

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบและระดับการประมวลผล ในการออกแบบแคปทชา

Applying Recognition-by-Components and Levels of Processing Theories to Design CAPTCHAs

อภิชาติ วชิรประดิษฐพร (Apichart Wachirapraditporn)* และ
ณัฐรนนท์ หงส์วริทธิ์ธร (Nuttanont Hongwarittorn)*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาแคปทชาด้วยการใช้ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ ซึ่งเป็นทฤษฎีการเข้าใจภาพของมนุษย์ และทฤษฎีระดับการประมวลผลของความจำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัย 2 ปัจจัย ประเภทของแคปทชา และลักษณะของคำถาม ที่มีต่อการใช้งานได้ของผู้ใช้งาน วัดผลการใช้งานได้จากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ด้วยวิธีการทดลองแบบ Between-subject design กับผู้เข้าร่วมการทดลอง 60 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง จำนวนผู้เข้าร่วมการทดลองกลุ่มละ 15 คน

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อการใช้งานได้ และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย โดยประเภทของแคปทชาส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง และอัตราความถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ลักษณะของคำถามที่ใช้กับแคปทชาส่งผลกับเวลาที่ใช้ และอัตราความถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

คำสำคัญ: แคปทชา การรวมองค์ประกอบ จีออน ระดับการประมวลผล

Abstract

The current research proposed to develop CAPTCHAs designed based on the Recognition-by-Components, a theory

of human image understanding, and Levels of Processing theories of memory. This research aimed to examine the influence of two factors, type of CAPTCHAs and type of questions, on the usability. The usability measurement was determined by percent accuracy, task completion time, pass rate and user satisfaction. The between-subject design was employed to conduct the experiment with 60 participants. There were four experimental groups of 15 participants.

The analysis results revealed that there were two main effects and no interaction effect. The type of CAPTCHAs significantly affected on percent accuracy and pass rate, while the type of questions significantly affected on task-completion time and pass rate; however, the user satisfaction was not affected by these two factors.

Keyword: CAPTCHAs, Recognition-by-components, Geons, Levels of Processing.

1. บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้คอมพิวเตอร์และระบบเครือข่ายเข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการแลกเปลี่ยนข้อมูล การค้าบนระบบเครือข่าย (e-commerce) รวมถึงการใช้งานอีเมล ทำให้มีบุคคลบางกลุ่มใช้เทคโนโลยีสารสนเทศนี้สร้างประโยชน์แก่ตนเอง ซึ่งเป็นการรบกวน และสร้างความเสียหาย

* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แก่ผู้ใช้งานทั่วไปด้วย โดยอาศัยโปรแกรมอัตโนมัติ (bots) ในการโพสต์ข้อความโฆษณาตามกระดานสนทนา (web board) และการส่งอีเมลหลอกลวง (spam mail) เป็นต้น จากความเสียหายที่เกิดจากการใช้โปรแกรมอัตโนมัติ จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อตรวจสอบโปรแกรมอัตโนมัติขึ้นมา โปรแกรมหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ และมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย คือ แคปทชา (CAPTCHAs)

แคปทชาเป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบการเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์แบบโต้ตอบ เพื่อทดสอบว่าผู้ใช้งานว่าเป็นมนุษย์หรือโปรแกรมอัตโนมัติ [1] แคปทชาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท [2] ได้แก่ 1) แคปทชาตัวอักษร (Text-based schemes) 2) แคปทชาเสียง (Sound-based schemes) และ 3) แคปทชารูปภาพ (Image-based schemes)

แคปทชาทั้ง 3 ประเภทนี้ แคปทชาตัวอักษรเป็นประเภทที่นิยมนำมาใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน โดยให้ผู้ใช้งานพิมพ์ตัวอักษรตามที่เห็น แต่โปรแกรมประเภทรู้จำอักขระ (OCR) สามารถระบุตัวอักษรเหล่านี้ได้ ผู้พัฒนาแคปทชาจึงเพิ่มการบิดเบือนหรือสิ่งรบกวนให้มากขึ้น แต่ก็ทำให้การใช้งานยากขึ้นด้วย แคปทชาประเภทอื่นจึงเป็นทางเลือกในการนำมาแก้ปัญหา แต่แคปทชาเสียงนั้นต้องอาศัยทักษะในการฟัง ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมา [3] พบว่าผู้ที่มีความบกพร่องทางสายตาจะฟังเสียงที่ได้ยินได้ยากกว่าบุคคลทั่วไป ทำให้แคปทชารูปภาพมีความเหมาะสมในการนำมาใช้กับผู้ใช้งานส่วนมากมากกว่าแบบเสียง

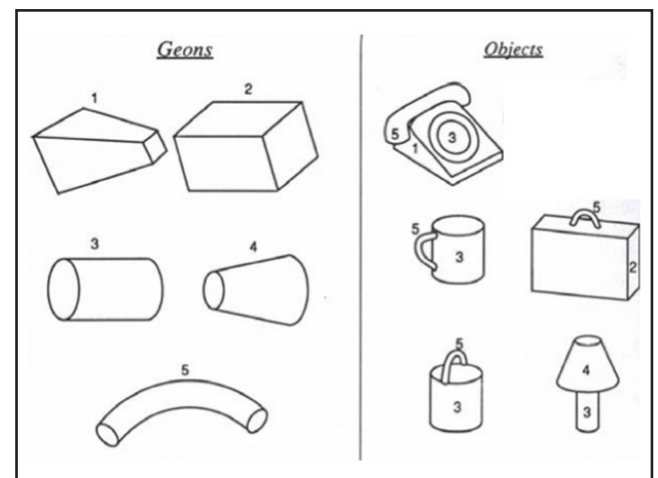
แคปทชารูปภาพจำเป็นต้องอาศัยทักษะทางด้านการมองเห็นหรือการรับรู้ภาพ ซึ่งทางจิตวิทยามีทฤษฎีหนึ่งที่อธิบายการรับรู้ภาพของมนุษย์ไว้ คือ ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ (Recognition-by-components theory) โดยอธิบายไว้ว่า วัตถุจะประกอบจากส่วนประกอบย่อยมาเชื่อมต่อกัน และมนุษย์จะจดจำวัตถุที่เห็นในรูปแบบของส่วนประกอบย่อยนี้ [4] ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ และความรู้อยู่เดิมมาประมวลผลร่วมกับสิ่งที่มองเห็นด้วย [5] ขณะที่คอมพิวเตอร์รับรู้ภาพจากลักษณะทางกายภาพที่เห็น [6] ดังนั้นหากนำหลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบมาพัฒนาแคปทชา อาจช่วยทำให้โปรแกรมอัตโนมัติตรวจจับได้ยากขึ้น และเพื่อความปลอดภัยที่สูงขึ้น จึงได้นำทฤษฎีระดับการประมวลผล (Levels of Processing) ที่อธิบายเกี่ยวกับระดับของการประมวลผลสิ่งที่มนุษย์รับรู้

