

การปรับปรุงประสิทธิภาพแฟ้มพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับเครือข่ายทางสังคม

นายจิรภาต สิมะธัมมันธ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

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.

PERFORMANCE OPTIMIZATION OF THAI VIRTUAL KEYBOARD FOR SOCIAL
NETWORKING

Mr. Jirapat Simathamanand

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Software Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การปรับปรุงประสิทธิภาพเป็นพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับ
เครือข่ายทางสังคม

โดย

นายจิรภาต สิมะธัมมันธ์

สาขาวิชา

วิศวกรรมซอฟต์แวร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรวัฒน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลธิดา ใจจนวิบูลย์ชัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. นัทธี นิภาพันธ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. พงศ์วิทย์ ชีพพิมลชัย)

จิราภาต สิมะธัมมพันธ์ : การปรับปรุงประสิทธิภาพแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับ
 เครื่องข่ายทางสังคม. (PERFORMANCE OPTIMIZATION OF THAI VIRTUAL
 KEYBOARD FOR SOCIAL NETWORKING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.
 เกरिक ภิรมย์โสภา, 51 หน้า.

แป้นพิมพ์เสมือนเป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้ชนิดหนึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลประเภทตัวอักษร
 แป้นพิมพ์เสมือนนิยมใช้งานในอุปกรณ์ประเภทหน้าจอสัมผัสและอุปกรณ์พกพาขนาดเล็กที่ไม่มี
 แป้นพิมพ์จริงทางกายภาพ เครื่องข่ายทางสังคมเป็นการติดต่อสื่อสารที่กำลังได้รับความนิยมมาก
 ในปัจจุบัน การใช้งานแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยกับเครื่องข่ายทางสังคมอาจยังไม่มีประสิทธิภาพ
 เพียงพอเนื่องจากจำนวนตัวอักษรในภาษาไทยมีมาก การพิมพ์ข้อความยาวอาจใช้เวลาในการหา
 และพิมพ์นานไม่เหมือนภาษาอังกฤษ การออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่โดยการจัด
 ตำแหน่งตัวอักษรภาษาไทยใหม่จะช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพในการพิมพ์ งานวิจัยนี้
 นำเสนอวิธีการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ให้เหมาะสมกับการใช้เครื่องข่าย
 ทางสังคม โมเดลที่ใช้ในการคำนวณเวลาการพิมพ์คือกฎของฟิต (Fitts' law) ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม
 ถูกนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ แป้นพิมพ์เสมือนใหม่ถูกทดสอบและ
 ประเมินประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับโครงสร้างแบบเดิม ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าแป้นพิมพ์
 เสมือนใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบเดิมภายใต้เงื่อนไขการใช้งานกับเครื่องข่ายทางสังคม

ภาควิชา :วิศวกรรมคอมพิวเตอร์..... ลายมือชื่อนิสิต :

สาขาวิชา :วิศวกรรมซอฟต์แวร์..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก :

ปีการศึกษา : ..2554.....

5170251121 : MAJOR SOFTWARE ENGINEERING

KEYWORDS: THAI VIRTUAL KEYBOARD/ DESIGN KEYBOARD LAYOUT

JIRAPAT SIMATHAMANAND : PERFORMANCE OPTIMIZATION OF THAI VIRTUAL KEYBOARD FOR SOCIAL NETWORKING. ADVISOR : ASST.PROF. KRERK PIROMSOPA, Ph.D., 51 pp.

Virtual keyboard is a graphic user interface for inputting characters by tapping. All touch-screen devices and some mobile devices use a virtual keyboard. Nowadays, social network is becoming more popular. Using Thai virtual keyboard for social network is not efficient. It is difficult to find and type characters because there are many Thai characters in a keyboard layout. This research presents optimization method for designing a Thai virtual keyboard. Social network is our domain specific. Data from social network are used in design, test and evaluation. Fitts' law is used as a metric for estimating typing time. New Thai virtual keyboard layout is designed by applying genetic algorithm. Our layout is evaluated and compared with other layouts. The result shows that our layout yields better.

Department : ..Computer Engineering Student's signature :
 Field of study : Software Engineering Advisor's signature :
 Academic year : ...2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ แนะนำแนวทางการวิจัย ตรวจสอบให้คำแนะนำ และสนับสนุนเป็นอย่างดี จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จออกมาด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุศลิตา โรจนวิบูลย์ชัย อาจารย์ ดร. นัทที นิภาพันธ์ และ ดร. พงศ์วิรัช ชีพพิมลชัย กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลา ให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุด ผู้เสนอวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุก ๆ คน รวมทั้งครอบครัว ที่คอยติดตาม ให้กำลังใจและสนับสนุน รวมถึงท่านอื่น ๆ ที่มีได้กล่าวชื่อไว้ ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.6 เนื้อหาของงานวิจัย	4
1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.1.1 กฎของฟิต (Fitts' law) [2].....	5
2.1.2 ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [3].....	6
2.1.3 Roulette wheel selection [4].....	7
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.2.1 Performance Optimization of Virtual Keyboard [1].....	8
2.2.2 การวิเคราะห์และออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์หน้าจอ สัมผัสโดยใช้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม [5].....	9
การออกแบบ	11
3.1 การเก็บข้อมูล.....	11

3.2	ขั้นตอนการแก้ปัญหา.....	11
3.3	ดำเนินการขั้นตอนวิธีพันธุกรรม	12
บทที่ 4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	16
4.1	ผลของขั้นตอนวิธีพันธุกรรม.....	16
4.2	การประเมินผลการทดลอง	18
4.3	การเปรียบเทียบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือน	18
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย.....	22
5.1	ประโยชน์และผลจากงานวิจัย (Contribution).....	22
5.2	การวิเคราะห์	22
5.3	แนวทางวิจัยในอนาคต.....	23
5.4	สรุป.....	23
ภาคผนวก	.....	25
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....		51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบของเวลาที่ใช้พิมพ์กับโครงสร้างเป็นพิมพ์แต่ละแบบ.....	20
---	----

สารบัญภาพ

หน้า

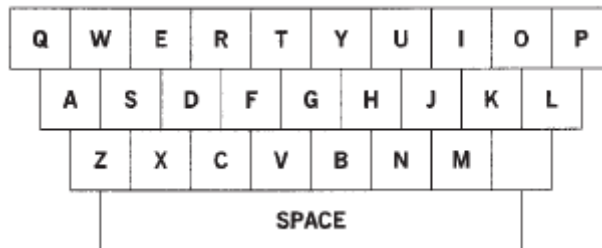
ภาพที่ 1	โครงสร้างแป้นพิมพ์ภาษาอังกฤษ QWERTY	1
ภาพที่ 2	โครงสร้างแป้นพิมพ์ภาษาไทย เกษมณี.....	1
ภาพที่ 3	ภาพแสดงตัวแปรในสมการกฎของฟิต [2]	5
ภาพที่ 4	แผนผังการทำงานของขั้นตอนวิธีพันธุกรรม	7
ภาพที่ 5	ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์การเลือกของประชากรแต่ละตัว [4]	8
ภาพที่ 6	ภาพจำลองบางส่วนของวิธี dynamic simulation [1].....	9
ภาพที่ 7	โครงสร้างผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยไครครรชิต [5].....	10
ภาพที่ 8	การกำหนดโครงสร้างของสายพันธุกรรม	12
ภาพที่ 9	การแปลงสายพันธุกรรมเป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์.....	13
ภาพที่ 10	สร้างประชากรใหม่โดยการ cross over.....	13
ภาพที่ 11	โครงสร้างแป้นพิมพ์แบบหนึ่งหน้า	15
ภาพที่ 12	โครงสร้างแป้นพิมพ์แบบสองหน้า	15
ภาพที่ 13	กราฟแสดงผลการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์หนึ่งหน้า	16
ภาพที่ 14	ผลลัพธ์ท้ายสุดของการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์หนึ่งหน้า	17
ภาพที่ 15	กราฟแสดงผลการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์สองหน้า.....	17
ภาพที่ 16	ผลลัพธ์สุดท้ายของการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์สองหน้า.....	18
ภาพที่ 17	โครงสร้างแป้นพิมพ์เกษมณี.....	18
ภาพที่ 18	โครงสร้างแป้นพิมพ์ปัตตโชติ	19
ภาพที่ 19	โครงสร้างแป้นพิมพ์จากงานวิจัยไครครรชิต [5].....	19
ภาพที่ 20	โครงสร้างแป้นพิมพ์สำหรับ Iphone	19
ภาพที่ 21	กราฟแท่งแสดงเวลาในการพิมพ์ของแต่ละแป้นพิมพ์.....	21

บทที่ 1

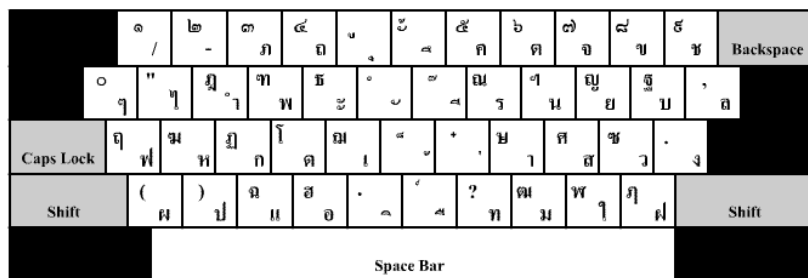
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แป้นพิมพ์เสมือน คือ ส่วนต่อประสานผู้ใช้ชนิดหนึ่ง แป้นพิมพ์เสมือนมีหน้าที่รับข้อมูลคำสั่งจากผู้ใช้ไปยังคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ต่างๆ แป้นพิมพ์เสมือนนิยมใช้งานในอุปกรณ์ประเภทหน้าจอสัมผัส เพราะอุปกรณ์ประเภทหน้าจอสัมผัสบางประเภทไม่มีแป้นพิมพ์จริงทางกายภาพให้ผู้ใช้พิมพ์ ข้อมูลที่รับผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือนเป็นข้อมูลประเภทอักขระ แต่ละภาษามีแป้นพิมพ์เสมือนที่แตกต่างกันออกไปตามภาษา ตัวอย่างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาอังกฤษที่นิยมใช้ ได้แก่ QWERTY[1], Square alphabetic[1] และ OPTI[1] เป็นต้น สำหรับภาษาไทย ได้แก่ เกษมณี และปัตตโชติ เกษมณีเป็นแป้นพิมพ์ภาษาไทยที่ใช้งานกับแป้นพิมพ์จริงในปัจจุบัน แป้นพิมพ์เสมือนในอุปกรณ์บางประเภทใช้เกษมณีแต่การใช้งานแป้นพิมพ์เกษมณีกับอุปกรณ์บางอย่างมีข้อจำกัด ยกตัวอย่างเช่น ขนาดของอุปกรณ์ อุปกรณ์พกพาส่วนใหญ่มีขนาดหน้าจอลดลง การนำรูปแบบเกษมณีมาใช้ อาจทำให้ใช้งานได้ยากขึ้นทั้งขนาดของปุ่มกดที่แสดงให้กดจำนวนปุ่มกดที่แสดงบนหน้าจอ เวลาในการพิมพ์ รวมถึงวิธีในการรับข้อมูล แต่เดิมแป้นพิมพ์เกษมณีออกแบบมาให้เหมาะสมกับการใช้กับแป้นพิมพ์จริง ผู้ใช้สามารถพิมพ์สัมผัสแบบสัมผัสนิ้วหรือพิมพ์โดยไม่ต้องมองแป้นพิมพ์ก็ได้ แป้นพิมพ์เกษมณีไม่ได้ออกแบบมาให้พิมพ์เร็วแต่ออกแบบมาให้พิมพ์ง่ายการกดเคาะแป้นพิมพ์แต่ละครั้งตัวอักขระที่กดไม่ชนกัน



ภาพที่ 1 โครงสร้างแป้นพิมพ์ภาษาอังกฤษ QWERTY



ภาพที่ 2 โครงสร้างแป้นพิมพ์ภาษาไทย เกษมณี

ปัญหาหลักของการวิจัย คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยให้เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับหน้าจอสัมผัส ประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนวัดได้จากการพิมพ์กดตัวอักขระบน

แป้นพิมพ์ซึ่งอาจเป็นจำนวนตัวอักษรที่พิมพ์ได้กับเวลาในการใช้งาน การแก้ปัญหาที่ได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ ขนาดของแป้นพิมพ์เสมือน การจัดตำแหน่งตัวอักษรบนแป้นพิมพ์เสมือน และการเปลี่ยนวิธีการรับข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือน สำหรับการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยมีความซับซ้อนมากกว่าแป้นพิมพ์เสมือนภาษาอังกฤษ ทั้งจำนวนตัวอักษร ประเภทของตัวอักษร วิธีการออกแบบที่ใช้กับแป้นพิมพ์ภาษาอังกฤษไม่สามารถนำมาใช้กับการออกแบบแป้นพิมพ์ภาษาไทยได้ ดังนั้นต้องมีกำหนดขั้นตอนวิธีการออกแบบแป้นพิมพ์ใหม่ในการแก้ปัญหานี้

งานวิจัยนี้สนใจวิธีการแก้ปัญหาของแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยด้วยการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ วิธีแก้ปัญหานี้เป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่โดยจะเน้นการจัดตำแหน่งตัวอักษรให้เหมาะสมกับการใช้งานแป้นพิมพ์เสมือนกับอุปกรณ์หน้าจอสัมผัส ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยเป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ จากโครงสร้างนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับแป้นพิมพ์เสมือนในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์หน้าจอสัมผัส อุปกรณ์พกพาขนาดเล็ก เป็นต้น เนื่องจากแต่ละอุปกรณ์มีขนาดหน้าจอหรือการรับข้อมูลที่ต่างกันโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนจากการวิจัยต้องปรับเปลี่ยนขนาดของแป้นพิมพ์และขนาดของปุ่มให้เหมาะสมกับแต่ละอุปกรณ์แต่ยังคงรักษาตำแหน่งอักษรและโครงสร้างแบบเดิมไว้

การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ต้องอาศัยข้อมูลคำตัวอย่างเพื่อใช้ในการออกแบบและทดสอบ เนื่องจากคำตัวอย่างมีมาก หลายประเภท และหลากหลายแหล่งข้อมูล การเก็บข้อมูลทำได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องมีการกำหนดขอบเขตแหล่งของข้อมูลคำตัวอย่างเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และทดสอบ งานวิจัยนี้เลือกแหล่งข้อมูลเป็นเครือข่ายทางสังคม (Social Network) เพราะแนวโน้มการใช้เครือข่ายทางสังคมมีทิศทางที่จะขยายตัวเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารเดี่ยวนี้นิยมใช้แป้นพิมพ์เสมือนเพิ่มมากขึ้น โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ที่ออกแบบมาสำหรับใช้งานกับอุปกรณ์หน้าจอสัมผัสและใช้ข้อมูลจากเครือข่ายทางสังคมในการออกแบบจะช่วยให้การใช้งานเครือข่ายทางสังคมสะดวกยิ่งขึ้นและเพิ่มความเร็วในการพิมพ์

