงกว่าที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวอีกด้วย อีกทั้งผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความถูกโจมตีจากโปรแกรมโอซีอาร์ได้อย่างน้อยหนึ่งตัวอักษร พบว่าอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความทั้ง 24 แบบ ค่อนข้างสูง แต่อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียนสูงกว่าที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์

ดังนั้น ผลการทดลองข้างต้นนี้เป็นสิ่งที่ช่วยยืนยันได้ว่า โปรแกรม Omnipage Professional 18 ที่เป็นโปรแกรมโอซีอาร์ในงานวิจัยนี้ สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความได้ แต่เป็นแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา หรือในระดับ 90 ทั้งในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทิศทางทวนเข็มนาฬิกา แต่สำหรับแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา หรือบวก 45 องศา ยังเป็นสิ่งที่โปรแกรม Omnipage Professional 18 ไม่สามารถโจมตีได้เลย (Chellapilla et al., 2005; เกษรินทร์ ชาวเกวียน, 2554)

5.12 การลองเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ จำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลอง

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ โดยจำแนกตามประเภทสายตาของหน่วยทดลองพบว่า หน่วยทดลองที่มีสายตาสั้น มีสัดส่วนสูงสุด รองลงมาคือ กลุ่มที่มีสายตาปกติ สายตาเอียง และสายตายาว ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบแล้ว กลุ่มสายตาเอียงจะมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์น้อยที่สุด อีกทั้งการลองเปรียบเทียบกลุ่มสายตาปกติ และกลุ่มที่มีสายตาบกพร่อง (สายตาสั้น สายตายาว และสายตาเอียง) พบว่า กลุ่มที่มีสายตาปกติ มีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงกว่ากลุ่มที่มีสายตาพร่อง โดยสอดคล้องกับ กำธร สถิรกุล (2515) ที่กล่าวไว้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพิจารณาว่าสิ่งใดอ่านยากอ่านง่าย คือ ความบกพร่องทางสายตา นอกจากนี้ การใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยการมองเห็น เป็นสิ่งที่ช่วยให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย หรือสามารถช่วยให้หน่วยทดลองโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความถูกต้องอยู่บ้าง แต่สำหรับหน่วยทดลองบางคนอาจใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นเป็นเพียงการสวมใส่เพื่อความสวยงามมากกว่าการช่วยในเรื่องการมองเห็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยทดลองที่มีสายตาปกติ อีกทั้งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้หน่วยทดลองเลือกตอบประเภทสายตาเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น การนำผลไปใช้ ควรคำนึงด้วยว่าในความเป็นจริงอาจมีหน่วยทดลองที่มีทั้งสายตาสั้น และสายตาเอียงในคนเดียวกัน

5.13 การนำงานวิจัยไปใช้ (Contribution)

1. การนำงานวิจัยไปใช้ในทางเชิงทฤษฎี (Theoretical Contribution)

ข้อค้นพบในงานวิจัยนี้ ช่วยต่อยอดองค์ความรู้สำหรับการออกแบบแคปท์ชาข้อความ ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. การหมุนเอียงอักษร และจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ หรืออัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ยังคงสอดคล้องกับ Chellaapilla และคณะ (2005) และ เกษรินทร์ ชาวเกวียน (2554) พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถโจมตีการหมุนเอียงทางขวา หรือทางซ้ายในระดับ 45 องศาขึ้นไป และถึงแม้ว่าผลสรุปของตัวแปรจำนวนอักษรจะแย้งกับ Yan และ Ahmad (2008) ที่กล่าวว่าหากถ้าจำนวนอักษรที่แสดงหรือปรากฏในแคปท์ชาข้อความมีน้อยจะทำให้ผู้ใช้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง และขณะเดียวกันถ้าจำนวนอักษรมาก จะทำให้แคปท์ชานั้นปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ แต่ก็ยังเป็นการช่วยยืนยันเชิงประจักษ์ให้ชัดเจนขึ้น

2. แบบอักษร และชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความของแคปท์ชาข้อความสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้ มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชา โดยแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวพิมพ์สูงกว่าที่แสดงแบบอักษรเป็นตัวเขียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับ Quant (1964) ที่พบว่ามนุษย์อ่านอักษรตัวพิมพ์ได้ง่ายกว่าอักษรที่เขียนด้วยลายมือมนุษย์ มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีต (Tinker, 1963; Arditi and Cho, 2007) แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอดีตที่กล่าวมาข้างต้น เป็นงานวิจัยในบริบทที่แสดงอักษรบนกระดาษ ไม่ใช่ในบริบทแคปท์ชาข้อความบนจอคอมพิวเตอร์ แต่ในขณะที่แบบอักษรและชุดอักขระ ไม่มีความแตกต่างของอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ถึงแม้ผลสรุปจะขัดแย้งกับงานวิจัย Yan และ Ahmad (2008) ที่พบว่าโปรแกรมโอซีอาร์สามารถโจมตีแคปท์ชาของไมโครซอฟต์ที่แสดงเป็นอักษรตัวพิมพ์ ได้สำเร็จถึงร้อยละ 90 แต่งานวิจัยนี้ช่วยยืนยันได้ว่าแบบอักษร และชุดอักขระของแคปท์ชามีผลต่อการรับรู้ของมนุษย์ แต่ไม่มีผลต่อการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการบิดเบือนอักษรในแคปท์ชาข้อความด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) ยังพบว่าแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรคล้ายกับอักษรตัวเขียนเป็นสิ่งที่ง่ายต่อการโต้ตอบของมนุษย์มากกว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติที่ Rusu และ Govindaraju (2004, 2005) ได้พัฒนาขึ้นเพื่อมาโจมตีแคปท์ชาข้อความ

ดังนั้นข้อค้นพบในงานวิจัยนี้จึงเป็นพื้นฐานขององค์ความรู้ให้กว้างมากขึ้นในบริบทการออกแบบแคปท์ชา และช่วยยืนยันเชิงประจักษ์ให้มีความชัดเจนมากขึ้น เพื่อการศึกษาต่อในอนาคต

2. **การนำงานวิจัยไปใช้เชิงประยุกต์** (Practical Contribution)

นักพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ สามารถนำข้อค้นพบในงานวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาแคปท์ชาข้อความ เพื่อให้แคปท์ชาข้อความรอดพ้นจากการโจมตีของโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ และง่ายต่อการโต้ตอบของมนุษย์ ในประเด็นดังนี้ (1) การหมุนเอียงอักษร (2) แบบอักษร (3) จำนวนอักษร และ (4) ชุดอักขระ ของแคปท์ชาข้อความ ที่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ และความทนทานของแคปท์ชาข้อความ อีกทั้งผลสรุปที่ได้ยังช่วยเป็นแนวทางการเลือกแคปท์ชาข้อความให้กับเจ้าของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ โดยผลการทดลองพบว่าแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความมีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่แบบอักษรตัวพิมพ์ทำให้อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์สูงมากกว่าแบบอักษรตัวเขียน อีกทั้งแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรทั้งสองแบบยังมีอัตราความทนทานของแคปท์ชา

ข้อความเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรทั้งสองแบบดังกล่าวสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้ และเพื่อให้ง่ายต่อการโต้ตอบของมนุษย์ ดังนั้นเจ้าของเว็บไซต์จึงควรเลือกแคปท์ชาข้อความที่เป็นแบบอักษรตัวพิมพ์ที่หมุนเอียง 45 องศา (ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกา)

นอกจากนี้ ข้อค้นพบที่ว่าชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความมีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดอักขระที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็กทั้งหมดสูงกว่าอักษรตัวใหญ่ อีกทั้งอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชุดอักขระทั้งสามแบบ กล่าวคือ โปรแกรมโอซีอาร์ไม่สามารถโจมตีแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระทั้งสามแบบได้เลย อีกทั้งผู้วิจัยได้ลองวิเคราะห์อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่ไม่หมุนเอียงอักษร สรุปผลได้ว่าชุดอักขระที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็กสามารถป้องกันการโจมตีของโปรแกรมโอซีอาร์ได้มากกว่าอักษรตัวใหญ่ ดังนั้นเจ้าของเว็บไซต์จึงควรเลือกแคปท์ชาที่แสดงเป็นอักษรตัวพิมพ์เล็กเพื่อให้ผู้แวะชมสามารถอ่านได้ถูกต้อง และง่ายที่จะโต้ตอบ แต่ยังคงยากสำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติที่จะโจมตี

5.14 ข้อจำกัดของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่เก็บข้อมูลโดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมให้คงที่ ได้แก่ สถานที่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน และความเร็วการเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ต ทำให้สภาวะนั้นแตกต่างกับการโต้ตอบแคปท์ชาข้อความในสถานการณ์จริง อีกทั้งในสถานการณ์จริง ผู้ใช้งานเว็บไซต์ต้องการโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความให้ถูกต้องเพื่อให้เข้าใช้งานเว็บไซต์ได้ แต่ในงานนี้ หน่วยทดลองต้องโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความตามคำสั่ง (instruction) ของผู้วิจัย เพื่อทดลองการดาวน์โหลดเพลงที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น อีกทั้งผู้วิจัยได้กำหนดให้หน่วยทดลองโต้ตอบกับแคปท์ชาข้อความเพียงครั้งเดียวเท่านั้น เนื่องจากต้องการทราบว่าแคปท์ชาแต่ละรูปแบบมีอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์เป็นเท่าไร จึงอาจส่งผลให้ผลที่ได้จากการทดลองอาจมีผลแตกต่างกับการใช้งานจริง

2. การเลือกหน่วยทดลองเพื่อเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกจากผู้ที่อยู่ในกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตส่วนใหญ่ในรอบสิบปี คือ กลุ่มที่อยู่ในช่วงอายุ 20-29 ปี (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2551, 2552, 2553) โดยผู้วิจัยได้กำหนดหน่วยทดลองเป็นนิสิตปริญญาตรีของคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนั้นการนำผลสรุปไปใช้ให้คำนึงด้วยว่าในโลกอินเทอร์เน็ตจริงๆ นั้นประกอบด้วยผู้ใช้หลากหลายกลุ่ม