โดยนำมาใช้สร้างคำถามใช้งานร่วมกับแคปทชาที่พัฒนาขึ้นด้วย รายละเอียดของงานวิจัยในส่วนถัดไป จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 เป็นระเบียบวิธีวิจัย ส่วนที่ 4 เป็นผลการทดลอง ส่วนที่ 5 จะกล่าวถึง สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง และส่วนสุดท้ายเป็นข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ (Recognition-by-components theory) ในการออกแบบแคปทชา ซึ่งเป็นทฤษฎีที่อธิบายถึงการรู้จำแบบของมนุษย์ โดยการใช้การประกอบ และเชื่อมต่อกันของส่วนประกอบย่อยของวัตถุ (Object) เพื่อระบุหรือหาความหมายของวัตถุนั้น ส่วนประกอบย่อยเหล่านี้เรียกว่า จีออน (Geon) [7] ซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่มีรูปทรงอย่างง่าย เช่น ทรงสี่เหลี่ยมและทรงกระบอก เป็นต้น วัตถุนั้นจะประกอบขึ้นจากจีออนรูปทรงหลายแบบ และมาเชื่อมต่อกัน [4] (ดังแสดงในภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จีออน และวัตถุที่เกิดจากจีออนประกอบกัน

จีออนหรือส่วนประกอบพื้นฐานที่เป็นรูปทรงอย่างง่ายนี้ แม้จะมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดเท่ากัน ก็สามารถสร้างวัตถุที่แตกต่างกัน เนื่องจากตำแหน่งของการเชื่อมต่อกันของแต่ละส่วนประกอบนั้นแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้ได้นำลักษณะการประกอบกันของจีออนมาเป็นหลักในการออกแบบแคปทชา เพื่อให้ผู้ใช้งานที่เป็นมนุษย์เท่านั้นที่เข้าใจได้

2.2 ทฤษฎีระดับการประมวลผล

ทฤษฎีระดับการประมวลผล (Levels of processing theory) [7], [8] เป็นทฤษฎีในการประมวลผลความจำ (Memory code) เพื่อหาความหมายให้กับสิ่งที่ได้รับรู้ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) การประมวลผลระดับโครงสร้าง (Structural processing) คือ การหาความหมายให้กับสิ่งที่รับรู้โดยลักษณะของโครงสร้างที่เห็น 2) การประมวลผลระดับเสียง (Phonemic processing) คือ การหาความหมายให้กับสิ่งที่รับรู้โดยลักษณะของเสียง และ 3) การประมวลผลระดับความหมาย (Semantics processing) คือ การหาความหมายให้กับสิ่งที่รับรู้จากความหมายของสิ่งนั้น การประมวลผลในระดับความหมายนี้เป็นการประมวลผลในเชิงลึก (Deep processing) มนุษย์ต้องเข้าใจและรู้ถึงความหมาย (meaning) ของสิ่งที่ได้รับรู้

ตารางที่ 1 ระดับของการประมวลผล (Levels of processing)

Level of processing	Question	Answer	
		Yes	No
Structural	Is the word in capital letters ?	TABLE	Table
Phonemic	Dose the word rhyme with WEIGHT ?	create	MARKET
Category	Is the word a type of fish ?	SHARK	Heaven
Sentence	Would the word fit the sentence: "He met a _____ in the street ?"	FRIEND	Cloud

ข้อความในตาราง นำมาจากการงานของ Fergus I. M. Craik และ E. Tulving [8]

จากตารางที่ 1 ข้างต้น ระดับ Category กับ Sentence เป็นการประมวลผลระดับความหมาย คือ มนุษย์จะต้องรู้ถึงความหมายของคำว่า Shark, Heaven, Friend และ Cloud จึงจะสามารถตอบคำถามได้ ในงานวิจัยนี้จะใช้การประมวลผลระดับความหมายมาสร้างคำถามสำหรับใช้ร่วมกับแคปช่าที่พัฒนาขึ้น เพื่อเพิ่มความปลอดภัยจากโปรแกรมอัตโนมัติ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

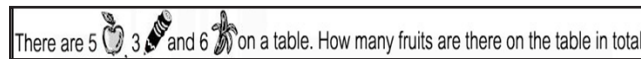
Ahn [9] ได้ทำการศึกษาวิจัยพัฒนาแคปช่าที่เรียกว่า "Recaptcha" โดยสร้างชุดอักษรด้วยการสแกนตัวอักษรจากหนังสือเก่า แล้วเก็บลงฐานข้อมูล เมื่อผู้ใช้งานพิมพ์คำตอบเข้ามาจะนำไปเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่ จึงสามารถป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี ลักษณะชุดตัวอักษรที่สแกนจากหนังสือเก่านี้โปรแกรมประเภท OCR ยังไม่สามารถตรวจจับได้ แต่ตัวอักษรจากหนังสือเก่านี้ก็ทำให้ผู้ใช้งานระบุตัวอักษรได้ยาก ทำให้เกิดความผิดพลาดและความล่าช้าในการใช้งานเพิ่มขึ้นเช่นกัน