เครือข่ายทางสังคม (Social Network) คือ การติดต่อสื่อสารรูปแบบหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน การใช้งานเครือข่ายทางสังคมมีหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น การส่งข้อความ การติดตามข้อมูลข่าวสารของเพื่อนและคนรู้จัก การแบ่งปัน ข้อความ รูปภาพ และวีดีโอ เป็นต้น อุปกรณ์ต่างๆ ทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพาขนาดเล็กพยายามพัฒนาให้รองรับการใช้งานเครือข่ายทางสังคม สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปการพิมพ์ข้อความหรือคำสั่งสามารถรับคำสั่งจากแป้นพิมพ์จริง แต่สำหรับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่พกพาการพิมพ์ข้อความหรือคำสั่งทำได้โดยอาศัยแป้นพิมพ์เสมือน ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ต้องใช้แป้นพิมพ์เสมือน เช่น Tablet โทรศัพท์มือถือที่ไม่มีแป้นพิมพ์จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อปรับปรุงการใช้งานแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยในอุปกรณ์หน้าจอสัมผัสให้เหมาะกับการใช้เครื่องข่ายทางสังคม นำเสนอวิธีการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ ลดเวลาในการใส่ข้อมูลอักขระเมื่อใช้งานกับเครื่องข่ายทางสังคม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

แป้นพิมพ์เสมือนที่ออกแบบเป็นแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทย ที่ประกอบด้วยพยัญชนะ สระวรรณยุกต์ภาษาไทย ตัวเลขอารบิกศูนย์ถึงเก้า และเครื่องหมายวรรคตอน ข้อมูลที่นำมาใช้ในการออกแบบและทดสอบถูกเก็บรวบรวมมาจากเว็บไซต์เครื่องข่ายทางสังคม Facebook, Twitter และ Hi5 ขนาดของข้อมูลที่เกิดขึ้นมีขนาดอย่างน้อย 30,000 คำ

การวัดประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนใช้กฎของฟิต (Fitts' law) ในการคำนวณเวลา วิธีรับข้อมูลทางแป้นพิมพ์เสมือนใช้การกดหรือเคาะที่ละปุ่มตัวอักขระเท่านั้นไม่ใช้การลากนิ้วมือบนจอแป้นพิมพ์เสมือนหรือกดที่ละหลายปุ่ม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่สำหรับอุปกรณ์หน้าจอสัมผัสที่เหมาะสมกับการใช้งานเว็บไซต์เครื่องข่ายทางสังคม
- 2) โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่สามารถพัฒนาต่อไปให้ใช้ได้กับอุปกรณ์ต่างๆ โดยปรับเปลี่ยนขนาดแป้นพิมพ์ และขนาดของปุ่มให้เหมาะสมกับแต่ละอุปกรณ์
- 3) ได้แนวความคิดการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือน สามารถนำวิธีการออกแบบมาปรับเปลี่ยนหรือใช้งานให้เหมาะสมกับการใช้งานด้านอื่นๆ

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือน ทั้งวิธีการการออกแบบเทคนิคที่ใช้จัดตำแหน่งอักขระบนแป้นพิมพ์เสมือนและการวัดประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือน
- 2) กำหนดขั้นตอนวิธีการที่ใช้ออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยให้เหมาะสมกับงานวิจัย
- 3) เก็บข้อมูลคำตัวอย่างจากเว็บไซต์เครื่องข่ายทางสังคมมาเป็นข้อมูลในการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือน

- 4) ทำการทดลองเขียนคำสั่งเพื่อประมวลผล แก้ปัญหาการจัดตำแหน่งตัวอักษร โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือน
- 5) วิเคราะห์ผลการทดลอง เปรียบเทียบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนจากการทดลองกับโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนอื่นๆ ที่ได้งานอยู่ในปัจจุบัน
- 6) สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.6 เนื้อหาของงานวิจัย

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 5 บท ซึ่งนอกจากบทที่ 1 ซึ่งเป็นบทนำ บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย บทที่ 3 การออกแบบตำแหน่งอักขระภาษาไทยบนแป้นพิมพ์เสมือน บทที่ 4 เป็นผลการทดลอง การเปรียบเทียบระหว่างแบบตำแหน่งอักขระภาษาไทยที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันกับแบบตำแหน่งอักขระที่ออกแบบจากงานวิจัยนี้ และบทที่ 5 เป็นบทสรุปซึ่งเป็นการสรุปผลที่ได้จากงานวิจัย

1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

งานวิทยานิพนธ์นี้ได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการในหัวข้อเรื่อง “Performance Optimization Of Thai Virtual Keyboard for Social Networking” โดยนายจิรภาต สิมะธัมมันธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ภิรมย์โสภา, ในงานประชุมวิชาการ “2011 Eighth International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE 2011)” ประเทศไทย วันที่ 11-13 พฤษภาคม พ.ศ.2554

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

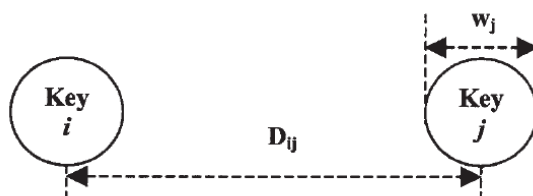
การปรับปรุงประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนทำได้โดยการวัดประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนของเดิม แล้วทำการพัฒนาแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม วิธีการพัฒนาแป้นพิมพ์เสมือน ได้แก่ การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนใหม่โดยการจัดตำแหน่งอักขระ ขนาด ของแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ การเปลี่ยนวิธีการรับข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือน งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนด้วยการจัดตำแหน่ง รูปแบบ ของอักขระบนแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ ประสิทธิภาพแป้นพิมพ์เสมือนวัดจากเวลาในการใช้แป้นพิมพ์เสมือน โมเดลที่ใช้คำนวณเวลาในการป้อนข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือน คือ กฎของฟิต (Fitts' law)

2.1.1 กฎของฟิต (Fitts' law) [2]

กฎของฟิตเป็นโมเดลของการเคลื่อนที่ของมนุษย์ใน human-computer interaction ที่ใช้คาดการณ์เวลาการเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมาย Fitts' law เป็นฟังก์ชันของระยะทางและขนาดของเป้าหมาย โมเดลนี้ถูกนำมาใช้สำหรับการชี้วัตถุและการสัมผัสวัตถุที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์ ทั้งการชี้โดยนิ้วมือ และอุปกรณ์ตัวชี้ Fitts' law ถูกนำเสนอโดย Paul Fitts ในปี ค.ศ.1954 กฎของฟิตถูกนำมาใช้ในการคำนวณเวลา เวลาในการป้อนข้อมูลคำนวณได้จากระยะทางระหว่างปุ่มเริ่มต้นไปปุ่มปลายทาง และขนาดของปุ่มปลายทางตามสมการ

$$MT = a + b \log_2 \left[\frac{D_{ij}}{w_j} + 1 \right]$$

โดยที่ MT คือเวลา, ค่า a, b คือค่าสัมประสิทธิ์, ค่า D_{ij} คือ ระยะทางระหว่างปุ่ม i ไปยังปุ่ม j และ w_j คือขนาดความกว้างของปุ่ม j ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 3 ภาพแสดงตัวแปรในสมการกฎของฟิต [2]

จากสมการของฟิต เราสามารถประมาณเวลาในการเคลื่อนที่จากจากปุ่มหนึ่งปุ่มบนแป้นพิมพ์เสมือนไปยังปุ่มอื่นได้ แต่การคำนวณเวลาสำหรับค่าหรือประโยคยาวๆ ต้องมีการปรับเปลี่ยนสมการของฟิตใหม่เป็น

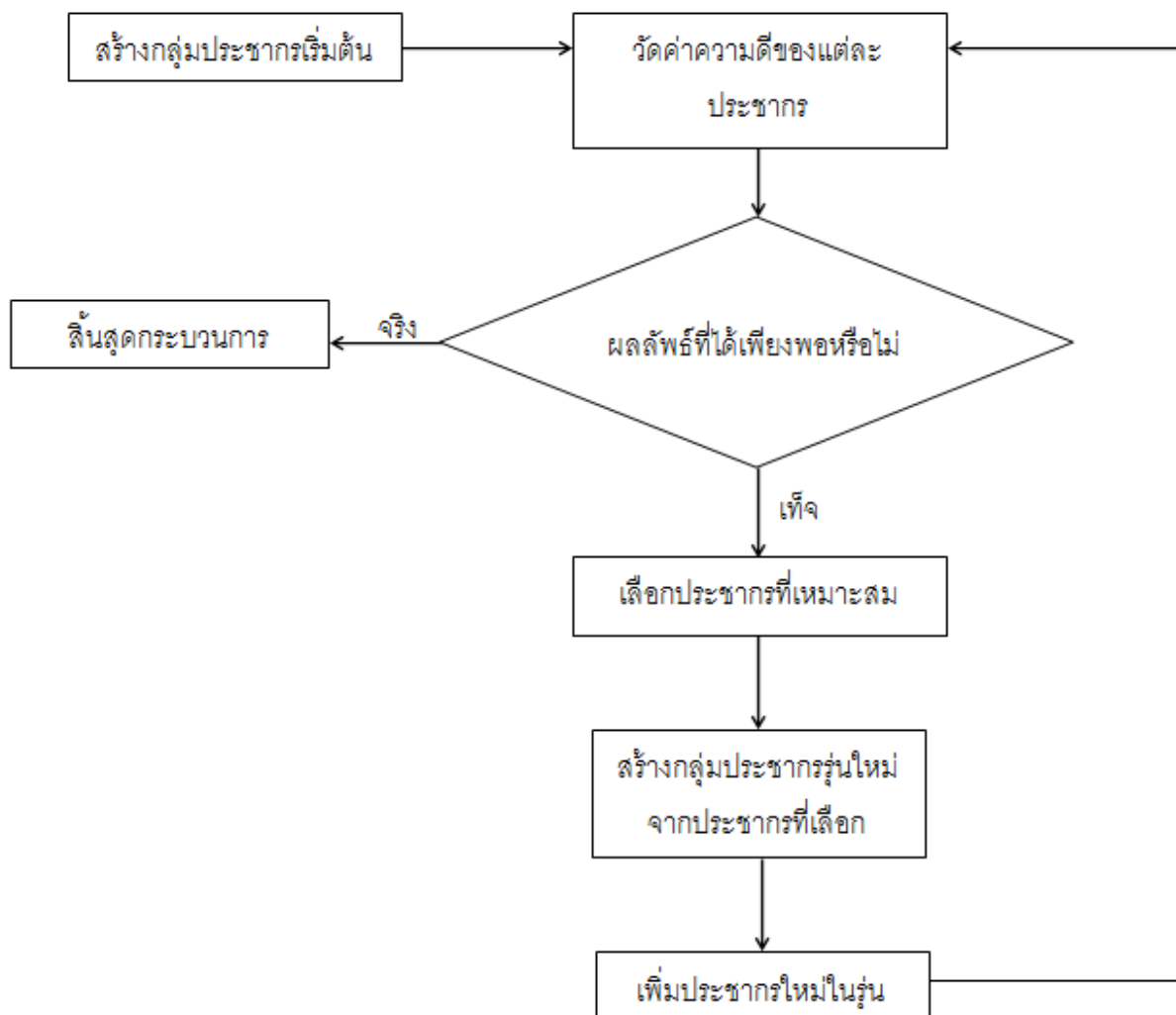
$$t = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P_{ij}}{IP} \left[\text{Log}_2 \left(\frac{D_{ij}}{W_j} + 1 \right) \right]$$

โดยที่ t คือเวลา P_{ij} คือ ความถี่ของคู่อักขระ i และ j IP คือ index of performance เป็นค่าคงที่

2.1.2 ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [3]

ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม เป็นวิธีหาคำตอบวิธีการหนึ่งที่ขั้นตอนจะค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหา นั้นๆ ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมอาศัยหลักการทางธรรมชาติ ประชากรที่มีคุณลักษณะดีจะอยู่รอดในรุ่น ประชากรถัดไป ส่วนประชากรที่มีคุณลักษณะไม่ดีจะตายไปไม่สามารถอยู่รอดได้ ขั้นตอนหลักในการหา คำตอบของปัญหาด้วยขั้นตอนวิธีพันธุกรรมประกอบด้วย การสร้างประชากรเริ่มต้นเพื่อเป็นประชากรรุ่น แรกสำหรับสร้างประชากรในรุ่นถัดไป การคัดเลือกประชากรที่เหมาะสม การเลือกประชากรที่เหมาะสมมี หลายวิธีให้ใช้ตามแต่ลักษณะของปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ การสร้างประชากรในรุ่นถัดไปจากประชากร ที่เลือก

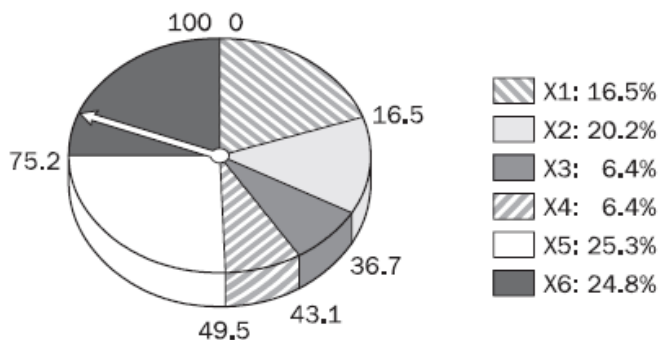
วิธีสร้างประชากรในรุ่นถัดไปมี 3 วิธี ได้แก่ การผสมพันธุ์หรือไขว้เปลี่ยน (Crossover) การสืบพันธุ์ (Reproduction) และการกลายพันธุ์ (Mutation) การผสมพันธุ์เกิดจากการเลือกประชากรที่เหมาะสมมา สองตัวแล้วทำการผสมพันธุ์กันได้ประชากรตัวใหม่ที่มีคุณลักษณะเหมือนทั้งสองของตัวเดิมในรุ่นก่อน การ สืบพันธุ์เกิดจากการคงสภาพคุณลักษณะเดิมของประชากรรุ่นถัดไปเหมือนประชากรรุ่นก่อน การ กลายพันธุ์เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากความผิดปกติทางธรรมชาติที่มีโอกาสเกิดน้อย ประชากรที่ กลายพันธุ์จะมีคุณลักษณะใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากเดิมไม่เหมือนในรุ่นก่อน