ไม่เฉพาะที่เป็นนิสิต นักศึกษา และจากการทดลองครั้งนี้ ได้กำหนดให้หน่วยทดลองเลือกตอบประเภทสายตาเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น อีกทั้งพบว่าหน่วยทดลองส่วนใหญ่มีสายตาสั้น ที่ทำให้ไม่สะท้อนลักษณะทั่วไปของผู้ใช้บนอินเทอร์เน็ต งานในอนาคตจึงอาจศึกษาจากคนสายตาสั้น

3. การโจมตีแคปท์ชาข้อความ เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมโอซีอาร์ที่ชื่อว่า โปรแกรม Omnipage professional 18 โดยเป็นโปรแกรมโอซีอาร์ที่มีคุณสมบัติดีเป็นอันดับหนึ่งในปี 2011 อีกทั้งโปรแกรม Omnipage Professional 18 เป็นโปรแกรมที่สามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและถูกต้องถึงร้อยละ 99 มากถึง 120 ภาษา (Nuance Communications, 2011) พร้อมกับยังคงรูปแบบ (Format) ของเอกสารไว้เหมือนเดิม และสามารถประมวลผลได้กับเอกสารที่มีพื้นหลังสีเทา แต่ผลสรุปที่ได้เกิดจากการใช้โปรแกรมดังกล่าวโจมตีแคปท์ชาข้อความโปรแกรมเดียวเท่านั้น และผู้วิจัยไม่ได้นำแคปท์ชาข้อความมาทดลองเบื้องต้นกับโปรแกรม Omnipage Professional 18 ก่อนการทดลองจริง ดังนั้นการนำผลสรุปไปใช้สำหรับการศึกษาในอนาคตควรคำนึงด้วยว่าการโจมตีที่อาจมาจากโปรแกรมโอซีอาร์อื่นๆ อีกทั้งการเลือกโปรแกรมโอซีอาร์มาใช้ในงานวิจัยควรมีการทดลองเบื้องต้นก่อนการนำมาใช้จริง

4. แคปท์ชาข้อความที่ใช้งานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบอักษรตัวเขียนแบบเดียวเท่านั้น คือแบบอักษร Cursive Standard ที่ได้จากการสอบถามจากหน่วยตัวอย่าง 50 คน ว่าเป็นแบบอักษรในกลุ่มของ Script ที่อ่านได้ง่ายที่สุด อีกทั้งผู้ใช้อาจมองเห็นขนาดของอักษรตัวเขียนมีความแตกต่างจากอักษรที่เป็นตัวพิมพ์ ทั้งที่งานวิจัยได้กำหนดขนาดอักษรให้มีขนาดเท่ากัน ดังนั้นจึงอาจทำให้ผลสรุปที่ได้จากงานวิจัยนี้แตกต่างจากการใช้งานในแคปท์ชาข้อความที่มีแบบอักษรตัวเขียนแบบอื่น อีกทั้งในงานวิจัยนี้เป็นการสุ่มอักษร A-Z หรือ a-z มาแสดงเป็นแคปท์ชาข้อความ และไม่ได้มีการกำหนดอักษรที่เป็นตัวเดียวกันห้ามอยู่ติดกัน ทำให้สามารถเกิดอักษรซ้ำกันบนแคปท์ชาข้อความได้ จึงอาจทำให้ผลสรุปที่ได้อาจมีความแตกต่างจากการใช้งานจริง สำหรับการศึกษาในอนาคตอาจเลือกใช้แบบอักษรตัวเขียนที่เป็นกลุ่มคำที่มีความหมาย เพื่อให้ง่ายต่อการโต้ตอบของผู้ใช้ และปลอดภัยจากการโจมตีจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กำธร สถิรกุล. หนังสือและการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2515.

กัลยา วาณิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: ธรรมสาร, 2553.

เกษรินทร์ ชาวเกวียน. แค๊ปช่าภาษาไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2554.

ขวัญหทัย สันติบุตร. ผลกระทบของความล่าช้าของการแสดงผล รูปแบบของเมนู การใช้ข้อมูลป้อนกลับต่อประสิทธิภาพของการใช้งานบนเว็บแอพพลิเคชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

จำเนียร ช่วงโชติ, จิตรา วสุวานิช, ฉันทมาศ ชื่นบุญ และ มลวิภา สุวรรณมาลัย. จิตวิทยาการรับรู้และเรียนรู้. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2519.

ชัชพร วิชชาวุธ. ความจำมนุษย์. กรุงเทพมหานคร: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: เรือนแก้วการพิมพ์, 2553.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์, สมชาย หิรัญกิตติ, จิรศักดิ์ จิยะจันทน์, ชวลิต ประภาวานนท์, ณดา จันทร์สม และ วลัยลักษณ์ อัตธีรวงศ์. การวิจัยธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: A.N. การพิมพ์ 304, 2541.

ศูนย์ประสานงานการรักษาความปลอดภัยคอมพิวเตอร์. บอตเน็ต ภัยรูปแบบใหม่บนอินเทอร์เน็ต, 2548.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. คู่มือการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างปลอดภัย สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป, 2548.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. รายงานผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย. สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ, 2551.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. รายงานผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย. สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ, 2552.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. รายงานผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย. สำนักงานเลขานุการคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ, 2553.

ศูนย์วิจัยนวัตกรรมอินเทอร์เน็ตไทย.ข้อมูลจัดอันดับเว็บไซต์ [ออนไลน์]. 2012. แหล่งที่มา: http://truehits.net/ [2555, มีนาคม 20]

อาทิตยา ภู่มณี. รวม 1000 ฟอนต์. กรุงเทพมหานคร : อินโฟเพรส, 2543.

ภาษาอังกฤษ

Ahmad, A. S. E., Yan, J., and Marshall, L. The robustness of a new CAPTCHA. In Proceedings of the 3rd European Workshop on System Security (EUROSEC '10), pp36-41. New York: ACM Press, 2010.

Ahn, L. V., Blum, M., and Langford, J. Telling Humans and Computers Apart (Automatically) or How Lazy Cryptographers do AI. Communications of the ACM 47(2) (2004): 57-60.

Ahn, V., and Dabbish, L. Labeling images with a computer game. In Proceeding Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI) (2004): 319–326.

Ahn, L.V., Maurer, B., McMillen, C., Abraham, D., and Blum, M. reCAPTCHA project. [Online]. 2012. Available from: http://www.captcha.net/ [2012, January 20]

Ahn, L.V., Maurer, B., McMillen, C., Abraham, D., and Blum, M. reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures. Science (321) (2008): 1465-1468.

Arditi, A., and Cho, J. Letter case and text legibility in normal and low vision. Vision Research 47 (2007): 2499–2505.

Atkinson, R. C., and Shiffrin, R.M. Human memory: a proposed system and its control processes. In K.W. Spence (ed.), The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory, Vol. 2, pp. 89–195. New York: Academic Press, 1968.

Baird, H. S., and Bentley, J. L. Implicit CAPTCHAs. Proceedings of the SPIE/IS&T Conference on Document Recognition and Retrieval XII (DR&R) (2005): 191-196.

Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., and Halcomb, C. G. 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 (2003): 823-835.

Burton, L. A., Wagner, N., Lim, C., and Levy, J. Visual Field Differences for Clockwise and Counterclockwise Mental Rotation. Brain and Cognition 18 (1992): 192-207.

Campoy, G. Retroactive interference in short-term memory and the word-length effect. Acta Psychologica 138 (2011): 135–142.

Chellapilla, K., Larson, K., Simard, P., and Czerwinski, M. Designing Human Friendly Human Interaction Proofs (HIPs). Conference on Human factors in computing systems (CHI) (2005): 711-720.

Dafont.com. Script > School [Online]. 2011. Available from: http://www.dafont.com/theme.php?cat=602.

Dolan, T. Memory for Spoken and Written Discourse in First and Second Language Learners. Unpuslished Ph.D. Thesis : The University of Notingham, 1991.

Elson, J., Douceur, J. R., Howell, J., and Saul, J. Asirra: A CAPTCHA that Exploits Interest- Aligned Manual Image Categorization. Proceedings of the 14th ACM conference on Computer and communications security (CCS), 2007.

Ganapathy, V., and Lean, C. C. H. Optical Character Recognition Program for Images of Printed Text using a Neural Network. IEEE International Conference on Industrial Technology (2006).

Galletta, D., Henry, R., McCoy,S., and Polak, P. The direct and interactive effects of website speed, familiarity and breadth on user attitudes, behavioral intentions, and performance. Working paper, University of Pittsburgh, Katz Graduate School of Business, 2003.

Google.com. Google Insights for Search. [Online]. 2011. Available from: http://www.google.com/insights/search/#geo=TH&date=1%2F2011%2012m&cmpt=q [2012, March 20].

Gupta, A., Jain, A., Raj, A., and Jain, A. Sequenced Tagged Captcha: Generation and its Analysis. Proceedings of International Advance Computing Conference (IACC 2009) Patiala, India, 6-7 March 2009, pp. 134-141. IEEE computer society, 2009.

Johnson, A. M. Speed of mental rotation as a function of problem solving strategies. Perceptual and Motor Skills 71 (1990): 803-806.

Kim, G., and Govindaraju, V. A lexicon driven approach to handwritten word recognition for real-time applications. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 19(4) (1997): 366-379.

Kluever, K. A., Zanibbi, R. Balancing Usability and Security in a Video CAPTCHA. In Proceedings of 4th Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS), New

York: ACM Press, 2009.

Kolupave, A., and Ogijenko, J. CAPTCHAs: Humans vs bots. Security and Privacy IEEE (2008): 68-70.

Kulkarni, C. AssoCAPTCHA: Designing Human-friendly Secure CAPTCHAs Using Word Associations. Proceedings of Conference on Human factors in computing systems (CHI) (2008): 3705-3710.

Imsamai, M., and Phimoltares, S. 3D CAPTCHA A Next Generation of the CAPTCHA. Master's Thesis, Department of Mathematics Faculty of Science Chulalongkorn University, 2010.