Liao [6] ได้ทำการศึกษาวิจัยโดยการออกแบบจะใช้ทฤษฎีเกสตัลท์ ซึ่งเป็นทฤษฎีการรับรู้ทางด้านการมองเห็นทางด้านจิตวิทยา มาเป็นหลักในการออกแบบ โดยใช้รูปภาพที่เป็นใบหน้าคน สลับตำแหน่งบางส่วนของภาพ 2 ตำแหน่งในลักษณะ Block ที่มีขนาดเท่ากัน แล้วให้ผู้ใช้งานสลับตำแหน่งภาพให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ ทำการทดสอบความปลอดภัยด้วยโปรแกรมอัตโนมัติ Berkeley Segmentation Engine (BSE) พบว่า การสลับตำแหน่งของภาพจะช่วยป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติได้ โดยภาพที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะใช้เวลาในการตรวจจับนานขึ้น แต่ถึงแม้จะใช้เวลาานโปรแกรมอัตโนมัติก็ยังสามารถตรวจจับได้ ต่อมา Gao, Yao, Liu, Liu และ Wang [10] ได้ทำการศึกษาวิจัยโดยใช้การออกแบบรูปภาพแบบจิ๊กซอล์ ภาพจะถูกแบ่งออกเป็นขนาด 3x3 4x4 และ 5x5 จากภาพที่ถูกแบ่งทั้งหมดจะมี 2 ชั้น อยู่ติดตำแหน่ง ผู้ใช้งานต้องสับเปลี่ยนตำแหน่งให้ถูกต้อง จากการทดลองนี้พบว่ารูปภาพที่ถูกแบ่งออกเป็นขนาด 3x3 มีอัตราความถูกต้องสูง และเวลาที่ใช้น้อยที่สุด ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจแคปช่ารูปภาพจิ๊กซอล์มากกว่าแคปช่าตัวอักษร แต่แคปช่ารูปภาพจิ๊กซอล์นี้จะยากต่อผู้ใช้งานถ้ารายละเอียดในภาพใกล้เคียงกัน ทำให้ผู้ใช้งานหาดำแหน่งที่ถูกสับเปลี่ยนได้ยาก

Vikram, Fan และ Gu [11] ได้นำเสนอแคปช่ารูปภาพ (Image-based schemes) ที่เรียกว่า SEMAGE (Semantically Matching imaGEs) โดยเป็นแคปช่าที่นำภาพสัตว์แบบการ์ตูน (cartoon image) และภาพจริง (real picture) ให้ผู้ใช้งานเลือกภาพที่เป็นสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นการใช้ความเข้าใจความหมายของรูปภาพที่เห็นเพื่อป้องกันโปรแกรม

อัตโนมัติ เปรียบเทียบกับแคปช่าแบบ Assira และ reCAPTCHA ผลการทดลองพบว่า มีความอัตราความถูกต้อง และเวลาที่ใช้ ใกล้เคียงกับ reCAPTCHA ซึ่งดีกว่า Assira ส่วนด้านการใช้งานจะเปรียบเทียบกับ Assira พบว่า SEMAGE ใช้งานง่าย และสนุกมากกว่า

นอกจากแคปช่าตัวอักษร เสียง และรูปภาพแล้ว ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาแคปช่าแบบอื่นด้วย เช่น งานวิจัยของ Shahreza และ Shahreza [12] ได้สร้างแคปช่าแบบใหม่ด้วยการใช้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายเป็นคำถามทดสอบ คำถามจะประกอบไปด้วย ตัวเลข รูปภาพที่แทนชื่อของวัตถุ (Object) และคำถามให้หาจำนวนของวัตถุที่เป็นประเภทเดียวกัน (ดังแสดงในภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะคำถามของแคปช่า

โปรแกรมอัตโนมัติที่จะสามารถผ่านการทดสอบแคปช่านี้ได้ต้องมีความสามารถ 4 ประการ คือ 1) สามารถเข้าใจประโยคคำถามได้ 2) สามารถหารูปภาพที่เป็นคำถามได้ 3) สามารถเข้าใจเนื้อหาของคำถามได้ และ 4) สามารถแก้ปัญหาคำถามได้ ดังนั้นการที่โปรแกรมอัตโนมัติจะสามารถผ่านการทดสอบแคปช่านี้เป็นไปได้ยาก แต่สำหรับมนุษย์นั้นสามารถที่จะเข้าใจถึงความหมายของคำถามที่ซับซ้อนนี้ได้โดยใช้การประมวลผลในระดับความหมาย ซึ่งลักษณะการประมวลผลระดับความหมายของคำถามในงานวิจัยของ Shahreza และ Shahreza นี้ จะถูกนำมาใช้ในการสร้างคำถามเพื่อใช้ร่วมกับแคปช่าที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เช่นกัน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ตัวแปรและสมมติฐาน

3.1.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

สำหรับงานวิจัยนี้มีตัวแปรอิสระ คือ 1) ประเภทของแคปช่า ประกอบด้วย แคปช่าตัวอักษร และแคปช่ารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ 2) ลักษณะของคำถามที่ใช้กับแคปช่า ประกอบด้วย คำถามที่ให้นับจำนวน แบ่งเป็น การนับจำนวนตัวอักษรและตัวเลขของแคปช่าตัวอักษร และการนับจำนวนจ็อนของแคปช่ารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ และคำถามที่ให้คำนวณ

แบ่งเป็น การนับจำนวนตัวอักษรและตัวเลขของแคปช่าตัวอักษรมาใช้คำนวณ และการนับจำนวนจ็อนของแคปช่ารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบมาใช้คำนวณ

3.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

ตัวแปรตาม คือ 1) ประสิทธิภาพการใช้งานของแคปช่า ประกอบด้วย เปอร์เซนต์ความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแคปช่า และอัตราความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ 2) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแคปช่า