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของขั้นตอนวิธีพันธุกรรม

2.1.3 Roulette wheel selection [4]

Roulette wheel selection เป็นวิธีการคัดเลือกประชากรที่ใช้ในขั้นตอนวิธีพันธุกรรม วิธีการคัดเลือกนี้ใช้ค่าความน่าจะเป็นจากค่าความดีของแต่ละประชากร ประชากรที่มีค่าความดีสูงจะมีโอกาสถูกเลือกมากกว่าประชากรที่มีค่าความดีน้อย ประชากรแต่ละตัวหรือทุกโครโมโซมทุกวัดค่าความดี แล้วอัตราส่วนของค่าความดีนั้นเทียบกับผลรวมของค่าความดีของประชากรทั้งหมดในรุ่น เป็นอัตราส่วนความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกหรือพื้นที่ในวงล้อ ยกตัวอย่างเช่น มีประชากร 6 ตัว $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$ ที่มีค่าความดี 36, 44, 14, 14, 56, 54 ตามลำดับ อัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ที่ถูกเลือกของ x_1 คำนวณจาก ค่าความดี 36 / $(36+44+14+14+56+54) * 100$ ได้เท่ากับ 16.5% สำหรับประชากรอื่นใช้การคำนวณแบบเดียวกัน ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์การเลือกของประชากรแต่ละตัว [4]

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

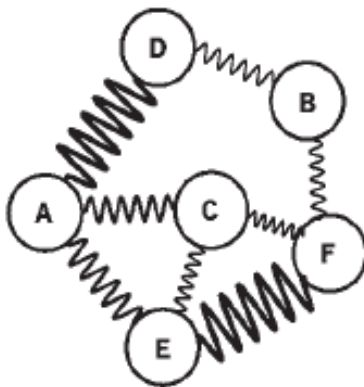
2.2.1 Performance Optimization of Virtual Keyboard [1]

งานวิจัยนี้นำเสนอการวัดประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์ภาษาอังกฤษและนำเสนอวิธีการปรับปรุงแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ด้วยการจัดตำแหน่งตัวอักษรบนแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ รูปแบบแป้นพิมพ์ภาษาอังกฤษ ได้แก่ QWERTY, 5*6 Alphabetic และ FITALY ประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์เสมือนวัดได้จากเวลาในการใส่ข้อมูลผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือน โมเดลที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณเวลา คือ Fitts' law จากสมการของ Fitts' law ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเวลาในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด รูปแบบของแป้นพิมพ์เสมือนต่างๆ ถูกวัดผลเป็นความเร็วหน่วยเป็นคำต่อนาที คำต่อนาทีที่หมายถึงจำนวนคำเฉลี่ยที่ผู้ใช้พิมพ์ผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือนได้ภายในเวลาหนึ่งนาที ตัวอย่างความเร็วที่คำนวณได้ QWERTY ได้ความเร็ว 28 คำต่อนาที, FITALY ได้ความเร็ว 36 คำต่อนาที และ OPTI ได้ความเร็ว 38 คำต่อนาที

จากการวัดประสิทธิภาพทำให้เห็นว่าเวลาที่คำนวณได้ คือเวลาในการเคลื่อนที่ในการพิมพ์ผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือนด้วยกฎของฟิต เวลาในการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับระยะทางความห่างระหว่างระหว่างตัวอักษรหรือปุ่มบนแป้นพิมพ์เสมือน ขนาดของปุ่ม และความถี่ของคู่อักษร ความถี่ของคู่อักษรคือ จำนวนที่พิมพ์ตัวอักษรคู่นี้ด้วยกัน เช่น the ประกอบด้วยคู่อักษร t-h และ h-e เป็นต้น ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพแป้นพิมพ์เสมือน จะเป็นการออกแบบตำแหน่งโครงสร้างของแป้นพิมพ์เสมือนใหม่เพื่อลดระยะทางในการพิมพ์ และปรับโครงสร้างให้เหมาะสมกับความถี่ในการใช้งาน ตัวคู่อักษรใดที่มีความถี่สูงควรอยู่ตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันเพื่อลดระยะทางในการเคลื่อนที่ ระยะทางในการเคลื่อนที่มีผลต่อเวลาในการพิมพ์

งานวิจัยนี้เสนอวิธีการแก้ปัญหาการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาอังกฤษ 2 วิธี คือ dynamic simulation method และ Fitts' digraph energy วิธี Dynamic simulation method เป็นการจำลองโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนจาก digraph และอาศัยข้อมูลความถี่ของคู่อักษรในการกำหนดตำแหน่งของตัวอักษร คู่ความถี่สูงควรกำหนดตำแหน่งให้ระยะทางใกล้กันมากกว่าคู่ความถี่ต่ำเพื่อลดระยะทางและเวลาในการพิมพ์ วิธี Dynamic simulation method ใช้การสุ่มเลื่อนตำแหน่งของตัวอักษรและกำหนดช่องว่าง

ระหว่างแต่ละตัวอักขระให้เหมาะสมเพื่อให้ได้โครงสร้างเป็นพิมพ์ เมื่อมองการออกแบบในรูป digraph จะเห็นว่าแต่ละ node แทนตัวอักขระบนเป็นพิมพ์ เส้นเชื่อมระหว่างแต่ละ node แทนด้วยสปริง โดยที่แต่ละสปริงมีขนาดแตกต่างกันไปตามค่าความถี่ของคู่อักขระเปรียบเหมือนน้ำหนักของเส้นเชื่อม ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 6 ภาพจำลองบางส่วนของวิธี dynamic simulation [1]

เมื่อสร้างสปริงจนครบแล้วขั้นตอนถัดมาเป็นการลดระยะห่างระหว่างสปริงให้แต่ละ node อยู่ชิดกันมากที่สุดเพื่อเป็นการลดระยะทาง node ที่สปริงแข็งแรงกว่าจะได้อยู่ชิดกันมากกว่า node ที่แรงสปริงน้อยกว่า จากนั้นทำการวัดผลโดยใช้ Fitts' law ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่พอใจให้ทำการวนซ้ำกระบวนการโดยขยายโมเดลออกมาเป็นสปริงแล้วทำการปรับเปลี่ยนขนาดของสปริงเพิ่มเติมเข้าไปใหม่

วิธี Fitts-digraph energy และ Metropolis method เป็นวิธีการที่นำความคิดเรื่องของการลดพลังงานมาปรับใช้กับการออกแบบเป็นพิมพ์เสมือน เป้าหมายคือค้นหาสถานะพลังงานต่ำสุด วิธีนี้เปรียบระยะทางในการพิมพ์ของเป็นพิมพ์เสมือนเป็นพลังงาน ถ้าระยะทางมีค่ามากก็เหมือนมีพลังงานมาก การค้นหาคำตอบใช้วิธีการสุ่มปรับเปลี่ยนโครงสร้างหรือสถานะใหม่ที่มีพลังงานลดลงจากเดิม สถานะใหม่ที่สร้างจะเป็นสถานะที่มีพลังงานลดลงกว่าเดิมเท่านั้น ไม่สนใจสถานะใหม่ที่มีพลังงานมากกว่าเดิม ขั้นตอนจะวนซ้ำค้นหาสร้างสถานะใหม่จนกว่าจะเจอคำตอบที่พอใจ

2.2.2 การวิเคราะห์และออกแบบเป็นพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์หน้าจอสัมผัสโดยใช้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม [5]

งานวิจัยเสนอวิธีการออกแบบเป็นพิมพ์เสมือนภาษาไทยด้วยการจัดตำแหน่งอักขระบนเป็นพิมพ์เสมือนใหม่ วิธีการที่ใช้คือขั้นตอนวิธีพันธุกรรม ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมเริ่มต้นสร้างประชากรรุ่นแรกโดยการสุ่ม ประชากรแต่ละตัวแทนโครงสร้างเป็นพิมพ์เสมือนหนึ่งแบบ ตัววัดค่าความดี (Fitness function) ใช้กฎของฟิตในการคำนวณเวลาในการพิมพ์ข้อมูลผ่านทางเป็นพิมพ์เสมือน เวลาในการพิมพ์คำนวณจากค่าตัวอย่างจากการสุ่มเอกสารบนเว็บไซต์ที่เผยแพร่ทั่วไปจำนวน 200,000 อักขระ ประชากรทุกตัวในรุ่นถูกวัดค่าความดี การคัดเลือกประชากรมาสร้างประชากรรุ่นถัดไปเลือกจากประชากรที่ให้ค่าความดีสูงหรือเลือกเฉพาะชั้นยอด นั่นคือประชากรที่ใช้เวลาน้อยในการพิมพ์ค่าตัวอย่างจะถูกเลือกมาเพื่อสร้างประชากรในรุ่น

ถัดไป ตัวดำเนินการที่ใช้ในการสร้างประชากรสำหรับขั้นตอนวิธีพันธุกรรมประกอบด้วยการกลายพันธุ์ 90% และการสืบพันธุ์ 10% ก่อนสร้างประชากรรุ่นถัดไปประชากรรุ่นเดิมจะถูกเข้ารหัสเป็นสายรหัสพันธุกรรมหรือโครโมโซม การเข้ารหัสคือการสร้างสายพันธุกรรมจากโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนโดยนำตัวอักขระทั้งหมดบนแป้นพิมพ์เสมือนมาเรียงต่อกันเป็นสายอักขระ การกลายพันธุ์ทำได้โดยการเลือกประชากรที่มีค่าความดีสูง นำสายพันธุกรรมของประชากรที่เลือกมาสุ่มตำแหน่งบนสายพันธุกรรม สลับตำแหน่งตัวอักขระบนสายพันธุกรรม การสืบพันธุ์เป็นคงสภาพประชากรรุ่นใหม่ที่มีคุณสมบัติเหมือนรุ่นเดิมไว้ ประชากรในแต่ละรุ่นมีจำนวน 10,000 ตัว จำนวนรุ่นในการทำวิวัฒนาการ 500 รุ่น

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัย คือ โครงสร้างของแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ แป้นพิมพ์เสมือนใหม่ถูกนำไปเปรียบเทียบกับแป้นพิมพ์แบบเกษมณีและปัตตโชติ ผลการทดสอบเปรียบเทียบ คือ แป้นพิมพ์เสมือนใหม่ใช้เวลาในการพิมพ์น้อยกว่าทั้งแบบเกษมณีและปัตตโชติ

า	ฉ	ร	ั	๓	ก	ฃ	เ	๔	็	ม
?	ว	็	ท	ค	ห	ล	ค	๑	บ	ป
ะ	ส	ิ	จ	ไ	แ	พ	ข	็	ใ	็
็	อ	ุ	ำ	ฮ	ผ	็	ถ	โ	ศ	ณ
ญ	ธ	ช	ษ	ๆ	ภ	ฐ	ฤ	๕	น	ฝ
๐	๒	๑	ภ	)	ฎ	๑	ุ	ย	ฒ	ฎ
็	็		ฟ	-	็	็	๖	,	ง	พ
ค	๘	“	๗	.	/	ณ	ช	ข	ค	๓
			(	B	'	ุ	๕			

ภาพที่ 7 โครงสร้างผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยไกรครรชิต [5]

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 การเก็บข้อมูล

การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนต้องใช้ข้อมูลคำภาษาไทยเพื่อการออกแบบและทดสอบแป้นพิมพ์ภาษาไทย คำภาษาไทยที่เก็บมาจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม ได้แก่ Facebook, Twitter และ Hi5 โดยคำภาษาไทยที่เก็บเป็นข้อความที่ผู้ใช้งานเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคมส่งให้กัน ข้อความแสดงสถานะความคิดเห็น ข่าวสาร งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตไว้ว่าจะใช้คำภาษาไทยการออกแบบอย่างน้อย 30,000 คำ ข้อมูลตัวอย่างที่เก็บทั้งคำและประโยคถูกนำไปแปรรูปเป็นความถี่คู่อักขระเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลในการพิมพ์ผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือน ตัวอย่างการหาความถี่คู่อักขระ เช่น คำว่า แป้นพิมพ์ ประกอบด้วยคู่อักขระ แป, ป-ั, ั-น, น-พ, พ-ิ, ิ-ม, ม-พ และ พ-์ ทุกคู่อักขระมีความถี่จำนวนหนึ่งครั้ง

วิธีการเก็บคำภาษาไทยจากเว็บไซต์โดยการเขียนโค้ดคำสั่ง เริ่มต้นจากการกำหนดหน้าเริ่มต้นเป็นหน้าเว็บหนึ่งหน้า อ่านข้อความบนหน้าเว็บทั้งหมด แบ่งส่วนเนื้อหาที่เป็นลิงค์เชื่อมต่อหรือ url และเนื้อหาที่ไม่ใช่ลิงค์ ส่วนที่เป็นลิงค์เชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บหน้าอื่นถูกเพื่อไว้เพื่อใช้ในการค้นหาต่อไป ทำการตรวจสอบเนื้อหาส่วนอื่นโดยดูจากแท็กที่ครอบข้อความว่าเป็นแท็กข้อความหรือความคิดเห็นหรือไม่ ถ้าใช่ให้ทำการเก็บแท็กข้อความนั้นทั้งแท็ก นำแท็กที่ได้ทั้งหมดมาทำการตัดแท็กออกให้เหลือแต่ข้อความ เมื่อได้ข้อความทั้งหมดให้ทำการตรวจสอบข้อความว่าถ้าใช่ให้นำไปสุ่มขั้นตอนถัดไป ขั้นตอนถัดไป คือ การหาค่าความถี่ข้อความยาวๆ ถูกแบ่งเป็นคู่อักขระ เก็บค่าความถี่ของแต่ละคู่อักขระคู่อักขระเดียวกันให้รวมค่าที่ซ้ำเป็นจำนวนความถี่ของคู่อักขระนั้นๆ วนซ้ำของขั้นตอนการเริ่มต้นเป็นหน้าเว็บอื่นหรือ url ที่เก็บจากหน้าเว็บเดิม หยุดขั้นตอนทั้งหมดเมื่อได้ข้อความคำภาษาไทยตัวอย่างที่เพียงพอ วิธีการนี้อาจใช้ได้กับบางเว็บไซต์เท่านั้นไม่สามารถใช้ได้กับทุกเว็บไซต์ เว็บไซต์ที่ใช้วิธีการนี้ไม่ได้อาจต้องเก็บข้อมูลคำตัวอย่างด้วยการ copy โดยตรงหรือเก็บด้วยมือ เนื่องจากตัวอักขระภาษาไทยมีมากคู่ความถี่ที่ได้จึงมีจำนวนมากข้อมูลคู่ความถี่อักขระที่ได้จากการเก็บข้อมูลขอเสนอในส่วภาคผนวกท้ายเล่ม