Mori, G., and Malik, J. Recognizing Objects in Adversarial Clutter: Breaking a Visual CAPTCHA. Proceedings of Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'03), June 2003.

Miller, G. A. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information. Psychological Review 101(2), (1955): 343-352.

Miller, S.G., Selecting and Combining Typefaces. Annual Conference Society for Technical Communication , STC Proceeding, 2000.

Nuance Communications. OmniPage Professional 18. [Online]. 2011. Available from: http://www.nuance.com/for-business/by-product/omnipage/professional /index.htm [2011, December 20]

PCMAG. Best OCR 2011. [Online]. 2011. Available from: http://www.pcmag.com/search_redirect/?query=best+OCR&pageSize=10 [2011, December 16]

Poulton, E. C. Searching for newspaper headlines printed in capitals of lower-case letter. Journal of Applied Psychology, 51(5) (1967): 417-425.

Quant, L. Factors Affecting the Legibility of Hand Writing. Journal of Experimental Education 14 (1964) : 297-376.

Roscoe, J. T. Fundamental research statistics for the behavioral sciences. 2nd Ed. New York: Holt, Rineheart and Winston,1975.

Rusu, A., and Govindaraju, V. Handwritten CAPTCHA: Using the difference in the abilities of humans and machines in reading handwritten words. Proceedings of

the 9th Int'l Workshop on Frontiers in Handwriting Recognition (IWFHR-9 2004), IEEE Computer Society, 2004.

Rusu, A., and Govindaraju, V. A Human Interactive Proof Algorithm Using Handwriting Recognition. Proceedings of the 2005 Eight International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR'05), IEEE Computer Society, 2005.

Rice, S.V., Kanai, J., and Nartker, T.A. An Evaluation of OCR Accuracy. Annual Research Report, Las Vegas : Information Science Research Institute, 1993.

Shirali-Shahreza, M. H., and Shirali-Shahreza, M. Multilingual CAPTCHA. Proceeding of 5th IEEE International Conference on Computational Cybernetics, 2007.

Simion, F., Bagnara, S., Bisiacchi, P., Roncato, S., and Umilta, C. Laterality Effects, Levels of Processing, and Stimulus Properties. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 6(1) (1980): 184-195.

Skype. Create an account [Online]. 2012. Available from: https://login.skype.com/account/signup-form [2012, January 20].

Tangmanee, C., and Sujarit - Apirak, P. Attitude, Cognition, and awareness of Thai internet users and Thai E-commerce entrepreneurs towards CAPTCHA. Master's Project, Department of Commerce Faculty of Commerce and Accountancy Chulalongkorn University, 2551.

Taghva, K. Borsack, J., and Condit, A. Evaluation of Model-Based Retrieval Effectiveness with OCR Text. ACM Transactions on Information Systems 14 (1996), 64-93.

Thomas, A. O., Choudhury, S., and Govindaraju, V. Leveraging the Mixed-Text Segmentation Problem to design Secure Handwritten CAPTCHAs. Proceedings of the 12th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition, 2010.

Tinker, M. A. and Paterson, D. G. Studies of typographical factors influencing speed of reading. VII. Variations in color of print and background. Journal of Applied Psychology15(5) (1931): 471-479.

Tinker, M. A. and Paterson, D. G. Readability of newspaper headlines printed in capitals and lower case. Journal of Applied Psychology (1946) : 161-168.

Tinker, M.A. Legibility of print. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1963.

TopTenReviews. 2011 Best OCR Software Comparisons and Reviews [Online]. 2011. Available from: http://ocr-software-review.toptenreviews.com/ [2011, December 15]

Turing, A. M. Computing Machinery and Intelligence. Mind 59 (236). pp. 433-460, 1950.

Yahoo!. Yahoo! Registration. [Online] . 2012. Available from: https://edit.yahoo.com/registration?.src=fpctx&.intl=us&.done=http%3A%2F%2Fwww.yahoo.com%2F [2012, January 20].

Yan, J., and Ahmad, A. S. E. Usability of CAPTCHAs Or usability issues in CAPTCHA design. Symposium On Usable Privacy and Security (SOUPS'08), July 23-25, 2008, Pittsburgh, PA, USA, pp. 44-52. ACM Press, 2008.

Yan, J., and Ahmad, A. S. E. Breaking Visual CAPTCHAs with Naïve Pattern Recognition Algorithms. Proceedings of the 23rd Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC'07), pp. 279-291. USA: IEEE computer society, 2007.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามและใบงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีการศึกษาถึงแบบอักษร ที่มีผลต่ออัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ โดยตัวแปรแบบอักษรมีสองแบบ ได้แก่ (1) ตัวพิมพ์ และ (2) ตัวเขียน ในส่วนของตัวพิมพ์ มีงานวิจัยในอดีตได้ศึกษาถึงแบบอักษรตัวพิมพ์แบบใดที่มนุษย์อ่านได้ง่าย แต่ทว่ายังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงแบบอักษรตัวเขียนใดมนุษย์อ่านได้ง่าย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแบบสอบถามว่าแบบอักษรตัวเขียนใดที่มนุษย์อ่านได้ง่ายเพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ (ดูรายละเอียดการเลือกแบบอักษรตัวเขียนที่นำเสนอในแบบสอบถามในบทที่ 3)

1. แบบสอบถามในงานวิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง “อักษรใดอ่านง่ายที่สุด

แบบสอบถามนี้จัดทำโดยนิสิตปริญญาโท หลักสูตรการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อค้นหาแบบอักษรที่อ่านง่ายที่สุด หากท่านมีข้อสงสัยโปรดสอบถามได้ที่ maneerutk@gmail.com

<u>คำชี้แจง</u> จงดูรูปภาพของแบบอักษรด้านล่างนี้ แล้วโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน [ ] ชุดอักษรที่ท่านเห็นว่าอ่านได้ง่ายที่สุด เมื่อเทียบกับที่เห็น

[ ] ① ชื่อ font : Cursive standard

[ ] ② ชื่อ font : Ecolier

[ ] ③ ชื่อ font : Little days

ผลสรุปจากการสอบถามเรื่อง อักษรใดอ่านง่ายที่สุด

ตารางที่ ก.1 ผลสรุปอักษรใดอ่านง่ายที่สุด

แบบอักษร	จำนวนหน่วยตัวอย่างที่เลือก (คน)	ร้อยละ
Cursive standard	29	58
Ecolier	8	16
Littele days	13	26
รวม	50	100

ผู้วิจัยได้สอบถามว่าแบบอักษรตัวเขียนตัวไหนอ่านได้ง่ายที่สุด ทั้งนี้สอบถามจากหน่วยตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 50 คน โดยหน่วยตัวอย่างเป็นนิสิตปริญญาตรี ของคณะพาณิชย์ศาสตรและการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ พบว่าแบบอักษร Cursive standard ได้ถูกเลือกให้เป็นอักษรที่อ่านง่ายที่สุดจากแบบอักษรทั้งสามแบบ คิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาคือ Littele days คิดเป็นร้อยละ 26 และลำดับสุดท้าย คือ Ecolier คิดเป็นร้อยละ 26

2. ใบงาน

1. ใบงานกลุ่มที่ i (i=1,4,7,10,13,16,19,22) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าชมเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง

1. โปรดแวะไปที่ เว็บไซต์ Music D โดยเข้าไปที่ www.music-d.com

2. เมื่อมาที่เว็บไซต์ Music D แล้ว กรุณาเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยรำวงตามชอบจำนวน 1 เพลง โดยไปที่เมนู “เพลงไทยรำวง” และเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยรำวงตามชอบ

3. เมื่อดาวน์โหลดเพลงเสร็จ กรุณาตอบคำถามจำนวน 4-5 ข้อ โดยคลิกที่ “กรุณาตอบคำถาม” ดังปรากฏอยู่กลางหน้าเว็บไซต์

2. ใบงานกลุ่มที่ j (j=2,5,8,11,14,17,20,23) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าชมเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง

1. โปรดแวะไปที่ เว็บไซต์ Music D โดยเข้าไปที่ www. music-d.com

2. เมื่อมาที่เว็บไซต์ Music D แล้ว กรุณาเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยพื้นบ้านตามชอบจำนวน 1 เพลง โดยไปที่เมนู “เพลงไทยพื้นบ้าน” และเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยพื้นบ้านตามชอบ

3. เมื่อดาวน์โหลดเพลงเสร็จ กรุณาตอบคำถามจำนวน 4-5 ข้อ โดยคลิกที่ “กรุณาตอบคำถาม” ดังปรากฏอยู่กลางหน้าเว็บไซต์

3. ใบงานกลุ่มที่ k (k=3,6,9,12,15,18,21,24) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าชมเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง

1. โปรดแวะไปที่ เว็บไซต์ Music D โดยเข้าไปที่ www.music-d.com

2. เมื่อมาที่เว็บไซต์ Music D แล้ว กรุณาเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยสากลตามชอบจำนวน 1 เพลง โดยที่เพลงไทยสากลได้แสดงอยู่หน้าแรกของเว็บไซต์ หรือไปที่เมนู “เพลงไทยไทยสากล” และเลือกดาวน์โหลดเพลงไทยสากลตามชอบ

3. เมื่อดาวน์โหลดเพลงเสร็จ กรุณาตอบคำถามจำนวน 4-5 ข้อ โดยคลิกที่ “กรุณาตอบคำถาม” ดังปรากฏอยู่กลางหน้าเว็บไซต์

ภาคผนวก ข

รูปแบบแคปท์ชาข้อความ

แคปท์ชาข้อความที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 24 รูปแบบ

รูปแบบที่ 1 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 2 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 3 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 4 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 5 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 6 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 7 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 8 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 9 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 10 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 11 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 12 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 13 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 14 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 15 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็ก

รูปแบบที่ 16 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 17 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 18 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 19 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 20 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