3.2.3 สมมติฐาน

งานวิจัยนี้มีสมมติฐาน คือ 1) แคปช่ารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ จะมีเปอร์เซนต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งานแตกต่างกับแคปช่าตัวอักษร 2) ลักษณะของคำถามที่ใช้กับแคปช่าจะไม่ส่งผลต่อเปอร์เซนต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน และ 3) ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทของแคปช่ากับลักษณะของคำถามที่ใช้กับแคปช่าที่ส่งผลต่อเปอร์เซนต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3.2 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้รูปแบบการทดลองเป็นแบบ 2 x 2 Between Subjects Factorial Design ประกอบด้วย กลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กลุ่มการทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

ลักษณะของคำถาม	ประเภทของแคปช่า	
	แคปช่าตัวอักษร	แคปช่ารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ
คำถามที่ให้นับจำนวน	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 3
คำถามที่มีการคำนวณ	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 4

กลุ่มที่ 1: แคปช่าตัวอักษรร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนตัวอักษรและตัวเลข

2: แคปช่าตัวอักษรร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวน

ตัวอักษรและตัวเลขมาคำนวณ

3: แผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบพร้อมกับคำถามที่ให้นับจำนวนจ็อนของภาพ

4: แผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบพร้อมกับคำถามที่ให้นับจำนวนจ็อนของภาพมาคำนวณ

คำถามที่ให้คำนวณ จะให้คำนวณโดยการบวกหรือลบกับตัวเลขจำนวนเพียงหนึ่งหลัก เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณของผู้ใช้งาน และคำถามที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะแสดงในลักษณะตัวอักษรทั้งหมด เพื่อป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติเข้าใจความหมายของคำถาม เช่น พิมพ์คำที่เกิดจากจำนวนจ็อนของภาพบวกกับแปด เป็นต้น

3.3 ผู้เข้าร่วมการทดลอง

งานวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมการทดลองทั้งหมด 60 คน (ชาย 23 คน และหญิง 37 คน) อายุระหว่าง 15-30 ปี ผู้เข้าร่วมการทดลองทุกคนมีประสบการณ์ในการใช้แผนที่ซ้ำมาก่อน

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนที่ซ้ำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาด้วยภาษา PHP และ HTML โดยโปรแกรม Macromedia Dreamweaver 8 รูปภาพที่ใช้สร้างแผนที่ซ้ำและคำตอบสำหรับเข้าสู่ระบบจะถูกเก็บในฐานข้อมูล MySQL แล้วนำมาแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ และใช้โปรแกรม Camtasia Studio version 7 (Trial Version) บันทึกการทำแบบทดสอบแผนที่ซ้ำของผู้ใช้งาน

แบบสอบถามที่ใช้ในงานทดลองประกอบด้วยแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการทดลอง และแบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับแผนที่ซ้ำ

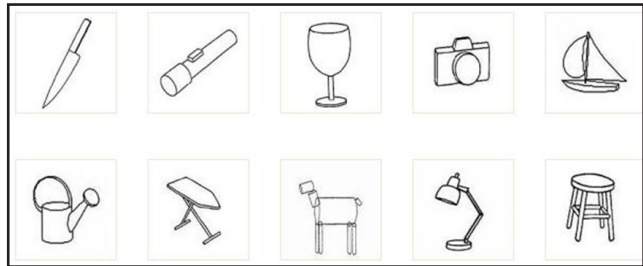
3.4.1 รูปภาพที่นำมาใช้สร้างแผนที่ซ้ำ

รูปภาพที่นำมาใช้สร้างแผนที่ซ้ำตัวอักษรรวบรวมจากภาพตัวอักษรของแผนที่ซ้ำตัวอักษรที่มีใช้ในปัจจุบัน (ดังแสดงในภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 รูปภาพสำหรับแผนที่ซ้ำตัวอักษร

ส่วนแผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบจะใช้รูปภาพในลักษณะภาพวาด (Drawing) เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์จำนวนจ็อนที่ประกอบเป็นวัตถุในภาพได้ง่าย (ดังแสดงในภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 รูปภาพสำหรับแผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ

3.4.2 รูปแบบการแสดงผลแผนที่ซ้ำที่สร้างจากหลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบและระดับการประมวลผล

การแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ของแผนที่ซ้ำที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้จะมีตัวอย่างการใช้งานในการเข้าสู่ระบบแสดงแก่ผู้ใช้งาน ในการทำงานผู้ใช้งานจะต้องวิเคราะห์หาจำนวนตัวอักษรหรือจ็อนในรูปภาพที่แสดงแล้วนำมาพิมพ์คำตอบเป็นตัวอักษรให้ถูกต้องจึงจะสามารถผ่านเข้าสู่ระบบสำเร็จ

3.5 การวัดผลการทดลอง

3.5.1 ด้านความปลอดภัย

การทดสอบความปลอดภัยสำหรับแผนที่ซ้ำตัวอักษรในงานวิจัยนี้ จะใช้โปรแกรม FreeOCR (Freeware) ซึ่งเป็นโปรแกรมอัตโนมัติประเภท OCR สำหรับแปลงไฟล์รูปภาพเป็นตัวอักษร

ส่วนแผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ จะทดสอบด้านความปลอดภัย โดยนำรูปภาพของวัตถุที่ประกอบด้วยจ็อนไปค้นหาด้วยรูปภาพจากเว็บไซต์กูเกิ้ล (search by image) ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่มีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ และเป็นโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับค้นหาด้วยรูปภาพโดยสร้างคำอธิบายให้กับรูปภาพ

3.5.2 ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน

การวัดผลความถูกต้องจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ คำนวณจากจำนวนแบบทดสอบที่ผู้เข้าร่วมทดลองสามารถผ่านเข้าสู่ระบบสำเร็จต่อจำนวนแบบทดสอบทั้งหมด

การวัดผลด้านเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ จะวัดเป็นวินาที คำนวณจากเวลาที่บันทึกด้วยโปรแกรม Camtasia

Studio version 7 โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่แบบทดสอบถูกแสดง จนกระทั่งผู้ใช้งานกดยืนยันการตอบแบบทดสอบ