3.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

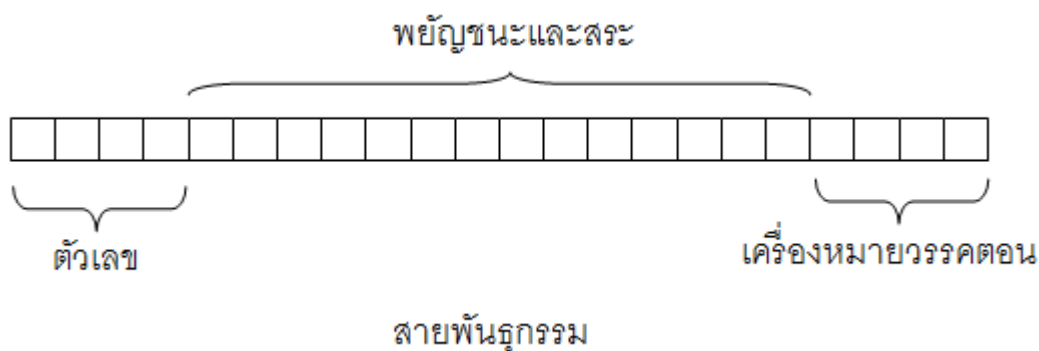
การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยมีความซับซ้อนมากเมื่อเทียบกับการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาอังกฤษ เพราะภาษาไทยมีพยัญชนะ 44 ตัว สระ 21 ตัว วรรณยุกต์ 5 ตัว ตัวเลข 10 ตัว และเครื่องหมายวรรคตอน 11 ตัว ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากการจัดมีได้หลายรูปแบบอีกทั้งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการออกแบบปริมาณมาก เวลาในการหาคำตอบและประมวลผลอาจต้องใช้เวลานานมากสำหรับการหาคำตอบว่าโครงสร้างแป้นพิมพ์แบบใดดีที่สุด ดังนั้นการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยสำหรับงานวิจัยนี้ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหา การออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยเป็น

ปัญหา NP-complete [6] NP-complete เป็นปัญหาการตัดสินใจซึ่งอยู่ในเซตของ NP-problem (Nondeterministic Polynomial) และอยู่ในเซตของปัญหา NP-hard NP problem คือปัญหาที่ผลลัพธ์ของปัญหาไม่สามารถตรวจสอบ แก้ไขได้ในเวลา polynomial ปัญหา NP-hard คือปัญหาที่ ปัญหา NP ใดๆ ลดรูปไปเป็นปัญหานี้ในเวลา polynomial มีเทคนิควิธีการแก้ปัญหา NP-complete หลายวิธีเช่น approximation, randomization, heuristic, parameterization และ restriction

วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกใช้ คือ ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม เพราะขั้นตอนวิธีพันธุกรรมเป็นการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimized solution) ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมเป็นการหาคำตอบแบบ heuristics ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมไม่ยุ่งยากใช้เวลาในการประมวลผลน้อย ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมสามารถปรับแต่งเทคนิคต่างๆ ไปใช้เพื่อปรับปรุงผลลัพธ์ให้ดียิ่งขึ้นได้ เช่น การคัดเลือกประชากร การสร้างประชากรรุ่นใหม่ เป็นต้น

3.3 ดำเนินการขั้นตอนวิธีพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมเริ่มต้นจากประชากรรุ่นแรก ประชากรรุ่นถัดๆ ไปถูกสร้างขึ้นมาจากประชากรรุ่นแรก ในการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยต้องมีการกำหนดรูปแบบของประชากรและขนาดของประชากรในแต่ละรุ่น ประชากรหนึ่งตัว คือ โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนหนึ่งแบบ โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนถูกแปลงเป็นสายรหัสพันธุกรรม(ยีนหรือโครโมโซม) เพื่อนำไปใช้ในการสร้างประชากรรุ่นถัดไป วิธีแปลงโครงสร้างแป้นพิมพ์ให้เป็นสายพันธุกรรมทำได้โดยนำตัวอักขระทั้งหมดบนแป้นพิมพ์มาจัดเรียงเป็นสายอักขระยาวหนึ่งสาย ในสายอักขระจัดเรียงอักขระตามประเภทของตัวอักขระเป็นตัวเลข พยัญชนะสระ และเครื่องหมายวรรคตอนตามลำดับ

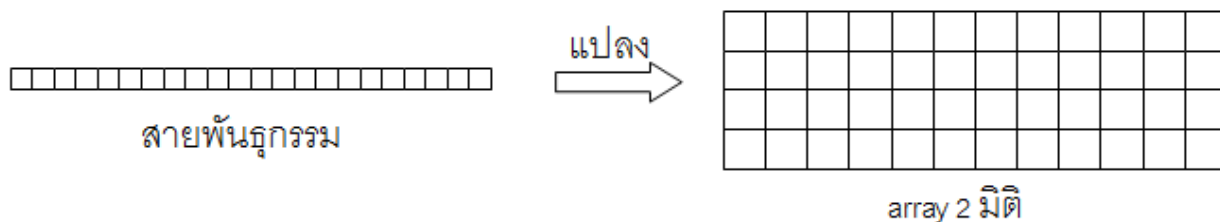


ภาพที่ 8 การกำหนดโครงสร้างของสายพันธุกรรม

ในหนึ่งรุ่นของประชากรมีประชากรทั้งหมด 1,000 ตัว ประชากรทุกตัวถูกวัดค่าความดี(Fitness value) ด้วยกฎของฟิตกับค่าตัวอย่าง การวัดค่าความดีจะใช้สมการ

$$t = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P_{ij}}{IP} \left[\text{Log}_2 \left(\frac{D_{ij}}{W_j} + 1 \right) \right]$$

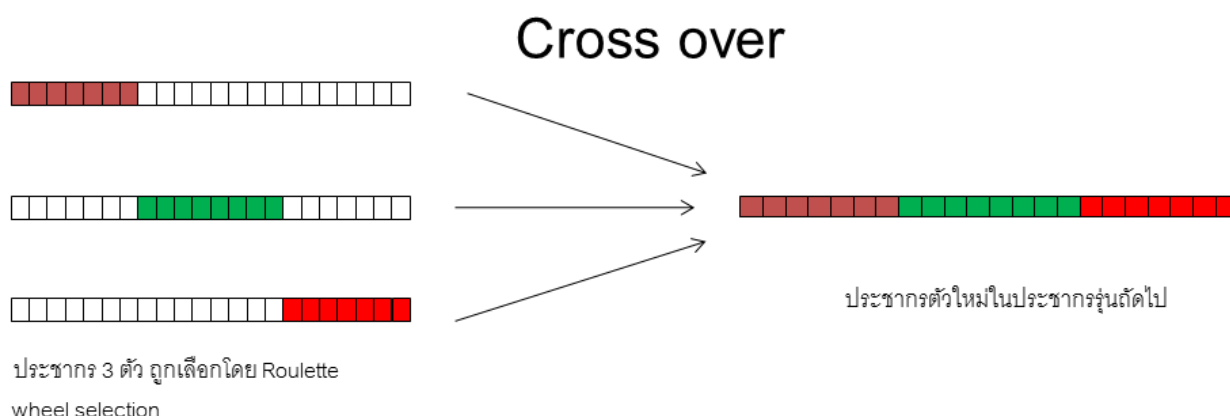
ระยะทางระหว่างปุ่ม i กับ j (D_{ij}) คำนวณได้จากการสร้าง array 2 มิติ โดยที่ array 2 มิตินี้มีตำแหน่งของอักขระตามโครงสร้างของแป้นพิมพ์ ระยะทางเป็นระยะทางเฉลี่ยระหว่างปุ่มของแต่ละตัวอักขระ ค่าที่ใช้คำนวณคือ ดัชนีแถวและหลักใน array ขนาดของปุ่ม (W) ที่ใช้ในการคำนวณกำหนดเป็นค่าคงที่เท่ากันทุกปุ่ม เวลา (t) ที่คำนวณได้จากสมการด้านบนไม่สามารถระบุหน่วยเวลาออกมาเป็นวินาทีหรือนาทีได้เนื่องจากการคำนวณระยะทางใช้ตัววัดที่ไม่ใช่ระยะทางจริงบนหน้าจอหน่วยพิกเซล ระยะทางที่เราใช้เป็นระยะทางที่เราคำนวณมาจากตัววัดซึ่งเรากำหนดเป็น array



ภาพที่ 9 การแปลงสายพันธุกรรมเป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์

วิธีเลือกประชากรที่มีความเหมาะสมมาสร้างประชากรรุ่นถัดไปใช้วิธี Roulette wheel selection วิธี Roulette wheel selection แตกต่างจากวิธีการเลือกทั่วไปโดยที่วิธีนี้มีการคำนวณความน่าจะเป็นของประชากรทุกตัวในรุ่น จากนั้นทำการสุ่มเลือกประชากรจากความน่าจะเป็นนี้ เมื่อได้ประชากรที่เหมาะสมแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างประชากรรุ่นใหม่ ประชากรรุ่นใหม่ที่มีขนาด 1,000 ตัว เท่ากันกับประชากรในรุ่นก่อน ตัวดำเนินการที่ใช้ในการสร้างประชากร คือ การผสมพันธุหรือการไขว้เปลี่ยน และการสืบพันธุ์ อัตราส่วนตัวดำเนินการที่ใช้เป็นอย่างละครึ่งของจำนวนประชากร

การผสมพันธุหรือไขว้เปลี่ยนเป็นการสร้างประชากรใหม่จากประชากรเดิมที่ถูกเลือก 3 ตัว การกำหนดประเภทของตัวอักขระช่วยให้การไขว้เปลี่ยนระหว่างสายพันธุกรรมไม่เกิดอักขระซ้ำ การไขว้เปลี่ยนเป็นการดึงคุณลักษณะดีของประชากรหลายตัวมารวมเป็นประชากรตัวใหม่ในรุ่นถัดไป



ภาพที่ 10 สร้างประชากรใหม่โดยการ cross over

ส่วนการสืบพันธุ์เป็นการดำรงคงสภาพลักษณะของประชากรในรุ่นเดิมเอาไว้ในประชากรรุ่นถัดไป ประชากรจากการสืบพันธุ์จะมีสายพันธุกรรมที่เหมือนกับประชากรในรุ่นเดิม การกลายพันธุ์ไม่ถูกนำมาใช้ในการสร้างประชากร เพราะเมื่อทำการกลายพันธุ์แล้วผลจากการกลายพันธุ์ที่ได้ถ้านำมาทำการไขว้เปลี่ยน จะเกิดปัญหาตัวอักษรซ้ำกันในสายพันธุกรรมได้ ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมเป็นขั้นตอนการหาคำตอบแบบวนซ้ำ เมื่อเริ่มต้นดำเนินการขั้นตอนวิธีพันธุกรรมการประมวลผลหาคำตอบปัญหาจะสิ้นสุดลงเมื่อพบคำตอบที่เหมาะสม ดังนั้นสำหรับปัญหาการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนการกำหนดจุดสิ้นสุด คือ เมื่อเวลาเฉลี่ยของประชากรแต่ละรุ่นที่เกิดขึ้นใหม่มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก แต่ละรุ่นของประชากรต้องเก็บค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ค่าตัวอย่างเพื่อเป็นข้อมูลกำหนดจุดสิ้นสุดขั้นตอนวิธีพันธุกรรม ผลลัพธ์แป้นพิมพ์เสมือนที่เหมาะสมที่สุดเป็นประชากรในรุ่นสุดท้ายของขั้นตอนวิธีพันธุกรรมที่ใช้เวลาในการพิมพ์ค่าตัวอย่างน้อยที่สุด

การออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่มี 2 รูปแบบด้วยกัน คือ โครงสร้างหนึ่งหน้า และโครงสร้างสองหน้า โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนหนึ่งหน้าหมายถึง โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนที่มีตัวอักษรทุกตัวแสดงบนแป้นพิมพ์เดียวกัน ในโครงสร้างแบบหนึ่งหน้านี้ออกแบบให้แบ่งตามประเภทของตัวอักษร ตัวเลขอยู่ด้านบน ถัดลงมาเป็นพยัญชนะและสระ และในส่วนล่างสุดทำเป็นเครื่องหมายวรรคตอน การแบ่งส่วนของโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนตามประเภทของตัวอักษรช่วยให้ค้นหาตัวอักษรที่ต้องการได้เร็วขึ้น และโครงสร้างแป้นพิมพ์ส่วนใหญ่มีการออกแบบให้ตัวอักษรประเภทตัวเลขอยู่บนสุดของโครงสร้างแป้นพิมพ์ โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนสองหน้าหมายถึง โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนที่มีการแบ่งตัวอักษรออกเป็นสองหน้า ตัวอักษรจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน แต่ละส่วนแสดงตัวอักษรเป็นหนึ่งหน้าของแป้นพิมพ์ และมีปุ่มเปลี่ยนหน้าในหน้านั้นสำหรับเปลี่ยนหน้าไปยังอีกหน้าหนึ่งเพื่อพิมพ์ตัวอักษรที่ต้องการ วิธีการวัดระยะทางสำหรับโครงสร้างสองหน้ามี 2 กรณีด้วยกัน กรณีที่ 1 คู่อักษรที่พิมพ์อยู่บนหน้าเดียวกัน การคำนวณสามารถคำนวณหาระยะทางได้เลย กรณีที่ 2 คู่อักษรที่พิมพ์อยู่คนละหน้ากัน การคำนวณระยะทางคำนวณจากระยะทางจากตัวอักษรของหน้าแรกไปยังปุ่มเปลี่ยนหน้า รวมกับระยะทางจากปุ่มเปลี่ยนหน้าของอีกหน้าหนึ่งไปยังตัวอักษรที่ต้องการ หน้าที 1 ประเภทของตัวอักษรจะเป็นพยัญชนะและสระ หน้าที 2 ประเภทของตัวอักษรเป็นตัวเลข พยัญชนะ สระ และเครื่องหมายวรรคตอน