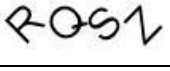
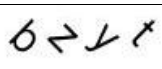
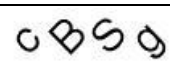
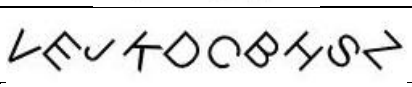
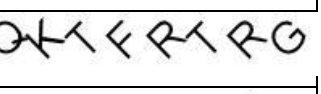
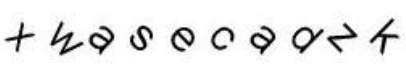
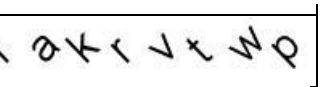
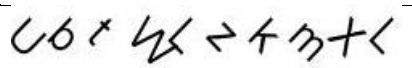
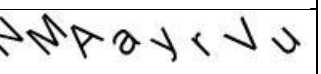
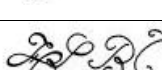
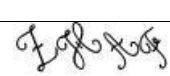
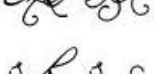
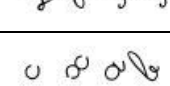
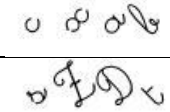
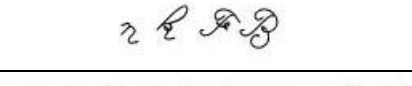
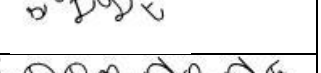
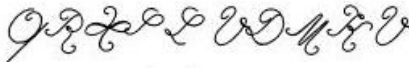
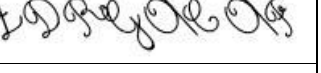
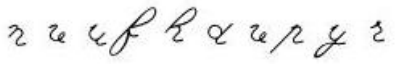
รูปแบบที่ 21 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 22 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 23 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 24 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทั้งหมด 24 รูปแบบ

รูปแบบที่	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ	รูปแบบที่	ตัวอย่างแคปท์ชาข้อความ
1		13	
2		14	
3		15	
4		16	
5		17	
6		18	
7		19	
8		20	
9		21	
10		22	
11		23	
12		24	

ภาคผนวก ค

สมการคำนวณค่า z

สมการคำนวณค่า z (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2553) ดังนี้

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

ค่า $\hat{p}_1$ หาจาก $1/n_1$ และ $\hat{p}_2$ หาจาก $1/n_2$ เมื่อค่า $\hat{p}_1$ และ $\hat{p}_2$ คือ ค่าสัดส่วนที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ค่า x_1 และ x_2 คือ แทนจำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ค่า n_1 และ n_2 คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ค่า $\hat{p}$ หาจาก $\dfrac{x_1+x_2}{n_1+n_2}$

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณค่า z ของการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงอักษรแตกต่างกัน

ตารางที่ ง.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ลบ 45 องศา	202	371	54.45
บวก 45 องศา	222	361	61.50
รวม	424	732	57.92

เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา

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

$$= 0.5445 - 0.6150 \,/\, \sqrt{(0.579235)(0.420765)\,(1/371 + 1/361)}$$

$$= -0.070484 / 0.036497$$

$$= -1.931227$$

จากการคำนวณพบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา ไม่มีความแตกต่างกัน เพราะค่า z ที่คำนวณได้ 1.931227 มีค่าน้อยกว่า 1.960 ที่เป็นค่า z ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบแบบสองทาง จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า

อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกันเมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับ ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงอักษรแตกต่างกัน

ตารางที่ ง.2 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามการหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การหมุนเอียงอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของ OCR ไม่ถูกต้อง (ครั้ง)**	**จำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของ OCRทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ลบ 45 องศา	371	371	100
บวก 45 องศา	361	361	100
รวม	732	732	100

เปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา และที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา

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

$$= 1 - 1 \,/\, \sqrt{(1)(0)\,(1/371 + 1/361)}$$

$$= 0 / 0$$

= ไม่นิยาม

จากการคำนวณพบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงการหมุนเอียงอักษรในระดับที่ลบ 45 องศา และบวก 45 องศา ไม่มีความแตกต่างกัน เพราะเป็นการหารด้วยศูนย์ จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณค่า z ได้ ดังนั้นผลการทดลองจึงสรุปได้ว่า อัตราความ

ทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 45 องศา และบวก 45 องศา

ภาคผนวก จ

วิธีการคำนวณค่า z ของแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรแตกต่างกัน

ตารางที่ จ.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
ตัวพิมพ์	300	370	81.08
ตัวเขียน	124	362	34.25
รวม	424	732	57.92

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

$$= 0.8108 - 0.3425 \,/\, \sqrt{(0.579235)(0.420765)\,(1/370 + 1/362)}$$

$$= 0.4683 / 0.036496$$

$$= 12.831543$$

จากการคำนวณพบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรระหว่างตัวพิมพ์ และตัวเขียน มีความแตกต่างกัน เพราะค่า z ที่คำนวณได้ 12.831543 มีค่ามากกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบแบบทางเดียว จึงสามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์จะสูงกว่าแบบอักษรตัวเขียน

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรแตกต่างกัน

ตารางที่ จ.2 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามแบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ

แบบอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของ OCR ไม่ถูกต้อง (ครั้ง)**	**จำนวนการโจมตีแคปท์ชาข้อความของ OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
ตัวพิมพ์	370	370	100
ตัวเขียน	362	362	100
รวม	732	732	100

เปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และที่แสดงแบบอักษรตัวเขียน

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

$$= 1 - 1/\sqrt{(1)(0)\,(1/370 + 1/362)}$$

$$= 0 / 0$$

$$= \text{ไม่นิยาม}$$

จากการคำนวณพบว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงแบบอักษรระหว่างตัวพิมพ์ และตัวเขียน ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากเป็นการหารด้วยศูนย์ จึงทำให้ไม่สามารถคำนวณค่า z ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแบบอักษรตัวเขียน

ภาคผนวก ฉ

วิธีการคำนวณค่า z ของจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงอักษรจำนวนแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
สี่ตัว	211	362	58.29
สิบตัว	213	370	57.57
รวม	424	732	57.92

เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัว และที่แสดงอักษรจำนวนสิบตัว

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

$$= 0.5829 - 0.5757 \,/\, \sqrt{(0.579235)(0.420765)\,(1/362 + 1/370)}$$

$$= 0.0072 / 0.036496$$

$$= 0.197282$$

จากการคำนวณพบว่าอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงจำนวนอักษรสี่ตัวและสิบตัว ไม่มีความแตกต่างกัน เพราะค่า z ที่คำนวณได้ 0.197282 มีค่าน้อยกว่า 1.645 ที่เป็นค่า z ที่ระดับนัยสำคัญสถิติที่ 0.05 และเป็นการทดสอบทางเดียว จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงอักษรจำนวนสี่ตัวและสิบตัว

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงอักษรจำนวนแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ.2 อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามจำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ

จำนวนอักษรของแคปท์ชาข้อความ	**จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)**	**จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)**	**อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)**
สี่ตัว	362	362	100
สิบตัว	370	370	100
รวม	732	732	100

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

$$= 1 - 1 \,/\, \sqrt{(1)(0)\,(1/362 + 1/370)}$$

$$= 0 / 0$$

$$= \text{ไม่นิยาม}$$

จากการคำนวณพบว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความที่แสดงจำนวนอักษรระหว่างสี่ตัว และสิบตัว ไม่มีความแตกต่างกัน เพราะไม่สามารถคำนวณค่า z ได้ เนื่องจากเป็นการหารด้วยศูนย์ ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ และแบบอักษรตัวเขียน

ภาคผนวก ช

วิธีการคำนวณค่า χ^2 ของชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

การเปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระแตกต่างกัน

ตารางที่ ช.1 อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์จำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาได้ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาไม่ถูกต้อง (คน)	จำนวนผู้ตอบแคปท์ชาทั้งหมด (คน)	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ (%)
อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด	139	102	241	57.68
อักษรตัวเล็กทั้งหมด	183	65	248	73.79
อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก	102	141	243	41.98
รวม	424	308	732	57.92

ข้อมูลจากตารางมีลักษณะเป็น 3 x 2 คำนวณหาค่าความถี่ที่คาดไว้ จากสูตร

Eij = (ผลรวมของแถวแนวนอนที่ i x ผลรวมของแถวแนวตั้งที่ j) / จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด

E_{11} = (241 x 424) / 732 = 139.596

E_{12} = (241 x 308) / 732 = 101.404

E_{21} = (248 x 424) / 732 = 143.650

E_{22} = (248 x 308) / 732 = 104.350

E_{31} = (243 x 424) / 732 = 140.754

E_{32} = (243 x 308) / 732 = 102.246

คำนวณหาค่า χ^2 จากสูตร

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c}(O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$$

$$= (139 - 139.595)^2 / 139.595 + (102 - 101.404)^2 / 101.404$$

$$+ (183 - 143.650)^2 /143.650 + (65 - 104.350)^2 / 104.350$$

$$+ (102 - 140.754)^2 / 140.754 + (141 - 102.246)^2 / 102.246$$

$$= 50.983$$

ค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 50.983 เป็นค่าที่มากกว่าค่า χ^2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าเท่ากับ 5.99 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ อักษรตัวเล็ก หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

การคำนวณค่า z ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ระหว่างแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กทั้งหมด และ ที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ทั้งหมด

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

$$= 0.7379 - 0.5768 / \sqrt{(0.658487)(0.341513)\,(1/248 + 1/241)}$$

$$= 0.1611 / 0.042894$$

$$= 3.755770$$

ค่า z ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 3.755770 มีค่ามากกว่า 1.645 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็กสูงกว่าที่แสดงด้วยอักษรตัวใหญ่

เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และที่แสดงเป็นอักษรตัวเล็ก

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

$$= 0.4198 - 0.7379 / \sqrt{(0.580448)(0.419552)\,(1/243 + 1/248)}$$

$$= - 0.3181 / 0.044544$$

$$= - 7.14125$$

ค่า z ที่คำนวณได้ -7.14125 มีค่าน้อยกว่า 1.645 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก และอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

เปรียบเทียบอัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ของแคปท์ชาข้อความที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก และที่แสดงเป็นอักษรตัวใหญ่