การวัดผลอัตราความถูกต้อง คำนวณจากแบบทดสอบ แผนที่ซ้ำที่ผู้เข้าร่วมการทดลองตอบถูกเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ

3.5.2 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ความพึงพอใจของผู้ใช้จะวัดผลจากแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นจำนวน 9 ข้อ ได้แก่ 1) ความชัดเจนของตัวอักษรหรือรูปภาพ 2) ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรหรือรูปภาพ 3) การบิดเบือนและความซับซ้อนของตัวอักษรหรือรูปภาพ 4) ความเหมาะสมของจำนวนตัวอักษรหรือจออน 5) รูปแบบการพิมพ์คำตอบ 6) ความเข้าใจยากของคำถาม 7) ความยากของคำถาม 8) ความยากในการนับตัวอักษรหรือจออน และ 9) ความยากในการคำนวณ โดยกำหนดการวัดระดับความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด และระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

3.6 ระเบียบวิธีในการทดลอง

การทดสอบการใช้งานได้โดยแผนที่ซ้ำที่พัฒนาขึ้นของงานวิจัยนี้จะแบ่งผู้เข้าร่วมการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน เพื่อทำแบบทดสอบแผนที่ซ้ำทั้ง 4 แบบ โดยแผนที่ซ้ำแต่ละแบบจะมีแบบทดสอบทั้งหมด 10 ข้อ

ก่อนการทดลองผู้เข้าร่วมการทดลองจะถูกขอให้ตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้เข้าร่วมการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นฟังคำอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ ทฤษฎีระดับการประมวลผล และคำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานแผนที่ซ้ำของงานวิจัย

เมื่อผู้ทดลองเริ่มทำแบบทดสอบแผนที่ซ้ำจะมีการบันทึกการทำงานของผู้เข้าร่วมการทดลองด้วยโปรแกรม Camtasia Studio version 7 เพื่อนำมาหาเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ หลังจากผู้เข้าร่วมทดลองทำแบบทดสอบแผนที่ซ้ำทั้งหมดแล้ว จะถูกขอให้ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจ และความคิดเห็นต่อแผนที่ซ้ำที่ใช้ในการทดลอง

4. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างแผนที่ซ้ำที่ออกแบบด้วยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรวม

องค์ประกอบ และระดับการประมวลผลทั้ง 4 แบบ วัดผลในด้านเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

4.1 ด้านความปลอดภัย

4.1.1 แผนที่ซ้ำตัวอักษร

การทดสอบการป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติด้วยโปรแกรม FreeOCR version 4.2 ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3

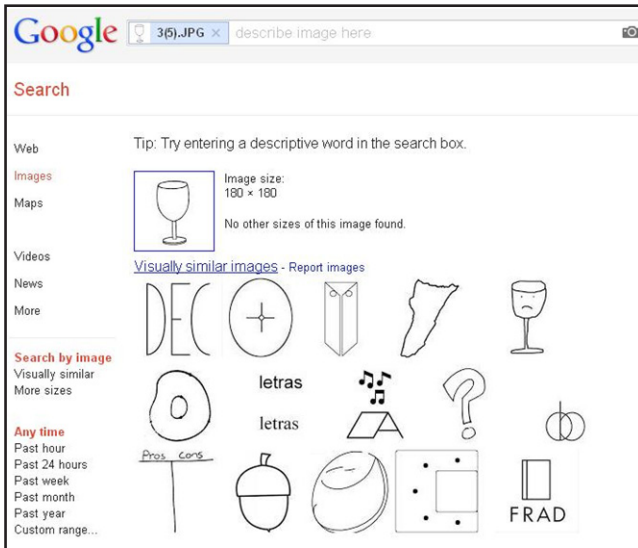
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการรู้จำอักขระด้วยโปรแกรม FreeOCR ของภาพแผนที่ซ้ำตัวอักษร

ภาพที่	ภาพตัวอักษร	ผลลัพธ์ที่แปลงได้
1		-
2		WNW
3		S'is'isE
4		V7931?
5		B'is'isE
6		-
7		Im'is'isE
8		11'is'isE
9		'S33 I _
10		Dun.

ตารางที่ 3 แสดงผลลัพธ์การแปลงไฟล์ภาพตัวอักษรของแผนที่ซ้ำตัวอักษรในงานวิจัยนี้เป็นไฟล์ตัวอักษร พบว่าโปรแกรม FreeOCR ไม่สามารถแปลงไฟล์เป็นตัวอักษรที่ถูกต้องได้ ซึ่งการแปลงไฟล์ภาพที่ 4 ตัวอักษร V7931 มีความใกล้เคียงที่สุด คือ แปลงได้ตัวอักษร V7931?

4.1.2 แผนที่ซ้ำรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ

การทดสอบการป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติด้วยการค้นหารูปภาพจากเว็บไซต์กูเกิ้ล (search by image) ได้ผลการค้นหาดังภาพที่ 5



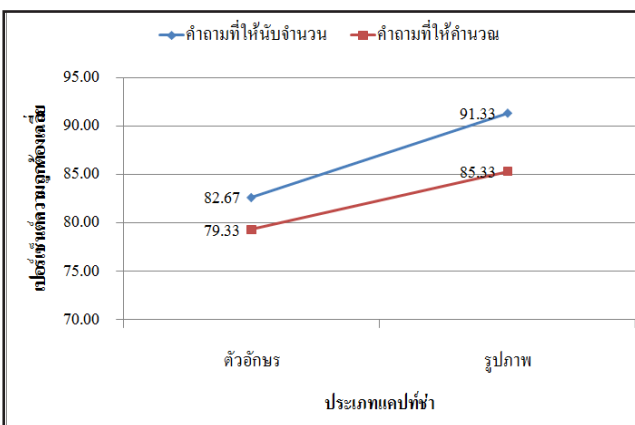
ภาพที่ 5 ผลการค้นหารูปภาพด้วยเว็บไซต์กูเกิล