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ตัวเลข

พยัญชนะและสระ

เครื่องหมายวรรคตอน

ภาพที่ 11 โครงสร้างเป็นพินท์แบบหนึ่งหน้า

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	ปุ่มเปลี่ยนหน้า	

หน้าที่ 1

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X		

หน้าที่ 2

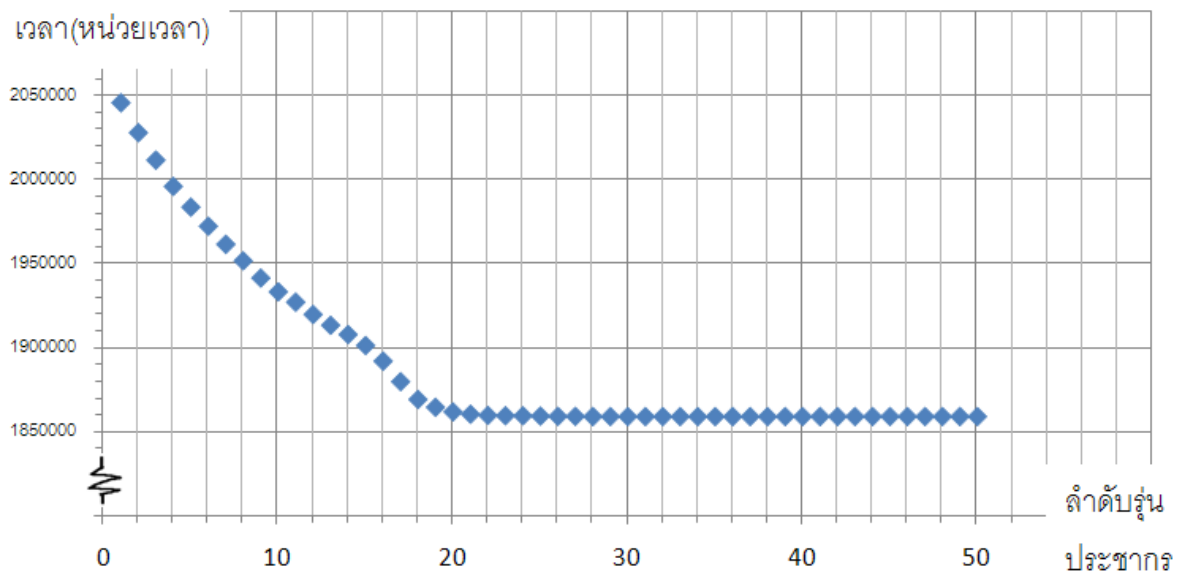
ภาพที่ 12 โครงสร้างเป็นพินท์แบบสองหน้า

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลของขั้นตอนวิธีพันธุกรรม

ข้อมูลที่เก็บเมื่อดำเนินการขั้นตอนประกอบด้วยค่าเฉลี่ยเวลาในการพิมพ์ของประชากรแต่ละรุ่น และประชากรที่สร้างใหม่ ค่าเวลาเฉลี่ยของประชากรแต่ละรุ่นมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนคงที่แสดงในกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในแนวแกนตั้งและรุ่นของประชากรในแนวแกนนอนของการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนหนึ่งหน้า



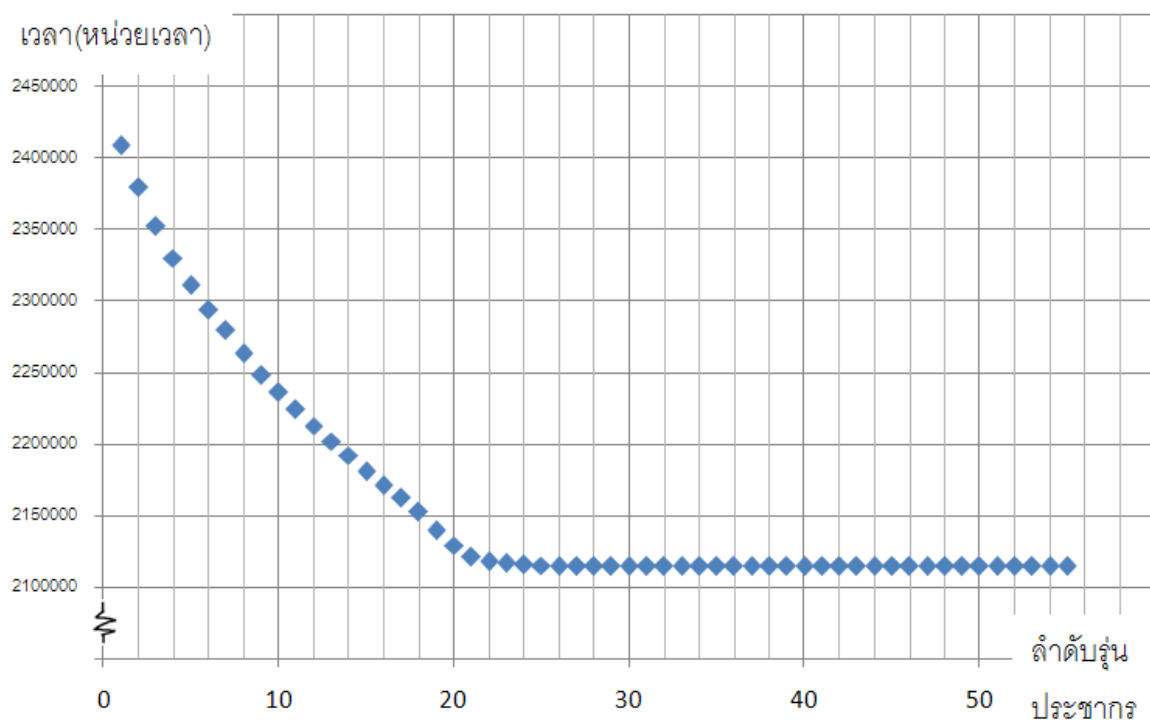
ภาพที่ 13 กราฟแสดงผลการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนหนึ่งหน้า

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีพันธุกรรมช่วยลดเวลาในการพิมพ์โดยค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่ที่ใช้เวลาในการพิมพ์ค่าตัวอย่างน้อยที่สุด ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมถูกดำเนินการซ้ำหลายครั้งเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งในแต่ละครั้งประชากรรุ่นแรกที่สร้างโดยการสุ่มจะแตกต่างกันส่งผลให้ผลลัพธ์สุดท้ายจากขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแตกต่างกันด้วย เมื่อดำเนินขั้นตอนวิธีพันธุกรรมซ้ำหลายครั้งแล้วเราเลือกผลลัพธ์จากครั้งที่ดีที่สุดมาเป็นผลลัพธ์สุดท้ายของการออกแบบ

8	9	5	3	2	7	4	1	0	6
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖
๘	๙	๕	๓	๒	๗	๔	๑	๐	๖

ภาพที่ 14 ผลลัพธ์ท้ายสุดของการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์หนึ่งหน้า

สำหรับการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนแบบสองหน้า กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเฉลี่ยและรุ่นของประชากรแสดงดังนี้



ภาพที่ 15 กราฟแสดงผลการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์สองหน้า

โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนแบบสองหน้าที่ได้ คือ

็	ฒ	ำ	ป	บ	ุ	ย	ต	ณ	ษ
โ	ข	ภ	ะ	เ	า	ร	พ	็	ค
ใ	อ	ล	ภ	แ	ฯ	ฎ	ช	ธ	ก
ง	อ	ค	น	ห	ุ	ช	็	็	ค
ถ	ณ	จ	อ	ม	ิ	ว	็	ปุ่มเลื่อนหน้า	

4	7	1	0	2	8	3	9	6	5
พ	ำ	ำ	ผ	ั	ค	จ	ท	พ	ไ
ฤ	ผ	ท	ฎ	็	ฐ	็	ช	ม	ส
ฮ	ญ	-	.	ุ	B	อ	.		?
)	/	("						

หน้าที่ 1

หน้าที่ 2

ภาพที่ 16 ผลลัพธ์สุดท้ายของการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์สองหน้า

4.2 การประเมินผลการทดลอง

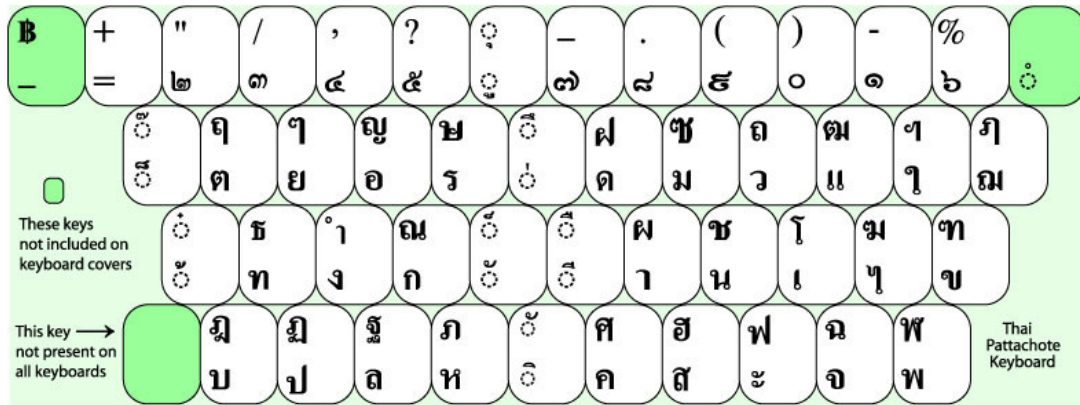
การประเมินผลการทดลองใช้กฎของฟิตเป็นโมเดลในการประมาณเวลาในการพิมพ์คำตัวอย่างผ่านทางแป้นพิมพ์เสมือนคำตัวอย่างเป็นคำภาษาไทยที่เก็บรวบรวมมาจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม เวลาในการพิมพ์คำนวณจากระยะทางเคลื่อนที่ในการพิมพ์ ระยะทางประมาณจากระยะห่างระหว่างตัวอักษรที่พิมพ์บนแป้นพิมพ์เสมือน

4.3 การเปรียบเทียบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือน

จากการดำเนินการขั้นตอนวิธีพันธุกรรมผลลัพธ์ที่ได้เป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือน แป้นพิมพ์เสมือนนี้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยแบบอื่น 1) เกษมณี 2) ปัดตโชติ 3) จากงานวิจัยของไกรครรชิต 4) โครงแป้นพิมพ์ภาษาไทย iPhone ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบเป็นคำตัวอย่างภาษาไทยจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม โดยที่ข้อมูลเป็นข้อมูลคนละชุดกับข้อมูลในการออกแบบ โมเดลที่ใช้คำนวณเวลาใช้กฎของฟิตในการการประมาณเวลา ประสิทธิภาพของแต่ละโครงสร้างแป้นพิมพ์วัดจากเวลาในการพิมพ์

	๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐	๑๑	๑๒	๑๓	๑๔	Backspace				
	๐	"	ฎ	ท	ธ	อ	ุ	ร	น	ย	ฐ	บ	,						
Caps Lock	ฤ	พ	ม	ห	ฎ	โ	ค	ณ	เ	"	ุ	+	ษ	า	ส	ช	ว	.	ง
Shift	(	)	ป	ค	ฮ	อ	.	ุ	ุ	?	ค	ม	พ	ใ	ภ	ฝ			Shift
Space Bar																			

ภาพที่ 17 โครงสร้างแป้นพิมพ์เกษมณี



ภาพที่ 18 โครงสร้างแป้นพิมพ์ปัตตโชติ

า	ฌ	ร	็	๓	ก	ฃ	เ	๔	็	ม
?	ว	เ	ท	ค	ห	ล	ค	๗	บ	ป
ะ	ส	็	จ	ไ	แ	พ	ข	็	ไ	็
็	อ	ุ	ำ	ฮ	ผ	็	ถ	โ	ศ	ณ
ญ	ธ	ช	ษ	ๆ	ภ	ฐ	ฤ	๕	น	ฝ
๐	๒	๑	ภ	)	ฎ	๑	ู	ย	ฒ	ฉ
็	็		ฟ	-	็	็	๖	,	ง	พ
ค	๘	“	ฑ	.	/	ณ	ช	ช	ค	า
			(	฿	‘	ุ	๕			

ภาพที่ 19 โครงสร้างแป้นพิมพ์จากงานวิจัยไกรครรชิต [5]

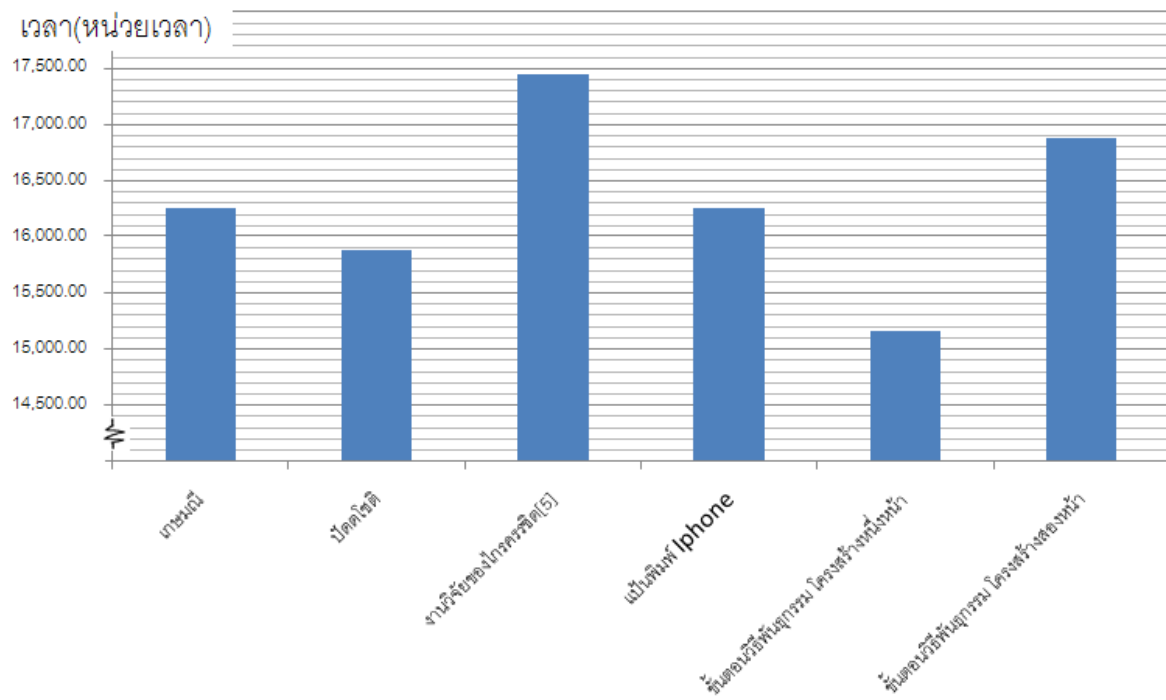


ภาพที่ 20 โครงสร้างแป้นพิมพ์สำหรับ Iphone

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบของเวลาที่ใช้พิมพ์กับโครงสร้างแป้นพิมพ์แต่ละแบบ