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

$$= 0.4198 - 0.5768 / \sqrt{(0.497933)(0.502066)\,(1/243 + 1/241)}$$

$$= - 0.1570 / 0.045454$$

$$= - 3.454041$$

ค่า z ที่คำนวณได้ – 3.454041 มีค่าน้อยกว่า 1.645 จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นผลการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์ไม่แตกต่างกัน ระหว่างแคปท์ชาที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ และที่แสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

การเปรียบเทียบอัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระที่แตกต่างกัน

ตารางที่ ช.2 อัตราการความทนทานของแคปท์ชาข้อความจำแนกตามชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ

ชุดอักขระของแคปท์ชาข้อความ	จำนวนครั้งที่ OCR โจมตีแคปท์ชาข้อความไม่ได้ (ครั้ง)	จำนวนครั้งที่มีการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วย OCR ทั้งหมด (ครั้ง)	อัตราความทนทานของแคปท์ชาข้อความ (%)
อักษรตัวใหญ่ทั้งหมด	241	241	100
อักษรตัวเล็กทั้งหมด	248	248	100
อักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก	243	243	100
รวม	732	732	100

ข้อมูลจากตารางมีลักษณะเป็น 3 x 1 คำนวณหาค่าความถี่ที่คาดไว้ จากสูตร

E = จำนวนหน่วยทดลอง / จำนวนกลุ่ม (categories)

E = 732 / 3=244

คำนวณหาค่า χ^2 จากสูตร

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} (O_i - E_i)^2 / E_i$$

$$= (241 - 244)^2 / 244 + (248 - 244)^2 / 244 + (243 - 244)^2 / 244$$

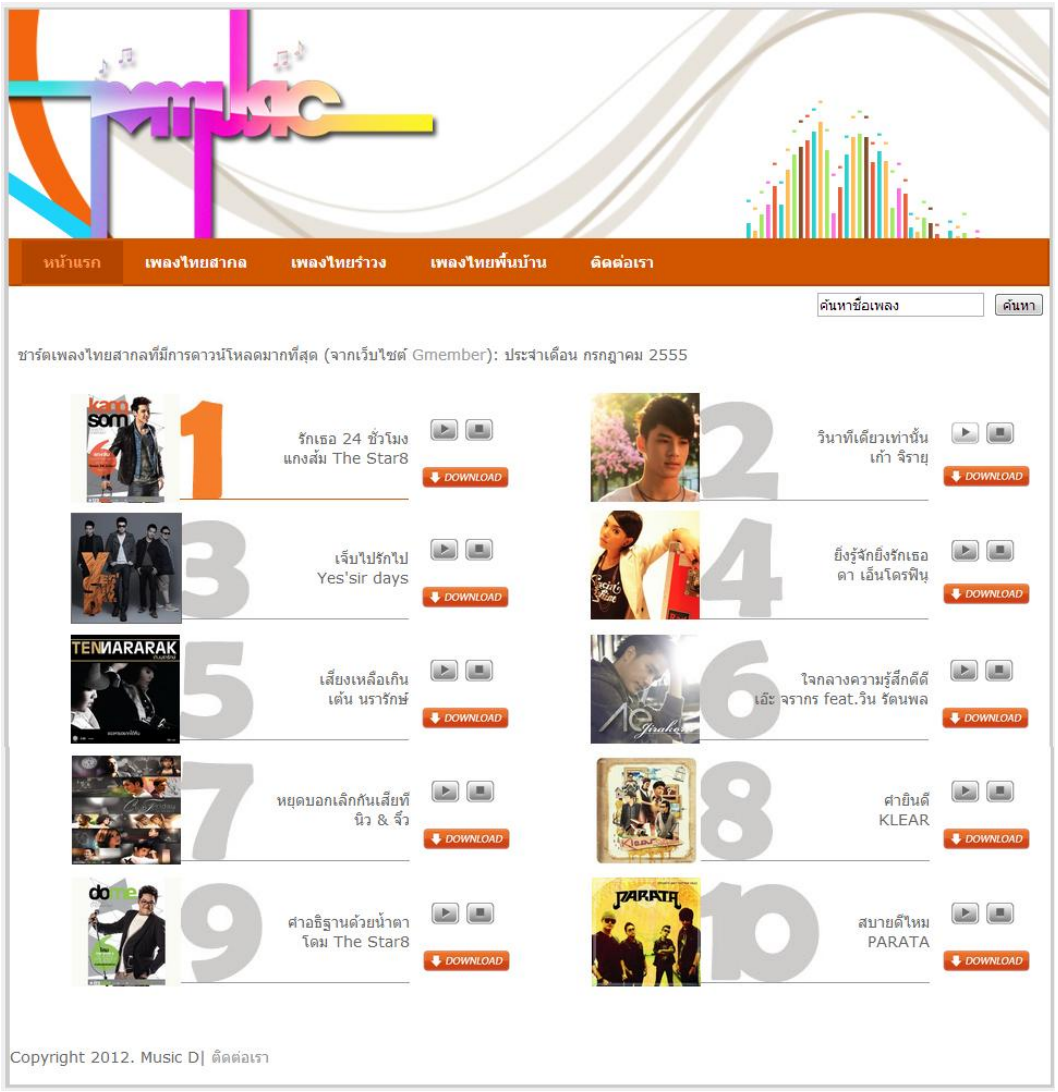
$$= 0.036889 + 0.065574 + 0.004984$$

$$= 0.107447$$

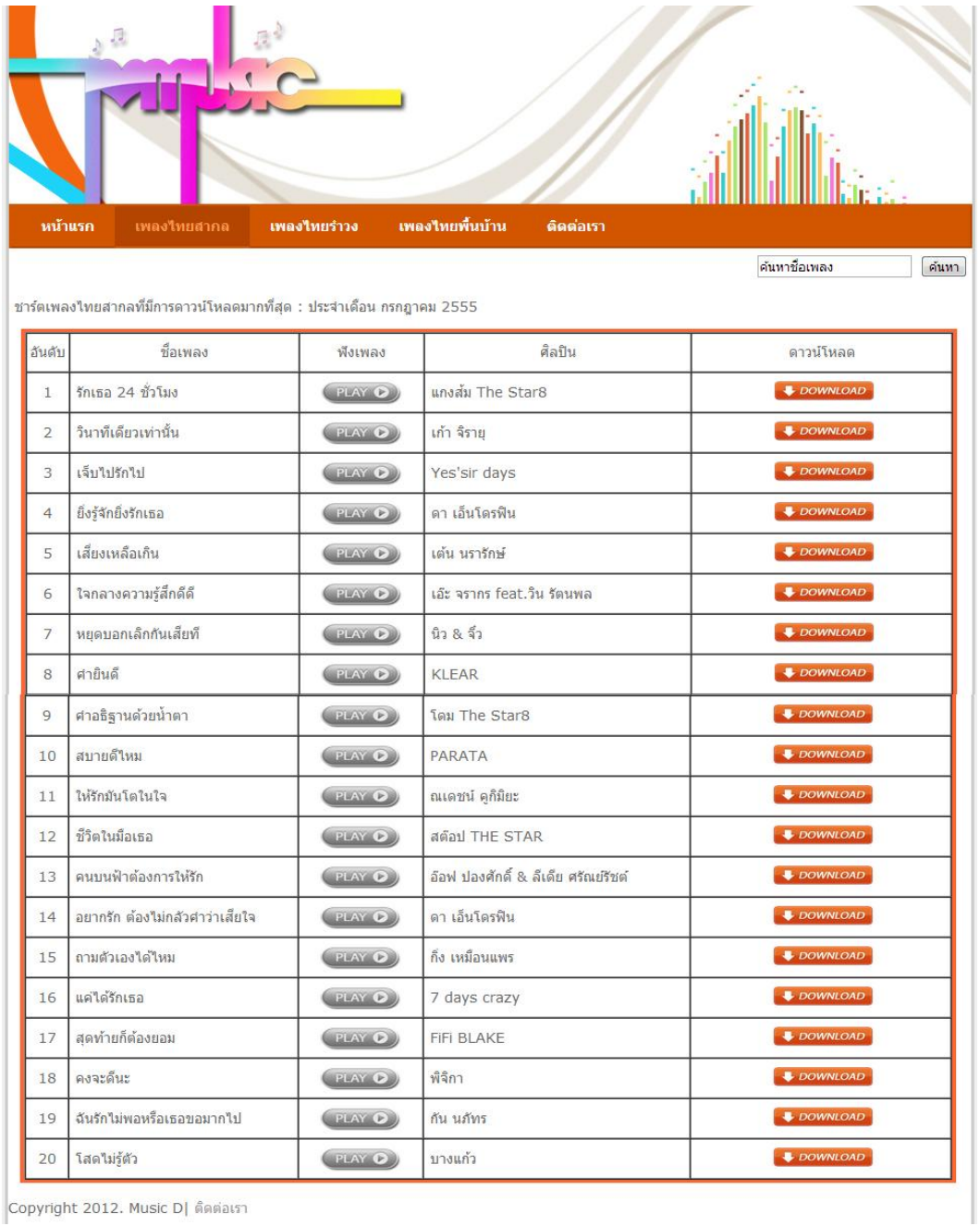
ค่า χ^2 มีค่าเท่ากับ 0.107447 เป็นค่าที่น้อยกว่าค่า χ^2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าเท่ากับ 5.99 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อัตราความทนทานของแคปท์ชาไม่แตกต่างกัน เมื่อแคปท์ชาข้อความแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ทั้งหมด อักษรตัวเล็กทั้งหมด หรืออักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