ภาพที่ 5 ผลการค้นหารูปภาพจากเว็บไซต์กูเกิล พบว่า เว็บไซต์กูเกิลไม่สามารถสร้างคำอธิบายรูปภาพที่นำไปค้นหาได้ ซึ่งรูปภาพทั้ง 10 ภาพ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ผลการค้นหาในลักษณะเดียวกัน

4.2 ด้านประสิทธิภาพการใช้งาน

4.2.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ

เปอร์เซนต์ความถูกต้องคำนวณจากจำนวนแบบทดสอบที่ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถผ่านเข้าสู่ระบบสำเร็จ ต่อจำนวนแบบทดสอบทั้งหมด มีผลการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 6 เปอร์เซนต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 6 และตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ประเภทแคปTCHA ส่งผลต่อเปอร์เซนต์ความถูกต้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P=0.020 < 0.05$) ซึ่งแคปชารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบมีเปอร์เซนต์ความถูกต้องสูงกว่า

ตารางที่ 4 ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของเปอร์เซนต์ความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ

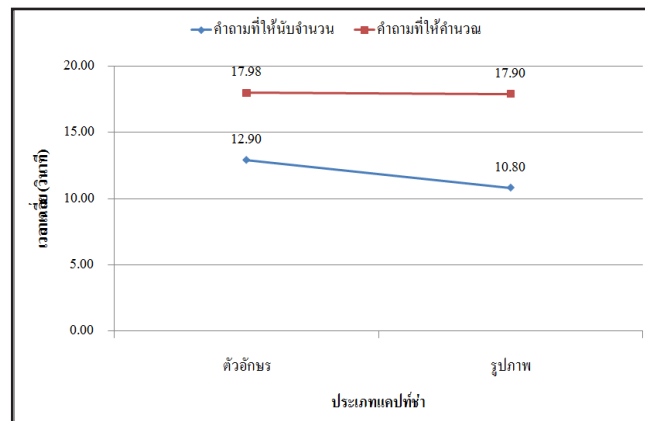
ความแปรปรวน	F	Sig.*
ประเภทแคปTCHA	5.694	0.020
ลักษณะคำถาม	2.306	0.135
ประเภทแคปTCHA* ลักษณะคำถาม	0.188	0.666

*ระดับความเชื่อมั่น 95%

แคปชารูปภาพ แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างลักษณะคำถามที่ใช้กับแคปTCHA ($P = 0.135 > 0.05$) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทแคปชากับลักษณะคำถามที่ใช้กับแคปTCHA ในการส่งผลต่อเปอร์เซนต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการเข้าสู่ระบบ ($P = 0.666 > 0.05$) โดยแคปชารูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนจ็อนของภาพ มีเปอร์เซนต์ความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุด คือ 91.33 เปอร์เซนต์

4.2.2 เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแคปTCHA

เวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบวัดเป็นวินาที โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่แบบทดสอบถูกแสดง จนกระทั่งผู้ใช้งานกดยืนยันการตอบแบบทดสอบ มีผลการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 7 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแคปTCHA

ภาพที่ 7 และตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ประเภทแคปTCHA ไม่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแคปTCHA ($P = 0.399 > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างลักษณะคำถามที่ใช้กับแคปTCHA ($P = 0.000 < 0.05$) ซึ่งคำถามที่ให้นับจำนวนใช้เวลาเฉลี่ยน้อยกว่าคำถามที่มีการ



ตารางที่ 5 ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวนของเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแอปที่ช่วย

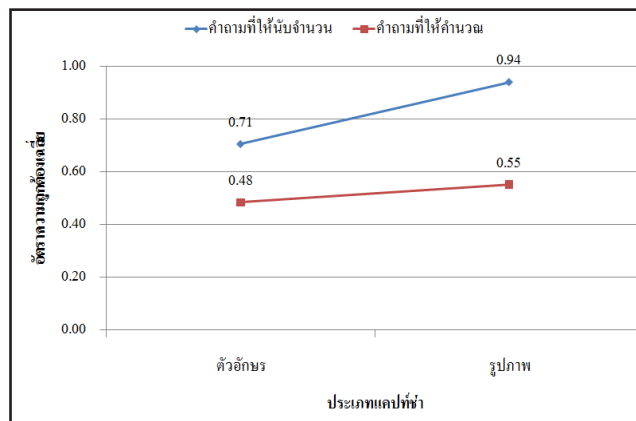
ความแปรปรวน	F	Sig.*
ประเภทแอปที่ช่วย	0.723	0.399
ลักษณะคำถาม	22.705	0.000
ประเภทแอปที่ช่วย* ลักษณะคำถาม	0.621	0.434

*ระดับความเชื่อมั่น 95%

คำนวณ อย่างไรก็ตาม ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทแอปที่ช่วยกับลักษณะคำถามที่ใช้กับแอปที่ช่วยในการส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบแอปที่ช่วย ($P = 0.434 > 0.05$) โดยแอปที่ช่วยรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนจอของภาพใช้เวลาเฉลี่ยน้อยสุด คือ 10.80 วินาที

4.2.3 อัตราความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ

อัตราความถูกต้องจะคำนวณจากแบบทดสอบแอปที่ช่วยที่ผู้เข้าร่วมการทดลองตอบถูกเทียบกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบ ทั้งนี้เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่สูงอาจเกิดจากการใช้เวลาในการทำแบบทดสอบมากด้วยซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 8 อัตราความถูกต้องเฉลี่ยในการเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 8 และตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่า ทั้งประเภทแอปที่ช่วย และลักษณะคำถามที่ใช้กับแอปที่ช่วย ส่งผลต่ออัตราความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ ($P = 0.028 > 0.05$ และ $P = 0.000 < 0.05$ ตามลำดับ) ซึ่งแอปที่ช่วยรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบมีอัตราความถูกต้องสูงกว่า

ตารางที่ 6 ค่าสถิติทดสอบความแปรปรวน ของอัตราความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ

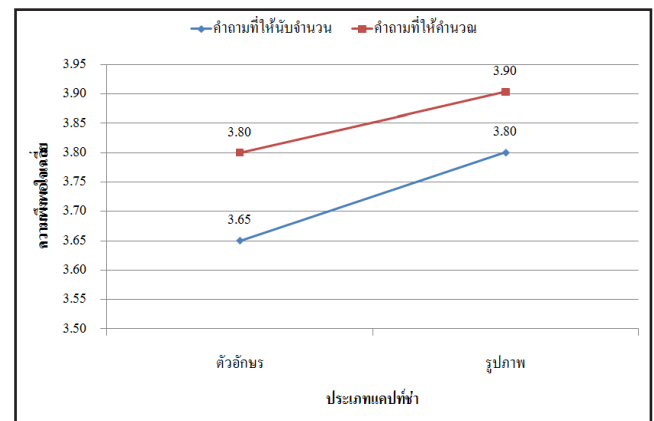
ความแปรปรวน	F	Sig.*
ประเภทแอปที่ช่วย	5.110	0.028
ลักษณะคำถาม	21.031	0.000
ประเภทแอปที่ช่วย* ลักษณะคำถาม	1.544	0.219

*ระดับความเชื่อมั่น 95%

แอปที่ช่วยตัวอักษร และคำถามที่ให้นับจำนวนมีอัตราความถูกต้องสูงกว่าคำถามที่มีการคำนวณ แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทแอปที่ช่วยกับลักษณะคำถามที่ใช้กับแอปที่ช่วยในการส่งผลต่ออัตราความถูกต้องในการเข้าสู่ระบบ ($P = 0.219 > 0.05$) โดยแอปที่ช่วยรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนจอของภาพ มีอัตราความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุด คือ 0.94

4.3 ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จะวัดจากคะแนนที่ผู้ใช้งานประเมินให้ในแบบสอบถามหลังจากการทำแบบทดสอบแอปที่ช่วยเรียบร้อยแล้ว โดยคะแนน 5 คือ พึงพอใจมากที่สุด และคะแนน 1 คือ พึงพอใจน้อยที่สุด มีผลการทดลอง ดังนี้



ภาพที่ 9 คะแนนความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ภาพที่ 9 และตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่า ทั้งประเภทแอปที่ช่วย และลักษณะคำถามที่ใช้กับแอปที่ช่วย ไม่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ($P = 0.333 > 0.05$ และ $P = 0.343 > 0.05$ ตามลำดับ) และไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างประเภทแอปที่ช่วยกับลักษณะคำถามที่ใช้กับแอปที่ช่วยในการส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ($P = 0.854 > 0.05$)

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ และระดับการประมวลผลในการออกแบบแคปซูล โดยเปรียบเทียบแคปซูล 4 แบบ พิจารณาปัจจัยประเภทแคปซูลและลักษณะคำถามที่ใช้กับแคปซูล วัดผลด้านความปลอดภัยและด้านการใช้งานได้ ซึ่งแบ่งเป็น เปอร์เซนต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ อัตราความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

5.1 ด้านความปลอดภัย

ผลการทดสอบด้านความปลอดภัย แสดงให้เห็นว่าแคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบสามารถป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติประเภทสร้างคำอธิบายรูปภาพได้ เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาโปรแกรมที่ทำการวิเคราะห์จำนวนองค์ประกอบย่อยหรือชื่อของวัตถุได้สำเร็จ แต่สำหรับแคปซูลตัวอักษร ซึ่งใช้ภาพตัวอักษรเป็นแบบทดสอบ ทำให้โปรแกรมอัตโนมัติประเภทรู้จำอักขระที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถระบุตัวอักษรในภาพและรู้ถึงจำนวนตัวอักษรได้ไม่ยาก ดังนั้นแคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบ จะป้องกันโปรแกรมอัตโนมัติได้ดีกว่าแคปซูลตัวอักษรไม่ว่าจะให้ระบุหรือนับจำนวนตัวอักษร

5.2 ด้านการใช้งานได้

ผลการวิเคราะห์เปอร์เซนต์ความถูกต้อง เวลาที่ใช้ และอัตราความถูกต้อง ซึ่งให้เห็นว่า แคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนชื่อของภาพดีกว่าแคปซูลแบบอื่น

ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบที่นำมาประยุกต์ใช้กับแคปซูลรูปภาพ เป็นการรู้จำแบบของมนุษย์ในด้านจิตวิทยาการรับรู้ทางการมองเห็น [7] ซึ่งเป็นทฤษฎีที่อธิบายว่ามนุษย์จะจดจำวัตถุที่เห็นในลักษณะของส่วนประกอบย่อย (ชื่อ) ที่รวมกันเป็นวัตถุ ดังนั้นผู้ใช้งานจึงนับจำนวนองค์ประกอบ (ชื่อ) ของวัตถุในรูปภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ง่ายกว่าการนับจำนวนตัวอักษรในแคปซูลตัวอักษร ซึ่งเป็นตัวอักษรที่ถูกบิดเบือนหรือมีสิ่งรบกวนค่อนข้างมาก เพื่อป้องกันมิให้โปรแกรมอัตโนมัติตรวจจับได้ การบิดเบือนนี้ส่งผลให้การนับจำนวนตัวอักษรยากขึ้นด้วย ส่งผลให้ผู้ใช้งานทำแบบทดสอบแคปซูลรูปภาพที่ใช้ทฤษฎีการรวมองค์ประกอบได้ง่าย