โครงสร้างแป้นพิมพ์	เวลาที่ใช้ในการพิมพ์ (หน่วยเวลา)
เกษมณี	16,258.034
ปัตตโชติ	15,874.818
งานวิจัยของไกรครรชิต[5]	17,453.834
แป้นพิมพ์ Iphone	16,258.045
ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม โครงสร้างหนึ่งหน้า	15,156.849
ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม โครงสร้างสองหน้า	16,889.373

จากตารางการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการพิมพ์แสดงให้เห็นว่าการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนโครงสร้างหนึ่งหน้าใช้เวลาน้อยที่สุดในการพิมพ์เมื่อทดสอบกับการพิมพ์คำภาษาไทยตัวอย่างจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม ส่วนแป้นพิมพ์เสมือนโครงสร้างสองหน้ายังใช้เวลาในการพิมพ์มากกว่าเนื่องจากมีสองหน้าการคำนวณจะมีระยะทางจากปุ่มอักขระไปยังปุ่มเปลี่ยนหน้าเพิ่มเติมเข้ามา ในส่วนของโครงสร้างแป้นพิมพ์จากงานวิจัยของไกรครรชิต[5]ผลการทดสอบใช้เวลาที่นานที่สุดสาเหตุมาจากข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบแหล่งข้อมูล ปริมาณขนาดข้อมูล กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้พิมพ์



ภาพที่ 21 กราฟแท่งแสดงเวลาในการพิมพ์ของแต่ละแป้นพิมพ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ประโยชน์และผลจากงานวิจัย (Contribution)

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานให้ดีกว่าเดิม แป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ออกแบบให้นำไปใช้กับอุปกรณ์หน้าจอสัมผัส โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่นี้ถูกออกแบบโดยใช้ข้อมูลคำภาษาไทยจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม การใช้เว็บไซต์เครือข่ายทางสังคมเป็นแหล่งข้อมูลทำให้ง่ายต่อการออกแบบ ทดสอบ และประเมินผล วิธีการเก็บข้อมูลที่เป็นกรเขียนโค้ดคำสั่งเก็บคำภาษาไทยจากหน้าเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคมอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการเก็บคำภาษาไทยตัวอย่างจากเว็บไซต์อื่นๆ เพื่อใช้ในการการวิเคราะห์และวิจัยในด้านอื่นๆ และข้อมูลคำภาษาไทยตัวอย่างที่เก็บได้จากงานวิจัยสามารถนำไปใช้กับงานวิจัยด้านอื่นที่ต้องการข้อมูลคำตัวอย่างภาษาไทยจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยใหม่ที่ออกแบบสามารถนำไปพัฒนาต่อให้ใช้งานในอุปกรณ์ประเภทหน้าจอสัมผัสประเภทต่างๆได้ เนื่องจากอุปกรณ์หน้าจอสัมผัสแต่ละประเภทมีขนาดหน้าจอสอดคล้องไม่เท่ากัน การนำโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนที่ออกแบบใหม่มาใช้ อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนขนาดของปุ่ม (scaling) ให้เหมาะสมกับขนาดหน้าจอแต่ยังคงสภาพโครงสร้างตำแหน่งของตัวอักษรแบบเดิมเอาไว้

5.2 การวิเคราะห์

ประสิทธิภาพของแป้นพิมพ์วัดได้จากเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ โมเดลที่ใช้ในการคำนวณเวลาในการพิมพ์สำหรับแป้นพิมพ์เสมือน คือ กฎของฟิต กฎของฟิตถูกนำมาใช้ในการออกแบบ ใช้เป็นตัวค่าความดี (fitness function) การทดสอบ และประเมินผล ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาคือระยะทางและขนาดของปุ่ม ถ้าหากเราสามารถลดระยะทางระหว่างการกดปุ่มตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ให้สั้นลงจะทำให้เวลาที่ใช้ในการพิมพ์น้อยลงไปด้วย วิธีการแก้ปัญหาคือการออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใช้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมในการออกแบบ ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมถูกปรับเปลี่ยนการทำงานและรายละเอียดภายในให้เหมาะสมกับการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทย เช่น การกำหนดสายพันธุกรรมสำหรับประชากร การวัดค่าความดี การคัดเลือกประชากร การสร้างประชากร เป็นต้น ผลการทดลองดำเนินขั้นตอนวิธีพันธุกรรมแสดงให้เห็นว่าเวลาในการพิมพ์เฉลี่ยของประชากรในรุ่นถัดไปมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่ง เวลาที่ใช้ในการพิมพ์ลดลง แสดงว่าโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนใหม่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

5.3 แนวทางวิจัยในอนาคต

- 1) นำโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนที่ได้ไปพัฒนาใช้จริงกับอุปกรณ์หน้าจอสัมผัส และใช้งานกับเครือข่ายทางสังคม
- 2) เพิ่มเติมขยายข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบให้มีขนาดใหญ่ขึ้น
- 3) ออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยให้ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น ไม่ใช่แค่กับเครือข่ายทางสังคม

5.4 สรุป

แป้นพิมพ์เสมือนเป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่สำคัญและกำลังได้รับความนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่มีหน้าจอบนระบบสัมผัส โครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนสำหรับภาษาไทยมีความซับซ้อนมากเมื่อเทียบกับแป้นพิมพ์เสมือนภาษาอังกฤษ เพราะ จำนวนตัวอักษรของภาษาไทยมีมากกว่ามากทั้งพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ ตัวเลข และเครื่องหมายวรรคตอน การใช้งานแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยจึงอาจใช้เวลาในการพิมพ์หรือกดนาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจแก้ปัญหาของการใช้งานแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทยให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าเดิม งานวิจัยนี้เลือกใช้เครือข่ายทางสังคมเป็นแหล่งข้อมูลหลัก เพราะในปัจจุบันคนส่วนใหญ่ให้ความนิยมกับการใช้เว็บไซต์เครือข่ายทางสังคมมาก และการติดต่อกันผ่านเครือข่ายทางสังคมมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นในอนาคต ขั้นตอนวิธีพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือน ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้เป็นโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนที่เหมาะสมจะนำไปใช้กับเครือข่ายทางสังคม แป้นพิมพ์เสมือนใหม่ที่ได้จากการออกแบบถูกทดสอบและประเมินผลกับข้อมูลจากเครือข่ายทางสังคม ผลการประเมินประสิทธิภาพแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างแป้นพิมพ์ที่ออกแบบมีประสิทธิภาพดีกว่าโครงสร้างแป้นพิมพ์เดิม

รายการอ้างอิง

- [1] Zhai, S., Hunter, M. และ Smith, B.A. Performance Optimization of Virtual Keyboards. Human-Computer Interaction volume 17. 2002
- [2] Fitts, P.M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of Experimental Psychology 47,6. (June 1954): 381–391.
- [3] Goldberg, D. Genetics Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison – Wesley. 1997.M. Young. The Technical Writer's Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [4] Negnevitsky, M. Artificial Intelligence A Guide to Intelligent Systems. second edition. 2005.
- [5] ไกรครรชิต ดวงดี และ เกริก ภิรมย์โสภา. การวิเคราะห์และออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนภาษาไทย สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์จอสัมผัสโดยใช้ขั้นตอนวิธีพันธุกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ.2551.
- [6] Garey, M.R.and Johnson, D.S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. 1979. New York. W.H. Freeman
- [7] MacKenzie, I. S., & Zhang, S. X. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. Proceedings of the CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems. 1999.
- [8] Zhai, S., A. Sue, and J. Accot. Movement Model, Hits Distribution and Learning in Virtual Keyboarding. Proc. CHI 2002. pp.17-24.
- [9] Boukreev, K. Genetic Algorithm and Traveling Salesman Problem. September. 2001.
- [10] Goldberg, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley. 1989.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ข้อมูลความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ

ความถี่คู่อักขระที่ใช้ในการออกแบบแป้นพิมพ์เสมือนเก็บรวบรวมจากเว็บไซต์เครือข่ายทางสังคม ได้แก่ Facebook, Twitter, และ Hi5 คำภาษาไทยมาจากกระดานข้อความ ความคิดเห็น และสถานะของผู้ใช้ คำภาษาไทยเหล่านี้ถูกนำมาวัดเป็นความถี่คู่อักขระเพื่อใช้ในการคำนวณเวลาในการพิมพ์ของคำเหล่านี้

คู่อักขระ	ความถี่	คู่อักขระ	ความถี่	คู่อักขระ	ความถี่	คู่อักขระ	ความถี่	คู่อักขระ	ความถี่
กก	515	กพ	163	กึ	7	ขช	14	ขห	4
กข	1086	กฟ	37	กุ	1021	ขณ	17	ขอ	5606
กค	1292	กภ	50	กู	235	ขด	18	ขะ	22
กฌ	10	กม	298	กเ	520	ขต	62	ขั	118
กง	48	กย	34	กแ	270	ขท	66	ขา	255
กจ	178	กร	2560	กโ	57	ขธ	11	ขำ	51
กฉ	12	กฤ	453	กใ	2813	ขน	119	ขี	35
กช	221	กฬ	3206	กเ	91	ขบ	4	ขี้	137
กฌ	44	กว	362	กๆ	53	ขป	51	ขื่อ	66
กฏ	157	กศ	83	กึ	139	ขผ	2	ขี้	986
กฏ	35	กษ	2300	ก๋	308	ขพ	5	ขุ	100
กณ	50	กส	1312	กั	1003	ขภ	11	ขู	5
กต	1452	กท	127	กึ	120	ขม	35	ขเ	69
กต	240	กถ	323	กั	35	ขย	33	ขแ	10
กถ	4	กด	11	กั	92	ขร	27	ขโ	25
กท	1326	กฉ	298	ขก	24	ขฤ	1	ขไ	1
กธ	36	กั	6698	ขข	8	ขล	29	ข็	33
กน	231	กา	8971	ขค	12	ขว	225	ข๋	210
กบ	82	ก่า	305	ขง	15	ขศ	30	ขั	4726
กป	107	กึ	1693	ขจ	109	ขษ	1	ข็	39
กผ	12	กึ	2380	ขฉ	6	ขส	103	ขบ	1
ขว	1	คะ	56	ข๋	10	งย	66	ง	3

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ชู่	1	คั	190	ชั	20	งว	1259	จก	187
คก	35	คา	199	งก	2464	งฤ	34	จข	131
คข	5	ค้ำ	880	งข	1270	งล	144	จค	59
คช	1	คิ	586	งค	4847	งว	508	จง	162
คค	4481	คึ	76	งค	24	งค	1232	จจ	230
คฌ	2	คึ	6	งง	34	งช	1022	จฌ	48
คฅ	249	คึ	122	งจ	387	งส	891	จช	3
คจ	16	คุ	4192	งฌ	67	งท	3690	จญ	8
คฌ	970	คฺ	96	งช	317	งด	448	จณ	14
คณ	88	คเ	78	งช	73	งฮ	16	จด	62
คด	19	คแ	7	งญ	4	งะ	5	จต	177
คต	29	คโ	65	งฐ	17	งั	32	จถ	9
คท	14	คฏ	1	งท	8	งา	4666	จท	320
คน	5953	ค็	22	งณ	85	งิ	83	จธ	20
คป	50	ค๋	226	งด	318	งึ	6	จน	701
คป	29	คั	6880	งต	297	งึ	975	จป	37
คผ	1	คื	11	งถ	361	งู	12	จป	26
คพ	20	คึ	950	งท	1586	งู	10	จพ	76
คภ	14	ชข	1	งธ	169	งเ	4555	จฟ	6
คม	1219	ชท	11	งน	2516	งแ	405	จภ	20
คย	24	ชน	19	งบ	242	งโ	1331	จม	79
คว	2210	ชว	9	งป	1447	งไ	238	จย	6
คล	4862	ชช	1977	งผ	305	งเ	462	จร	1147
คว	5767	ชส	4	งฝ	5	งๆ	1132	จล	2
คศ	6	ชด	7	งพ	253	งั	59	จว	83
คส	93	ชะ	6	งฟ	46	งั	5	จศ	30
คห	38	ชั	8	งภ	87	งอ	4	จช	37
คอ	734	ชา	4	งม	546	ง6	1	จส	1761
จห	30	จว	12	ชภ	39	ช็	10	ชั	2

ក្នុងខ្មែរ	កម្រិត	ក្នុងខ្មែរ	កម្រិត	ក្នុងខ្មែរ	កម្រិត	ក្នុងខ្មែរ	កម្រិត	ក្នុងខ្មែរ	កម្រិត
១០	206	១១	3	១២	218	១៣	8	១៤	102
១៥	480	១៦	1259	១៧	367	១៨	6	១៩	8
២០	1513	២១	71	២២	725	២៣	6	២៤	59
២៥	593	២៦	55	២៧	12	២៨	8	២៩	8
៣០	436	៣១	6	៣២	156	៣៣	14	៣៤	1
៣៥	1494	៣៦	3	៣៧	164	៣៨	131	៣៩	126
៤០	479	៤១	12	៤២	7	៤៣	6	៤៤	3
៤៥	7	៤៦	4	៤៧	113	៤៨	38	៤៩	36
៥០	16	៥១	64	៥២	94	៥៣	3	៥៤	7
៥៥	344	៥៦	142	៥៧	6	៥៨	16	៥៩	387
៦០	58	៦១	56	៦២	459	៦៣	19	៦៤	15
៦៥	139	៦៦	82	៦៧	60	៦៨	5	៦៩	242
៧០	368	៧១	222	៧២	2463	៧៣	151	៧៤	643
៧៥	204	៧៦	18	៧៧	1494	៧៨	12	៧៩	3
៨០	5	៨១	1	៨២	32	៨៣	81	៨៤	28
៨៥	42	៨៦	218	៨៧	584	៨៨	228	៨៩	27
៩០	36	៩១	18	៩២	476	៩៣	147	៩៤	24
៩៥	88	៩៦	3	៩៧	1724	៩៨	139	៩៩	8
១០០	625	១០១	24	១០២	247	១០៣	421	១០៤	51
១០៥	189	១០៦	36	១០៧	163	១០៨	11	១០៩	40
១១០	112	១១១	208	១១២	81	១១៣	27	១១៤	76
១១៥	4	១១៦	5	១១៧	24	១១៨	58	១១៩	21
១២០	3	១២១	54	១២២	11	១២៣	12	១២៤	53
១២៥	3	១២៦	10	១២៧	31	១២៨	10	១២៩	19
១៣០	49	១៣១	756	១៣២	29	១៣៣	15	១៣៤	92
១៣៥	7	១៣៦	58	១៣៧	4	១៣៨	563	១៣៩	22
១៤០	33	១៤១	18	១៤២	2214	១៤៣	23	១៤៤	69
១៤៥	135	១៤៦	115	១៤៧	4065	១៤៨	16	១៤៩	62
១៥០	88	១៥១	5	១៥២	50	១៥៣	8	១៥៤	16

ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ	ក្នុងខ្លះ
ល្អ	15	ល្អ	11	ល្អ	32	ល្អ	16	ល្អ	136
ល្អ	1047	ល្អ	9	ល្អ	60	ល្អ	3	ល្អ	9
ល្អ	129	ល្អ	206	ល្អ	20	ល្អ	8	ល្អ	86
ល្អ	93	ល្អ	33	ល្អ	52	ល្អ	215	ល្អ	5
ល្អ	2	ល្អ	1	ល្អ	187	ល្អ	62	ល្អ	5
ល្អ	121	ល្អ	14	ល្អ	26	ល្អ	24	ល្អ	55
ល្អ	79	ល្អ	10	ល្អ	8	ល្អ	14	ល្អ	119
ល្អ	75	ល្អ	77	ល្អ	8	ល្អ	24	ល្អ	8
ល្អ	8	ល្អ	6	ល្អ	26	ល្អ	4	ល្អ	33
ល្អ	16	ល្អ	6	ល្អ	8	ល្អ	1	ល្អ	9
ល្អ	819	ល្អ	5	ល្អ	105	ល្អ	14	ល្អ	37
ល្អ	154	ល្អ	13	ល្អ	39	ល្អ	2	ល្អ	26
ល្អ	22	ល្អ	12	ល្អ	12	ល្អ	19	ល្អ	163
ល្អ	36	ល្អ	45	ល្អ	72	ល្អ	5	ល្អ	14
ល្អ	237	ល្អ	8	ល្អ	4	ល្អ	2816	ល្អ	161
ល្អ	42	ល្អ	13	ល្អ	8	ល្អ	10	ល្អ	1061
ល្អ	57	ល្អ	20	ល្អ	201	ល្អ	6	ល្អ	67
ល្អ	43	ល្អ	91	ល្អ	234	ល្អ	6	ល្អ	87
ល្អ	24	ល្អ	5	ល្អ	20	ល្អ	11	ល្អ	92
ល្អ	109	ល្អ	5	ល្អ	19	ល្អ	1	ល្អ	63
ល្អ	7	ល្អ	52	ល្អ	6	ល្អ	4	ល្អ	53
ល្អ	60	ល្អ	37	ល្អ	3	ល្អ	281	ល្អ	300
ល្អ	10	ល្អ	16	ល្អ	6	ល្អ	9	ល្អ	3
ល្អ	6	ល្អ	16	ល្អ	261	ល្អ	1	ល្អ	46
ល្អ	16	ល្អ	52	ល្អ	24	ល្អ	8	ល្អ	200
ល្អ	13	ល្អ	3	ល្អ	1	ល្អ	119	ល្អ	63
ល្អ	6	ល្អ	10	ល្អ	5	ល្អ	23	ល្អ	22
ល្អ	22	ល្អ	3	ល្អ	5	ល្អ	164	ល្អ	282
ល្អ	64	ល្អ	16	ល្អ	935	ល្អ	595	ល្អ	30

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ณฬ	8	คต	450	ดี	1463	ตถ	18	ตฺ	754
ณอ	136	คต	403	ดี	21	ตท	10	ตฺ	74
ณฮ	3	คถ	54	ดี	106	ตฐ	13	ตเ	146
ณะ	457	คท	84	ดฺ	30	ตณ	1148	ตแ	43
ณั	700	คธ	11	ดฺ	1777	ตบ	8	ตโ	47
ณา	2359	คน	223	คเ	2000	ตป	26	ตไ	13
ณิ	360	คบ	43	คแ	1234	ตผ	3	ตใ	8
ณึ	432	คป	44	คโ	229	ตพ	84	ตๆ	3
ณื	6	คผ	16	คใ	107	ตฟ	982	ตี	73
ณฺ	82	คพ	102	คใ	105	ตภ	49	ต๋	3613
ณฺ	2	คฟ	8	คๆ	29	ตม	48	ต๊	1024
ณ	3	คภ	117	ดี	151	ตย	199	ตี	78
ณเ	897	คม	193	ต๋	27	ตร	1471	ต๊	8
ณแ	50	คย	656	ต๊	1966	ตฤ	8	ตี	1027
ณโ	72	คร	403	ตี	19	ตล	99	ถก	12
ณไ	853	คฤ	12	ต๋	20	ตว	139	ถค	3
ณใ	298	คล	199	ตี	73	ตศ	44	ถจ	29
ณื	12	คว	268	ค	2	ตษ	7	ถช	6
ณั	2187	คศ	20	ตก	1133	ตส	114	ถด	9
คก	198	คษ	22	ตข	18	ตห	13	ถต	824
คข	126	คส	177	ตค	13	ตอ	490	ถท	1
คค	96	คท	119	ตง	27	ตฉ	221	ถธ	7
คง	866	คอ	213	ตจ	62	ต๊	3633	ถน	39
คจ	152	คฮ	1	ตช	48	ตา	911	ถบ	169
คฉ	3	คฉ	17	ตช	9	ต๋	1	ถพ	42
คช	393	ต๊	150	ตฐ	3	ตี	3344	ถม	18
คช	12	คา	1427	ตณ	20	ตี	128	ถย	2
คญ	16	ค๋	123	ตด	10	ตี	6	ถร	4
คด	10	ทณ	17	ตี	65	ถร	507	ถช	1794

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ถว	8	ทต	45	ท็	17	ถฤ	4	นช	373
ถษ	4	ทต	32	ทุ	537	ถล	13	นญ	9
ถส	87	ทท	31	ทู	22	ถว	143	นฐ	34
ถอ	11	ทธ	1438	ทเ	110	ถศ	18	นช	28
ถะ	12	ทน	325	ทแ	34	ถส	85	นณ	63
ถั	36	ทบ	239	ทโ	35	ถข	98	นด	503
ถา	274	ทป	15	ทใ	2	ถะ	4	นต	4204
ถิ	392	ทผ	24	ทไ	38	ถ็	211	นถ	2159
ถึ	36	ทพ	201	ทื	40	ถา	545	นท	4453
ถึ	318	ทฟ	10	ท่	101	ถำ	11	นธ	836
ถึ	1099	ทภ	6	ท้	383	ถึ	1449	นน	944
ถุ	64	ทม	66	ทื	11	ถึ	1461	นบ	1252
ถู	2309	ทย	1386	ทื	2029	ถึ	6	นป	394
ถเ	90	ทร	3136	ถก	30	ถุ	563	นผ	150
ถแ	16	ทล	32	ถค	22	ถู	13	นฝ	18
ถโ	1	ทว	258	ถง	84	ถเ	34	นพ	1578
ถใ	111	ทศ	248	ถจ	11	ถแ	9	นฟ	43
ถไ	3	ทษ	3	ถช	21	ถโ	8	นภ	2061
ถ่	6	ทส	185	ถฐ	2	ถไ	6	นม	375
ถ້	46	ทห	672	ถณ	8	ถึ	1	นย	1356
ถ็	13	ทอ	2338	ถด	4	ถ็	547	นร	2738
ทก	145	ทฮ	8	ถท	15	นก	6053	นฤ	77
ทข	6	ทะ	1243	ถน	403	นช	2506	นล	1347
ทค	115	ทั	1017	ถบ	15	นค	3560	นว	980
ทง	10	ทา	278	ถป	9	นฆ	9	นศ	196
ทจ	26	ทำ	1328	ถพ	29	นง	121	นษ	68
ทช	42	ทึ	541	ถม	17	นจ	529	นส	3640
ทฐ	5	ทื	2296	ถย	38	นฉ	15	นท	7289
นพี	3	น	15	บษ	6	ปช	9	ปะ	232

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
นอ	3080	น	1	บส	506	ปค	18	ป้	1485
นฮ	14	บก	140	บห	88	ปง	22	ปา	370
นะ	556	บข	320	บอ	221	ปจ	9	ปิ	982
นั	1154	บค	1339	บฮ	1	ปช	4	ป๊	147
นา	4468	บง	19	บะ	17	ปช	6	ป็	1
นำ	113	บจ	67	บ้	412	ปฎ	16	ป๋	8
นิ	2075	บข	54	บา	308	ปฐ	22	ปุ	188
นึ	3041	บข	8	บ่า	57	ปณ	22	ปู	79
นื	165	บญ	53	บิ	70	ปด	32	ปเ	91
นึ	1042	บด	77	บึ	1130	ปต	67	ปแ	72
นุ	747	บด	1151	บื	12	ปถ	14	ปโ	21
นู	366	บถ	3	บึ	1994	ปท	36	ปใ	37
นเ	4109	บท	102	บุ	5400	ปน	94	ปไ	13
นแ	2492	บธ	64	บู่	180	ปบ	3	ป็	3394
นโ	374	บน	3267	บเ	2442	ปป	24	ป๋	83
นใ	647	บบ	2345	บแ	1265	ปผ	5	ป๊	1343
นไ	1306	บป	401	บโ	44	ปพ	26	ป็	59
นๆ	2015	บผ	123	บใ	985	ปภ	455	ป็	48
นึ	5	บฝ	6	บไ	228	ปม	6	ป็	126
น่	270	บท	39	บื	318	ปย	1040	ผก	39
นั	3981	บท	4	บ่	1103	ปร	3685	ผช	12
นึ	9	บภ	6	บ้	146	ปล	1279	ผด	2
นั	3	บม	51	บึ	17	ปว	251	ผม	44
นั	2015	บย	3	บ้	3	ปศ	5	ผย	93
น0	4	บร	1636	บื	3	ปษ	22	ผล	110
น1	1	บล	1170	บ	3	ปส	45	ผ้	11
น6	1	บว	77	บ	1	ปท	16	ผา	63
นพี	3	บศ	25	ปก	127	ปอ	93	ผิ	53
ผิ	19	พด	38	พู	211	พี	5	ภส	20

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ฒ	28	พต	15	พล	119	ฟา	28	ภา	4
ณ	8	พท	1084	พล	60	พิ	39	ภ	731
ด	1869	พธ	177	พโ	236	ฟี	356	ภา	3754
น	8	พน	139	พไ	28	ฟิ	2	ภิ	354
บ	2220	พป	1300	พไ	194	ฟุ	34	ภิ	28
ป	15	ปป	33	พิ	256	ฟุ	55	ภุ	52
ต	1	พพ	957	พ	83	ฟเ	9	ภุ	482
ค	1	พภ	9	พิ	21	ฟๆ	6	ภเ	3
ง	4	พม	19	พิ	704	ฟ	3	ภโ	14
น	56	พย	522	พิ	2	ฟิ	138	ภไ	3
ด	1	พร	1737	พข	4	ภก	17	ภ	4
ด	57	พฤ	115	พค	33	ภค	76	ภ	23
า	10	พล	2931	พช	27	ภจ	6	ภก	703
ด	3	พว	191	พช	23	ภช	53	ภข	1201
ด	9	พศ	142	พต	5	ภณ	43	ภค	1047
ด	2	พษ	2	พท	26	ภด	6	ภข	37
ก	78	พล	315	พน	154	ภท	1826	ภง	2149
ข	49	พห	12	พป	12	ภน	33	ภจ	227
ค	83	พอ	90	พฟ	17	ภบ	9	ภค	43
ง	1187	พๆ	7	พม	1	ภป	3	ภข	1241
จ	186	พะ	26	พย	2	ภพ	73	ภข	217
ฉ	6	พิ	3003	พร	45	ภภ	58	ภญ	31
ช	291	พา	276	พล	25	ภม	8	ภฐ	8
ญ	2	พิ	1803	พศ	6	ภร	444	ภณ	262
ฐ	1	ฟี	250	พษ	5	ภฤ	10	ภค	310
ท	14	พิ	27	พล	25	ภล	9	ภต	671
ฒ	2	พิ	3361	พอ	1013	ภว	50	ภถ	265
ณ	6	ฟุ	287	พะ	4	ภศ	6	ภท	364
ธ	119	มุ	1807	ยท	116	ยเ	2651	รธ	189

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
มน	839	มธ	2	ยธ	143	ยแ	244	รณ	407
มบ	751	มเ	5638	ยบ	3289	ยโ	1013	รป	173
มป	294	มแ	260	ยป	288	ยใ	88	รป	189
มผ	52	มโ	176	ยป	166	ยไ	158	รผ	17
มพ	1337	มใ	287	ยผ	26	ยๆ	15	รผ	5
มฟ	11	มไ	166	ยฝ	26	ย็	96	รฟ	723
มภ	198	มๆ	2	ยพ	190	ย๋	183	รฟ	6
มม	324	ม็	21	ยฟ	21	ย๊	165	รภ	221
มย	318	ม่	1327	ยภ	114	ย้	8	รม	940
มร	1321	ม้ม	150	ยม	520	ยป์	2691	รย	215
มฤ	29	ม็	12	ยย	147	ย3	1	รร	3464
มล	1613	ม้	43	ยร	613	รก	1779	รฤ	22
มว	399	ม8	1	ยล	273	รข	54	รล	145
มศ	218	ม	1	ยว	2803	รข	1	รว	1199
มช	86	ยก	1354	ยศ	224	รค	832	รศ	1369
มฉ	695	ยข	130	ยช	36	รง	408	รช	153
มท	233	ยค	1130	ยฉ	381	รจ	464	รฉ	681
มฬ	1	ยง	599	ยท	176	รด	2	รท	2441
มด	1435	ยจ	224	ยด	463	รช	362	รด	1000
มฉ	13	ยฉ	25	ยฉ	10	รช	61	รฉ	3
มะ	193	ยช	1050	ยะ	304	รญ	33	ระ	6189
ม้	643	ยช	36	ย้	1205	รฎ	10	ร้	3917
มา	4028	ยญ	12	ยา	1307	รฐ	46	รา	7587
มิ	682	ยฐ	16	ยิ	262	รณ	2414	รำ	9
มิ	778	ยณ	119	ยึ	72	รด	314	ริ	3887
มิ	22	ยด	287	ยึ	989	รด	458	ริ	5859
มิ	1609	ยต	117	ยุ	397	รต	1276	ริ	47
มุ	158	ยถ	4	ยู	1598	รท	279	ริ	2946
มู	797	ลก	538	ลว	878	รก	3170	รว	307