ภาคผนวก ซ

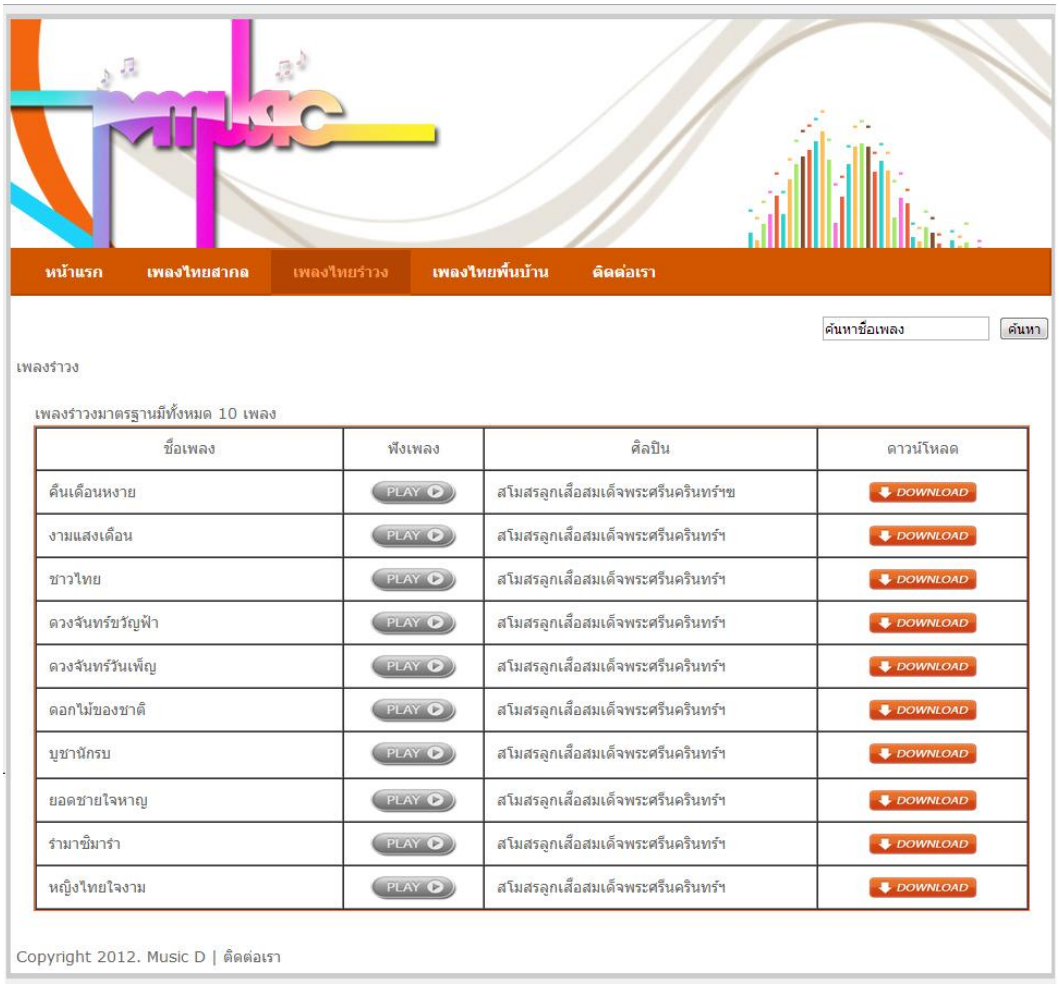
ตัวอย่างเว็บไซต์ที่ใช้ทดลอง



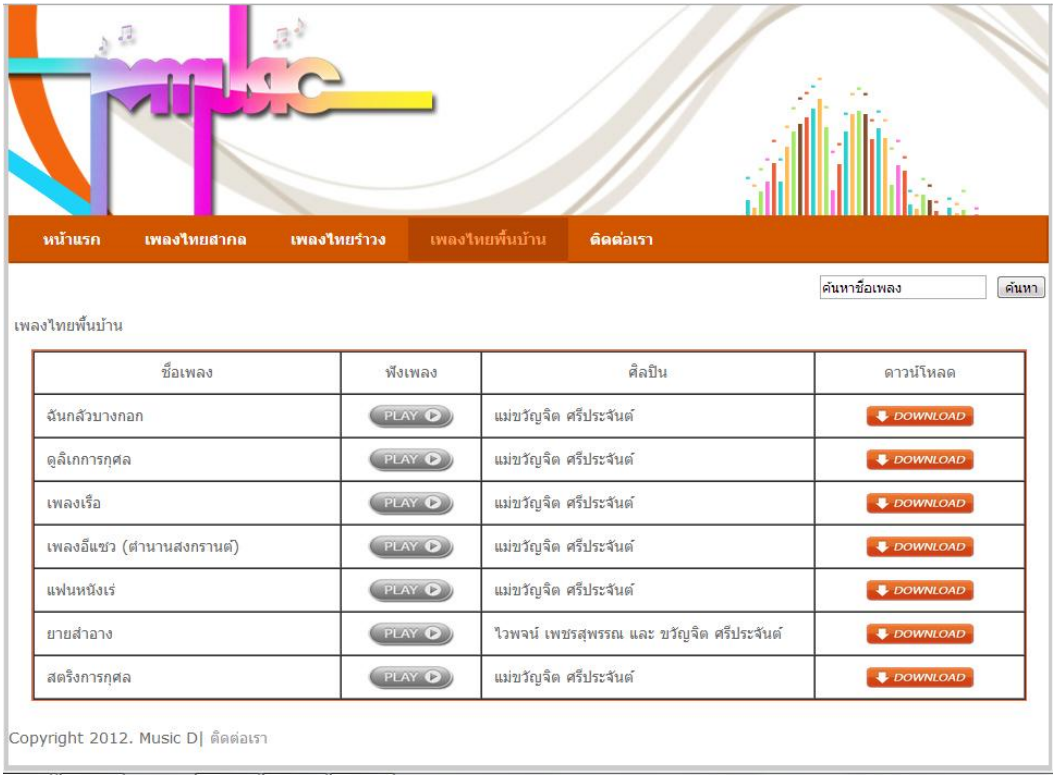
ภาพที่ ซ.1 โฮมเพจของเว็บไซต์ดาวน์โหลดเพลง



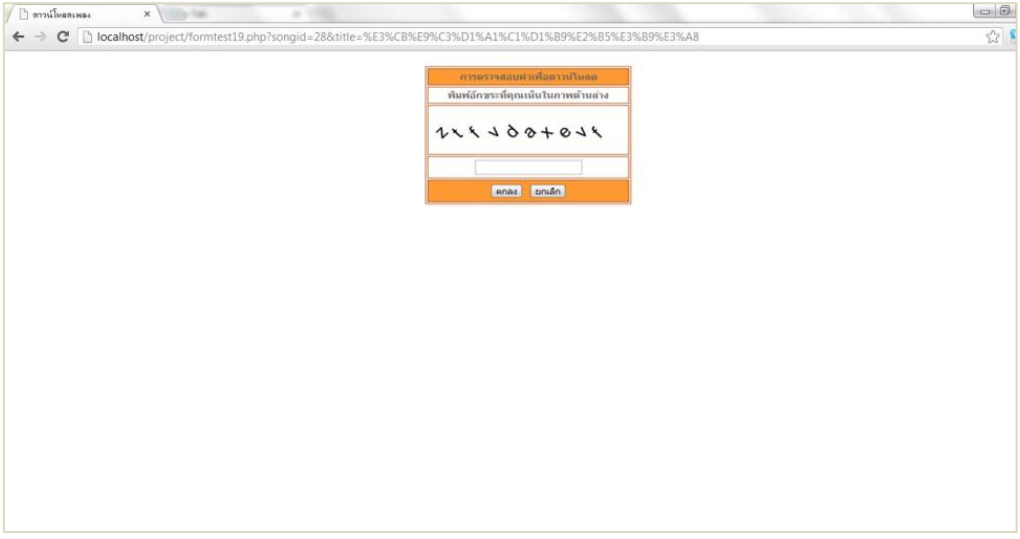
ภาพที่ ซ.2 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงไทยสากล



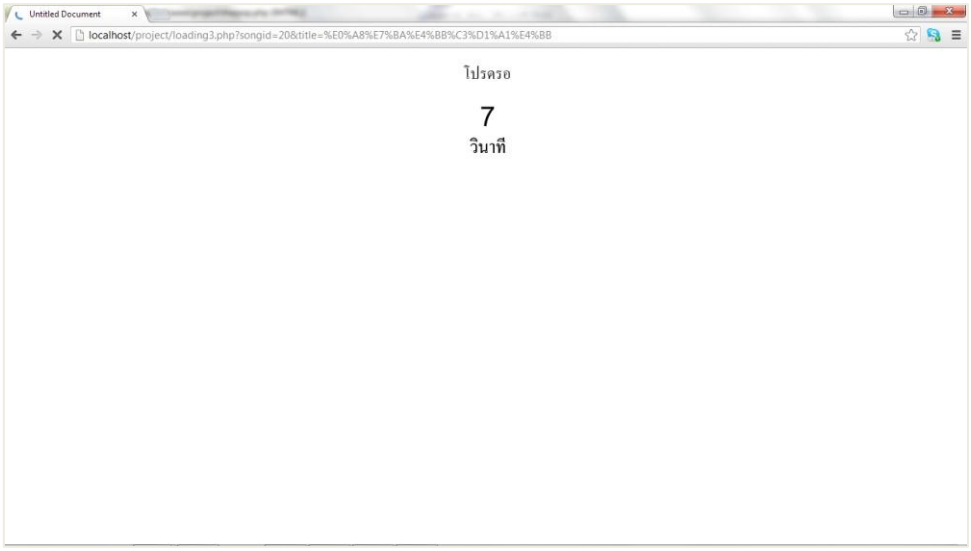
ภาพที่ ซ.3 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงร่วง



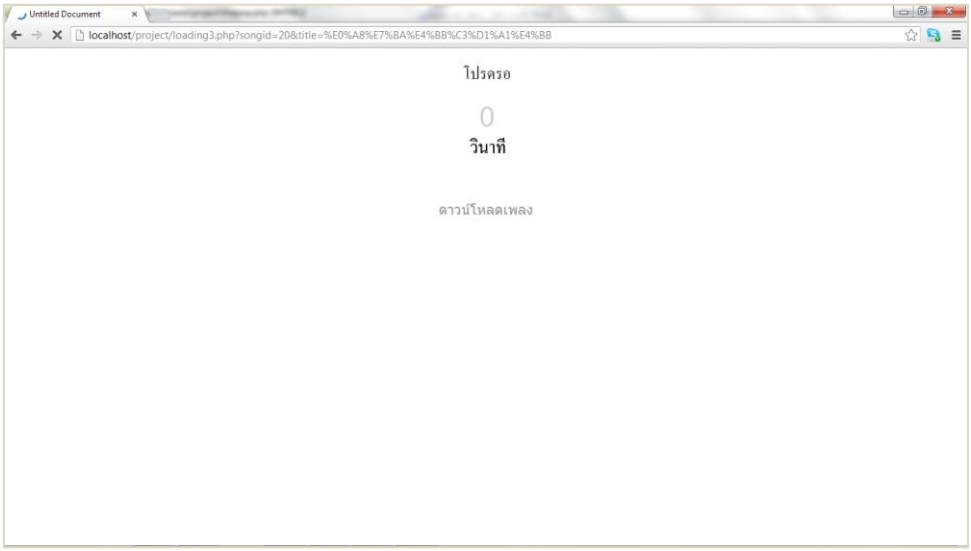
ภาพที่ ซ.4 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงประเภทเพลงไทยพื้นบ้าน