สำหรับคำถามที่ใช้กับแคปซูลในงานวิจัยนี้ ทั้งคำถาม

ที่ให้นับจำนวนและคำถามที่มีการคำนวณต่างเป็นคำถามที่ต้องมีการใช้ทักษะการคำนวณ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทำความเข้าใจในคำถามเสียก่อน และคำนวณเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งเป็นการประมวลผลระดับความหมายของทฤษฎีระดับการประมวล [7], [8] แต่คำถามที่มีการคำนวณต้องมีการนับจำนวนตัวอักษรหรือจำนวนชื่อก่อนจะนำมาใช้คำนวณ เวลาที่ใช้จึงย่อมมากกว่าคำถามที่ให้นับจำนวนเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ผู้ใช้งานใช้เวลาทำแบบทดสอบแคปซูลที่ใช้คำถามแบบนับจำนวนน้อย อย่างไรก็ตามคำถามที่มีการนับจำนวนแล้วนำมาใช้คำนวณต่อนั้นเป็นการช่วยเพิ่มการป้องกันการตรวจจับของโปรแกรมอัตโนมัติ ผู้ใช้งานที่จะตอบคำถามนี้ได้จะต้องเข้าใจและรู้ถึงความหมายของคำถาม ดังนั้นการเพิ่มการคำนวณเข้าไปจะเป็นการเพิ่มความหมายเข้าไปในคำถาม ทำให้โปรแกรมอัตโนมัติตรวจจับได้ยากขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบของผู้ใช้งานก็จะมากขึ้นด้วย

การนำแคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนชื่อของภาพมาใช้งาน อาจไม่เหมาะกับระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูง ระบบที่ต้องการความปลอดภัยสูงควรใช้แคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบร่วมกับคำถามที่ให้นับจำนวนชื่อของภาพมาใช้คำนวณจะเหมาะสมกว่า แต่ผู้ใช้งานจะใช้เวลาเพิ่มขึ้น

6. ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

แคปซูลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาทางเรื่องการใช้งานได้ของผู้ใช้งาน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบดีกว่าแคปซูลตัวอักษร ดังนั้นในอนาคตควรทำการศึกษาทดลองเพิ่มเติม ดังนี้

1. งานวิจัยนี้รับคำตอบโดยการเป็นพิมพ์เป็นตัวอักษร ซึ่งถ้าใช้การรับคำตอบเป็นตัวเลขจะทำให้ง่ายต่อผู้ใช้งานมากกว่า ใช้นเวลาน้อยกว่า แต่จะมีปัญหาการถูกโจมตีด้วยการลองสุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด (brute force) ได้ จึงควรทดลองเปรียบเทียบการรับคำตอบเป็นตัวอักษรกับตัวเลขต่อการถูกโจมตีแบบ brute force

2. แคปซูลรูปภาพที่ใช้หลักทฤษฎีการรวมองค์ประกอบนี้ ไม่ต้องการให้โปรแกรมอัตโนมัติคาดเดาจำนวนชื่อได้



ดังนั้นจึงควรทดสอบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนจ็อนหรือความซับซ้อนของวัตถุที่มีจ็อนเป็นปริมาณมาก จะทำให้ผลการทดลองเหมือนหรือต่างจากงานวิจัย

3. เนื่องจากจำนวนจ็อนของงานวิจัยนี้จะขึ้นอยู่กับวัตถุที่นำมาใช้เป็นรูปภาพแคปต์ชา และในอนาคตโปรแกรมอัตโนมัติอาจคาดเดาจำนวนจ็อนจากการระบุวัตถุที่ใช้เป็นรูปภาพแคปต์ชาได้ ดังนั้นการให้ระบบสร้างรูปภาพวัตถุที่เกิดจากการประกอบกันขององค์ประกอบย่อยหรือจ็อนขึ้นมาเอง โดยไม่ต้องให้ความสนใจว่าวัตถุที่สร้างขึ้นมานั้นจะมีความหมายหรือไม่ เพียงแต่ให้ผู้ใช้งานระบุจำนวนจ็อนได้ก็อาจทำให้โปรแกรมอัตโนมัติคาดเดาจำนวนจ็อนได้มากยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] L. V. Ahn, M. Blum, and J. Langford. "Telling Humans and Computers Apart Automatically." *Communications of the ACM*, Vol. 47, No. 2, pp. 57-60, 2004.
- [2] J. Yan and Ahmad. "Usability of CAPTCHAs or usability issues in CAPTCHA design." *SOUPS '08 Proceedings of the 4th Symposium on Usable privacy and security*, pp. 44-52, 2008.
- [3] J. P. Bigham and A. C. Cavender. "Evaluating Existing Audio CAPTCHAs and an Interface Optimized for Non-Visual Use." *CHI*, Boston, MA, USA, 3-9 April, 2009.
- [4] I. Biederman. "Recognition-by-Components: A Theory of Human Image Understanding." *Psychological Review*, Vol. 94, No. 2, pp. 115-147, 1987.
- [5] จำเริญ ช่างโซติ, จิตรา วสุวานิช, จันทมาศ ชื่นบุญ และมลลิกา สุวรรณมัลย์. *จิตวิทยาการรับรู้และเรียนรู้*, พิมพ์ครั้งที่ 1, การศาสนา, กรุงเทพฯ, 2516.
- [6] W. Liao. "A captcha mechanism by exchanging image blocks." *Pattern Recognition. ICPR 2006. 18th International Conference*, pp. 1179-1183, 2006.
- [7] S. K. Reed. "Cognition: Theory and Applications." 7th ed, Thomson Higher Education, USA, 2007.
- [8] F. I. M. Craik and E. Tulving. "Depth of Processing and the Retention of Words in Episodic Memory." *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 104, No. 3, pp. 268-294, 1975.
- [9] L. V. Ahn. "reCAPTCHA: Human-Based Character Recognition via Web Security Measures." www.sciencemag.org. Science, Vol. 321, 12 September, 2008.
- [10] H. Gao, D. Yao, H. Liu, X. Liu, and L. Wang. "A novel imaged based captcha using jigsaw puzzle." *IEEE 2010 International Conference on Computational Science and Engineering*, pp. 351-356, December, 2010.
- [11] S. Vikram, Y. Fan, and G. Gu. "SEMAGE: A New Image-based Two-Factor CAPTCHA." *ACSAC'11*, Orlando, Florida, USA, Dec. 5-9. 2011.
- [12] M. S. Shahreza and S. S. Shahreza. "Question-Based CAPTCHA." *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications*, pp. 54-58, 2007.