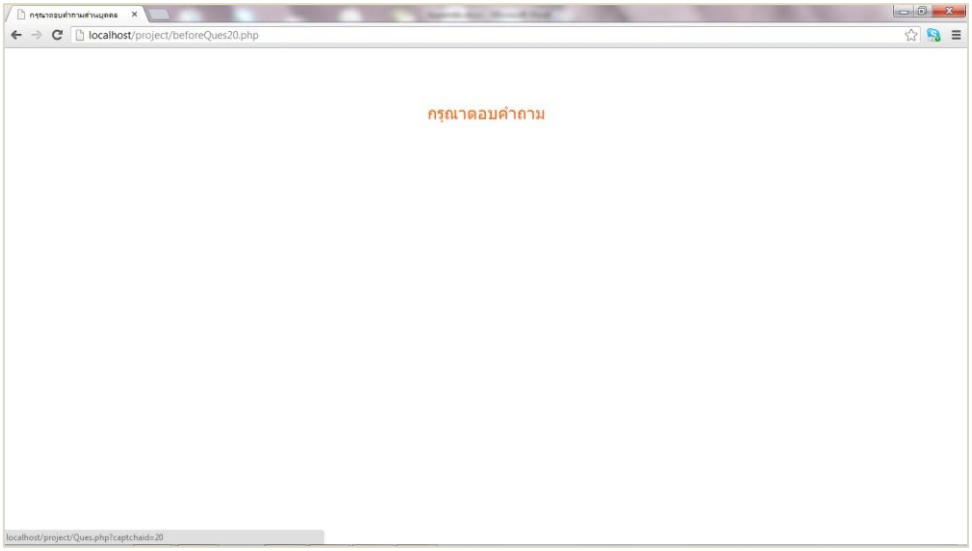
ภาพที่ ซ.5 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงแคปท์ชาข้อความ



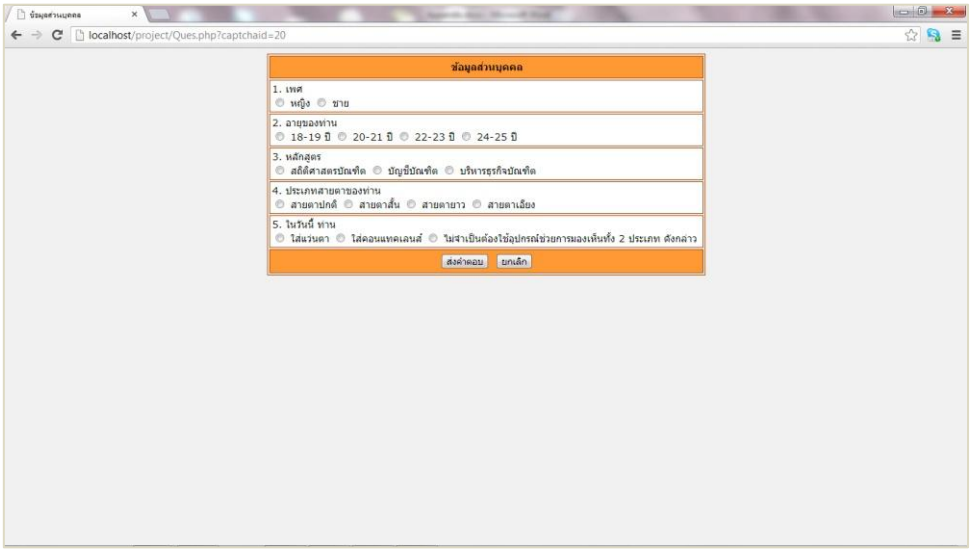
ภาพที่ ซ.6 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงตัวชี้บอกความคืบหน้าสำหรับการรอลิงค์ดาวน์โหลดเพลง



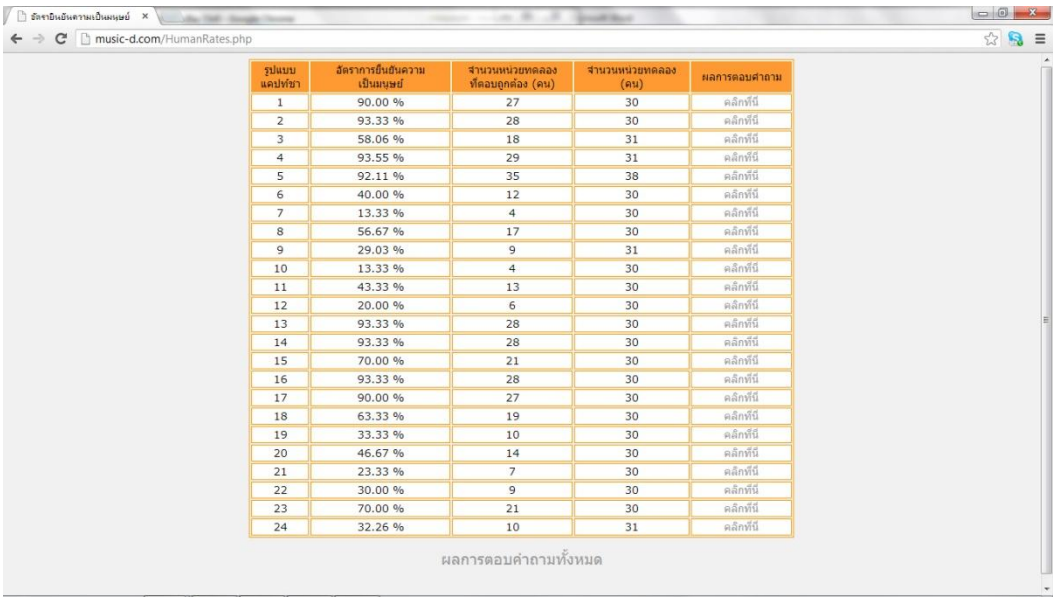
ภาพที่ ซ.7 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงลิงค์ดาวน์โหลดเพลง



ภาพที่ ซ.8 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงลิงค์ให้หน่วยทดลองตอบคำถามส่วนตัว



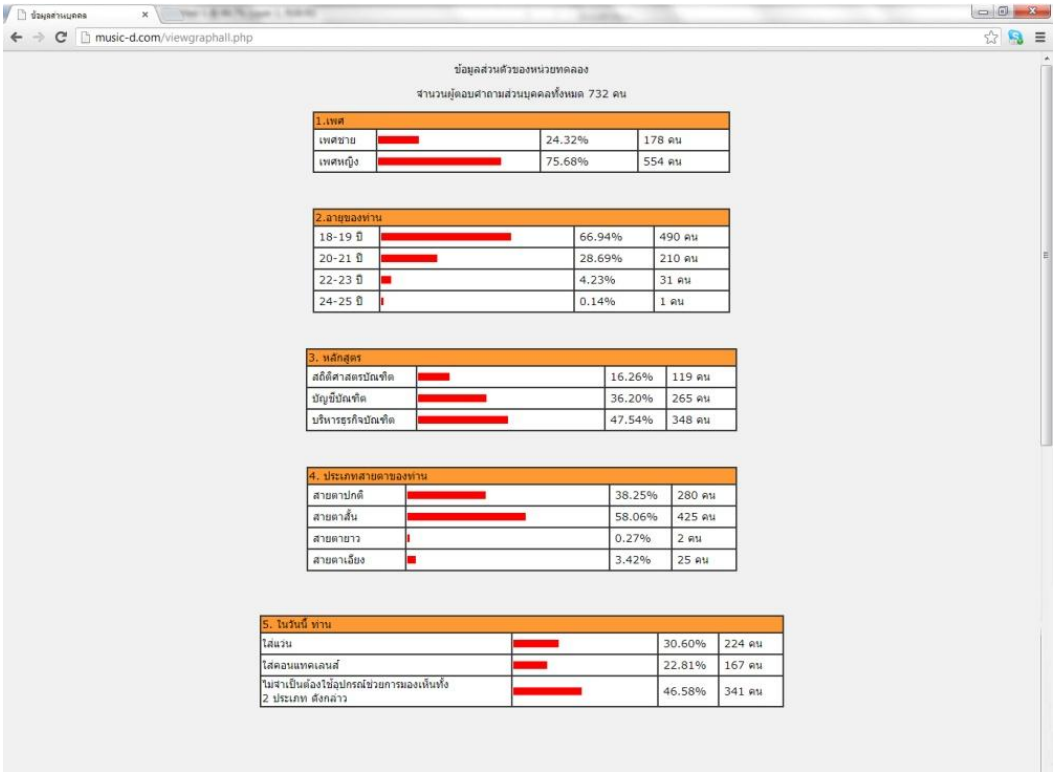
ภาพที่ ซ.9 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงคำถามส่วนตัว



รูปแบบแคปช่า	อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์	จำนวนหน่วยทดลองที่ตอบถูกต้อง (คน)	จำนวนหน่วยทดลอง (คน)	ผลการตอบคำถาม
1	90.00 %	27	30	คลิกที่นี่
2	93.33 %	28	30	คลิกที่นี่
3	58.06 %	18	31	คลิกที่นี่
4	93.55 %	29	31	คลิกที่นี่
5	92.11 %	35	38	คลิกที่นี่
6	40.00 %	12	30	คลิกที่นี่
7	13.33 %	4	30	คลิกที่นี่
8	56.67 %	17	30	คลิกที่นี่
9	29.03 %	9	31	คลิกที่นี่
10	13.33 %	4	30	คลิกที่นี่
11	43.33 %	13	30	คลิกที่นี่
12	20.00 %	6	30	คลิกที่นี่
13	93.33 %	28	30	คลิกที่นี่
14	93.33 %	28	30	คลิกที่นี่
15	70.00 %	21	30	คลิกที่นี่
16	93.33 %	28	30	คลิกที่นี่
17	90.00 %	27	30	คลิกที่นี่
18	63.33 %	19	30	คลิกที่นี่
19	33.33 %	10	30	คลิกที่นี่
20	46.67 %	14	30	คลิกที่นี่
21	23.33 %	7	30	คลิกที่นี่
22	30.00 %	9	30	คลิกที่นี่
23	70.00 %	21	30	คลิกที่นี่
24	32.26 %	10	31	คลิกที่นี่

ผลการตอบคำถามทั้งหมด

ภาพที่ ซ.10 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่อัตราการยืนยันความเป็นมนุษย์



ข้อมูลส่วนตัวของหน่วยทดลอง

จำนวนผู้ตอบคำถามส่วนบุคคลทั้งหมด 732 คน

1.เพศ			
เพศชาย		24.32%	178 คน
เพศหญิง		75.68%	554 คน

2.อายุของท่าน			
18-19 ปี		66.94%	490 คน
20-21 ปี		28.69%	210 คน
22-23 ปี		4.23%	31 คน
24-25 ปี		0.14%	1 คน

3. หลักสูตร			
สถิติศาสตรบัณฑิต		16.26%	119 คน
บัญชีบัณฑิต		36.20%	265 คน
บริหารธุรกิจบัณฑิต		47.54%	348 คน

4. ประเภทสายตาของท่าน			
สายตาปกติ		38.25%	280 คน
สายตาสั้น		58.06%	425 คน
สายตายาว		0.27%	2 คน
สายตาเอียง		3.42%	25 คน

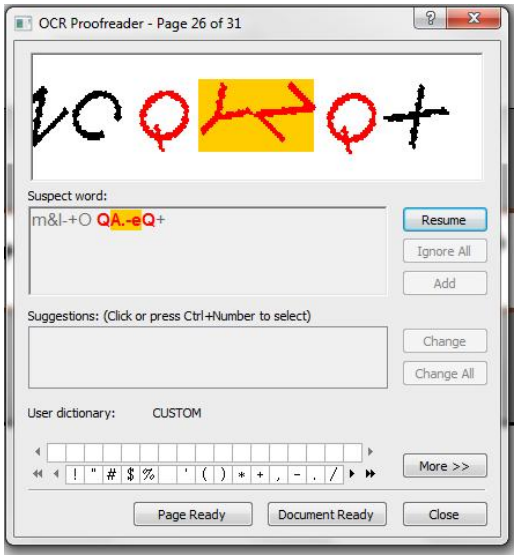
5. ในวันนี้ ท่าน			
ใส่แว่น		30.60%	224 คน
ใส่คอนแทคเลนส์		22.81%	167 คน
ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยการมองเห็นทั้ง 2 ประเภท ดังกล่าว		46.58%	341 คน

ภาพที่ ซ.11 เว็บเพจของเว็บไซต์ที่แสดงข้อมูลส่วนตัวของหน่วยทดลอง

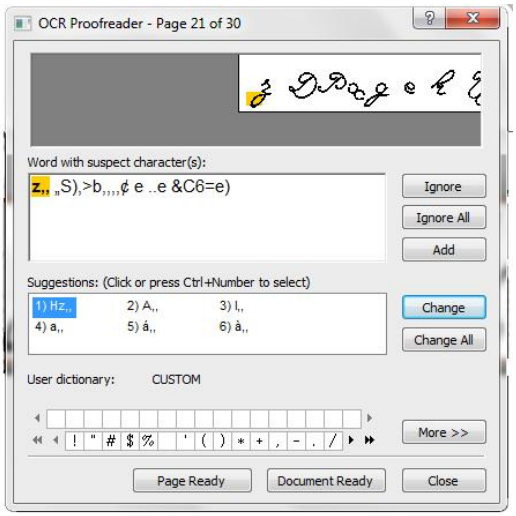
ภาคผนวก ฌ

ผลการโจมตีแคปท์ชาของโปรแกรม Omnipage Professional 18

ผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความด้วยโปรแกรม Omnipage Professional 18 ในงานวิจัยนี้

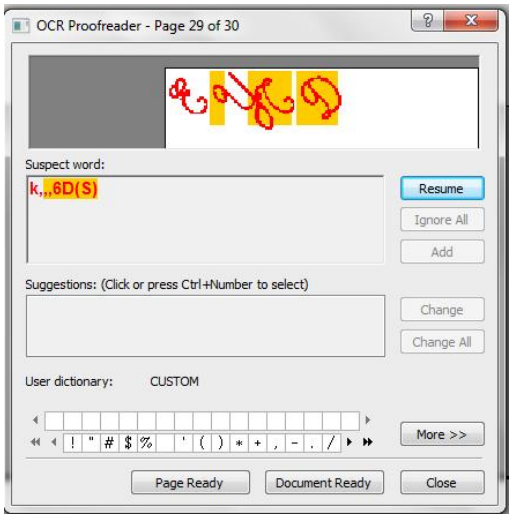


ภาพที่ ฌ.1 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์



ภาพที่ ฌ.2 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน

ภาพที่ ฌ.3 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์



ภาพที่ ฌ.4 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน

ภาคผนวก ญ

รูปแบบ และผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา

แคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับศูนย์องศา หรือไม่มีการหมุนเอียงอักษรเลยมีทั้งหมด 12 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 แคปท์ชาข้อความแสดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 2 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 3 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 4 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 5 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 6 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 7 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 8 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 9 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

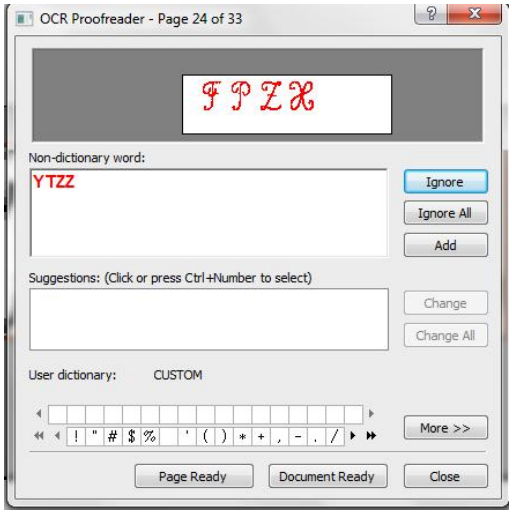
รูปแบบที่ 10 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 11 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 12 แคปท์ชาข้อความแดงแบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

ผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรม Omnipage Professional 18

ภาพที่ ญ.1 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์



ภาพที่ ญ.2 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 0 องศา แบบอักษรตัวเขียน

ภาคผนวก ฏ

รูปแบบ และผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับ 90 องศา

แคปท์ชาข้อความที่มีการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา และลบ 90 องศา มีทั้งหมด 24 แบบ

รูปแบบที่ 1 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 2 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 3 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 4 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 5 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 6 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 7 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 8 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 9 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 10 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 11 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 12 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับลบ 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 13 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 14 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 15 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับตัวเล็ก

รูปแบบที่ 16 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 17 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 18 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวพิมพ์ จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 19 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

รูปแบบที่ 20 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

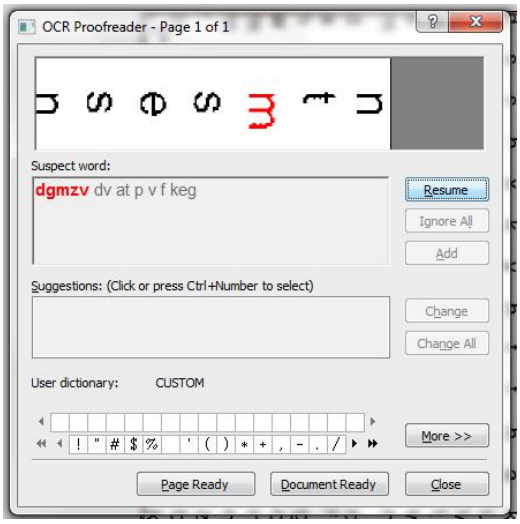
รูปแบบที่ 21 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสี่ตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 22 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 45 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่

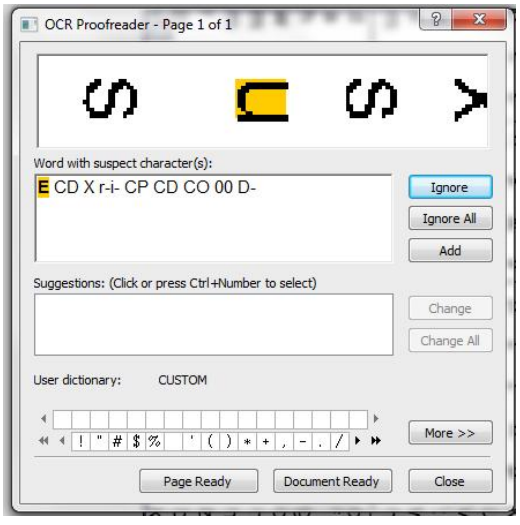
รูปแบบที่ 23 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวเล็ก

รูปแบบที่ 24 แคปท์ชาข้อความแสดงการหมุนเอียงในระดับบวก 90 องศา แบบอักษรตัวเขียน จำนวนอักษรสิบตัว และแสดงชุดอักขระเป็นอักษรตัวใหญ่ผสมกับอักษรตัวเล็ก

ผลการโจมตีแคปท์ชาข้อความของโปรแกรม Omnipage Professional 18



ภาพที่ ฎ.1 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับลบ 90 องศา



ภาพที่ ฎ.2 ผลการโจมตีแคปท์ชาที่มีการหมุนเอียงอักษรในระดับบวก 90 องศา

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมณีรัตน์ ชาติรังสรรค์ เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์ (ปัจจุบันคือ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร) (เกียรตินิยมอันดับสอง) จากมหาวิทยาลัยนเรศวร ในปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553