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ฐ	2039	ลข	184	ลค	70	วข	1103	วค	85
ร	3	ลค	2120	ลข	27	วข	1	วข	21
รเ	1136	ลง	3276	ลค	567	วค	592	วค	326
รแ	209	ลจ	197	ลค	99	วจ	2048	วค	98
รโ	135	ลฉ	19	ลค	592	วจ	255	วค	330
รใ	2083	ลช	127	ลค	3715	วช	189	วค	16
รเ	1119	ลช	29	ลค	3282	วช	48	วค	82
รฎ	4	ลญ	16	ลค	2160	วญ	1	วค	2365
รฎ	672	ลฐ	11	ลค	148	วฐ	24	วค	6177
รฎ	2223	ลณ	46	ลค	2150	วณ	1	วค	3536
รฎ	662	ลต	471	ลค	437	วณ	66	วค	645
รฎ	48	ลต	1022	ลค	35	วค	300	วค	1
รฎ	3000	ลถ	11	ลค	2228	วถ	97	วค	974
ร	11	ลท	392	ลค	1685	วถ	19	วค	390
รก	62	ลธ	186	ลค	260	วท	149	วค	11
รก	2	ลน	257	ลค	444	วธ	25	วค	599
รก	8	ลป	308	ลค	1121	วน	3360	วค	200
รก	35	ลป	402	ลค	120	วป	233	วค	71
รก	136	ลผ	30	ลค	59	วป	155	วค	78
รก	190	ลฝ	10	ลค	74	วผ	29	วค	92
รก	10	ลพ	772	ลค	1149	วพ	92	วค	4
รก	41	ลพ	2	ลค	1576	วพ	4	วค	184
รก	32	ลภ	230	ลค	596	วภ	51	วค	335
รก	383	ลม	159	ลค	35	วม	2536	วค	253
รก	2	ลย	340	ลค	8	วย	2181	วค	3
รก	10	ลร	1159	ลค	185	วร	2295	วค	173
รก	10	ลฤ	17	ลค	20	วฤ	3	วค	2
รก	6	ลล	284	ลค	9	วล	1189	วค	1
รก	108	ลช	1	ลค	12	ลช	1054	ลช	3441

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ศค	12	ศ็	1492	ชก	49	สค	408	ส็	368
ศง	18	ศา	258	ชม	92	สค	163	ส็	24
ศจ	82	ศิ	933	ชย	28	สท	26	ส็	144
ชข	28	ศึ	16	ชว	239	สค	16	สฺ	2947
ศญ	3	ศึ	43	ชว	31	สน	754	สฺ	1229
ศฐ	14	ศึ	10	ชส	14	สบ	61	สเ	170
ศณ	16	ศุ	154	ชด	28	สป	43	สแ	37
ศด	14	ศู	1060	ชด	3	สผ	2094	สโ	37
ศต	11	ศุ	6	ช้	119	สพ	51	สใ	1947
ศท	2	ศเ	94	ช่า	2343	สป	15	สใ	23
ศค	33	ศแ	63	ชึ	64	สก	134	สจ	2
ศน	181	ศโ	10	ชึ	22	สม	1259	ส็	7
ศบ	35	ศไ	10	ชึ	927	สย	31	ส่	2918
ศป	31	ศ็	877	ชุ	10	สร	979	สั	39
ศผ	30	ชก	58	ชเ	25	สฤ	10	สั	188
ศพ	42	ชค	4	ชแ	15	สล	36	หก	13
ศภ	16	ชจ	9	ชโ	38	สว	479	หง	158
ศม	68	ชข	7	ช้	1279	สศ	29	หญ	231
ศย	12	ชญ	10	สก	374	สช	10	หค	6
ศร	1494	ชฎ	136	สข	1	สศ	153	หค	8
ศฤ	4	ชฎ	54	สค	63	สห	34	หท	18
ศล	16	ชฐ	364	สง	639	สป	3	หค	4
ศว	176	ชณ	3537	ศจ	36	สอ	236	हन	3757
ศศ	70	ชด	31	สข	20	สฮ	10	หบ	16
ศช	76	ชต	51	สข	21	สจ	82	หก	3
ศส	82	ชค	18	สฎ	6	สั	1789	หม	2171
ศห	19	ชน	39	สฐ	14	ศา	2836	หย	79
ศอ	5	ชบ	18	สณ	3	ส่า	360	หร	872
หฤ	9	ฬ	4	คด	214	ฮก	1	คค	985

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
หล	4381	ฟเ	3	อว	1074	ยง	6	ะฆ	1
หว	217	ฟแ	1	อศ	30	ยด	10	ะง	17
หอ	116	ฟ	1	อษ	39	ยน	1	ะจ	299
หะ	45	อก	4369	อศ	300	ยม	30	ะณ	6
ห้	2266	อข	143	อห	165	ยร	20	ะช	272
หา	8328	อค	999	ออ	391	ยว	7	ะช	32
हां	6	อง	12078	อะ	148	ยห	5	ะณ	8
หิ	101	อจ	130	อ์	854	ยอ	31	ะฐ	3
หึ	18	อช	48	อา	987	ยฮ	9	ะณ	32
หุ	44	อช	76	อำ	160	ยะ	8	ะด	232
หู	5	อญ	6	อึ	994	ยั	28	ะต	68
หึ	1333	อน	4	อึ	1968	ย่า	69	ะถ	96
ห่	16	อด	425	อื	5	อ้ำ	6	ะท	165
หื่อ	3262	อต	2352	อื	3444	ยื่อ	33	ะถ	47
หือ	4	อด	1068	อู	733	ยื่อ	14	ะน	248
หือ	171	อท	101	อู	4	ยื่อ	6	ะบ	2234
พค	7	อธ	22	อเ	559	ยู่	18	ะป	216
พท	3	อน	5407	อแ	191	ยื่อ	1	ะผ	61
พน	5	อบ	998	ออ	123	ยื่อ	4	ะฝ	6
พพ	8	อป	126	อไ	343	ยื่อ	1	ะพ	232
พม	2	อผ	264	อไ	1173	ยื่อ	32	ะฟ	328
พษ	2	อฝ	10	อๆ	3	ยื่อ	1	ะภ	165
พศ	17	อพ	939	อื	126	ยื่อ	15	ะม	1219
พห	18	อพ	52	อ๋	2202	ยบ	2	ะย	124
พพิ	48	อภ	232	อ์	335	ยม	3	ะว	143
พย	3	อม	2815	อื	73	ยศ	5	ะด	129
พ่า	103	อย	2583	อ์	107	ะก	317	ะว	450
พ้ำ	1	อร	3274	อ0	4	ะข	40	ะศ	75
ะษ	9	ัฒ	2852	าค	4186	าล	906	า1	2

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ะส	437	ัณ	176	าฆ	9	าว	3050	า3	1
ะห	139	ัด	525	าง	2690	าศ	407	า6	17
ะพ	1	ัต	1550	าจ	725	า๒	2312	า8	2
ะอ	227	ัท	585	าฉ	37	าส	4406	า๗	1
ะย	38	ัธ	24	าช	890	าห	1601	า	16
ะะ	8	ัน	6408	าข	43	าฬ	28	า	3
ะวิ	2	ับ	6441	าณ	45	าถ	1603	ำก	259
ะเ	3884	ับ	21	าญ	552	าธ	35	ำข	25
ะแ	929	ัพ	1556	าฎ	10	า๑	3	ำค	114
ะโ	393	ัฟ	11	าฐ	35	าะ	184	ำง	219
ะใ	207	ัม	249	าณ	458	าา	26	ำจ	75
ะไ	303	ัย	2048	าด	518	าอิ	8	ำช	30
ะอ	2	ัร	6	าด	1598	าอี	1946	ำด	158
ะ0	1	ัล	396	าถ	73	าอุ	1	ำต	181
ะ4	1	ัว	3539	าท	634	า	10	ำถ	34
ะ6	2	ัศ	189	าธ	496	า๒	5	ำท	63
ะ	3	ั๒	24	าน	12156	าเ	3447	ำธ	20
ะ	1	ัส	2651	าป	4408	าแ	684	ำน	176
ัก	5031	ัก	3	าป	490	าโ	2292	ำบ	22
ัก	7	ัก	4	าผ	1027	าใ	309	ำป	111
ัก	429	ัก	10	าฝ	13	าเ	1221	ำผ	2
ัก	2334	ัก	18	าพ	1392	า๑	1	ำฝ	6
ัก	122	ัก	1175	าฟ	79	า๑	2	ำพ	135
ัก	779	ัก	824	าก	757	าอี	15	ำฟ	3
ัก	2071	ัก	82	าม	8411	าอี	3	ำภ	14
ัก	31	ัก	14	าย	4871	าอี	1	ำม	103
ัก	91	าก	1831	าร	10728	าอ	14	ำย	9
ัก	677	าก	191	าร	33	า0	22	ำร	189
ำล	192	ิด	3117	ิเ	1336	ี๒	736	ีอ	49

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ำว	41	ิต	2270	ิแ	66	ีป	161	ี้ก	210
ำศ	29	ิถ	67	ิโ	129	ีผ	36	ี้ค	10
ำษ	1	ิท	887	ิไ	6	ีพ	274	ี้ง	380
ำส	110	ิธ	1415	ิใ	127	ีฟ	5	ี้ณ	1
ำห	307	ิน	2582	ิว	3377	ีก	79	ีน	13
ำอ	104	ิบ	233	ิว	325	ีม	131	ีบ	15
ำเ	1192	ิป	207	ิว	124	ีย	5148	ีย	18
ำแ	83	ิผ	9	ิว	85	ีร	913	ีส	6
ำโ	34	ิฝ	17	ิว	1210	ีฤ	3	ี้	3
ำไ	37	ิพ	840	ิว	1	ีล	89	ี้	6
ำใ	189	ิฟ	9	ีก	922	ีว	686	ี้	564
ำอ	1	ิก	278	ีช	78	ีศ	98	ี้	102
ิก	2211	ิม	1949	ีค	164	ีษ	27	ี้	3
ิช	75	िय	576	ีง	6	ีส	571	ี้	4
ิค	189	ีร	1951	ีจ	289	ีห	157	ีก	1
ิฆ	7	ิฤ	6	ีฉ	10	ีฬ	72	ีค	943
อิง	1071	ิล	687	ีช	363	ีโอ	168	ีง	10
ิจ	955	ีว	706	ีช	31	ีส	3	ีช	14
ิช	18	ิศ	780	ีญ	14	ี้	3	ีส	1
ิช	1011	ีษ	442	ีส	16	ี้	1497	ีด	21
ิช	43	ิส	699	ีท	22	ีแ	237	ีท	1
ิณ	6	ีห	44	ีน	116	ีโ	440	ีน	69
ิญ	544	ีฬ	2	ีด	477	ีไ	1102	ีบ	24
ิญ	3	ีโอ	1163	ีด	75	ีไ	79	ีป	943
ิส	187	ีส	14	ีถ	15	ีๆ	9	ีพ	973
ิน	171	ีอิ	23	ีท	288	ี้	5509	ีก	3
ำด	192	ีอ	9	ีธ	55	ิว	2834	ีม	991
ำว	41	ีบ	1	ีน	565	ี้	75	ีร	16
ีล	9	ุป	91	ุค	333	ุช	6	ุห	2

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ัว	9	ุฬ	7	ูง	56	ูอ	1	฿ฟ	3
ิศ	973	ุฬ	337	ูจ	16	ูเ	149	฿ิ	1
ีห	973	ุภ	339	ูช	86	ูแ	202	฿	1
ือ	6974	ุม	568	ูช	42	ูโ	554	฿฿	20
็็	38	ุย	82	ูญ	38	ูใ	13	฿1	4
็เ	974	ุร	1095	ูท	10	ูไ	53	เก	3202
็โ	973	ุล	1402	ูฒ	1	ู๋	2835	เข	1900
็ใ	922	ุว	481	ูณ	80	ู๋	3332	เค	2385
็๋	10677	ุศ	44	ูด	52	ู๋	20	ง	1076
็๋	251	ุช	101	ุต	39	ู๋	295	เจ	1223
็ร์	6	ุส	122	ูท	381	ุฒ	3	เค	205
ุก	723	ุห	17	ูห	16	ุม	1	เข	658
ุช	616	ุฬ	50	ูน	1241	ุช	5	เข	226
ุค	4433	ุอ	20	ูบ	41	ุห	1	เณ	16
ุง	239	ุุ	1	ูป	540	ุอ	10	เด	828
ุจ	153	ุุ	3	ูฬ	5	ุา	4	เต	629
ุช	340	ุเ	119	ูฬ	6	ุิ	11	เก	48
ุญ	641	ุแ	6	ูฬ	4	ุุ	9	เท	605
ุฐ	2	ุโ	38	ูภ	26	ุ฿	2	เห	125
ุท	197	ุใ	9	ูม	214	ุโ	6	เน	521
ุฒ	321	ุไ	66	ุย	28	ุ6	4	เป	1324
ุณ	4220	ุ๋	2188	ูร	324	ุว	1	เป	4197
ุค	558	ุ๋	400	ูด	1870	ุช	3	เผ	133
ุค	403	ุ๋	140	ูว	118	ุห	4	เพ	4675
ุท	638	ุ๋	18	ุศ	52	ุเ	3	เฟ	71
ุห	184	ุร์	106	ุส	59	ุ๋	1	ภา	1837
ูน	458	ูก	2798	ุห	144	฿ค	1	เม	1954
ูบ	63	ุช	7	ุอ	47	฿ช	1	เย	264
เว	8983	แพ	1174	โญ	15	ไบ	47	ไว	180

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
เล	945	แพ	160	โณ	14	ไม	1	ไษ	9
เว	1303	แม	181	โด	686	โย	8	ไส	18
เส	181	แย	101	โต	198	โร	1	ไห	167
เช	5	แร	61	โท	1124	ไส	142	ไอ	240
เส	799	แล	3811	โน	157	ไห	3426	ไฮ	4
เห	2819	แว	51	โป	68	ไ	4	ไ	1
เอ	1342	แช	2	โป	179	โก	163	ไ	21
เฮ	70	แส	1436	โพ	447	ไช	1045	ไ	973
เ	2	แห	1053	โฟ	45	โค	9	ไ	5
เ	1	แอ	1183	โก	60	ง	19	กค	1
แ	68	แฮ	7	โม	91	ไจ	6	กช	3
แก	999	แแก	10	โย	393	ไช	211	กส	3
ช	26	ไ	4	โร	309	ไช	162	กจ	2
แค	127	ไ	5	โล	135	โค	2023	ก	2
แก	4	ไ	9	โว	17	โต	27	กก	107
แจ	197	ไ	7	โค	16	โท	1107	กข	811
แค	3	แ1	2	ไส	231	ไธ	40	กค	33
แช	57	แ3	2	ไห	395	โน	6	กจ	19
แช	165	แ6	1	ไอ	2457	โป	8	กข	1
แค	116	โก	192	ไฮ	20	โป	2203	กข	193
แค	151	ไช	25	โ	1	ไผ	24	กค	15
แค	173	โค	101	โก	1	โพ	277	กค	4
แห	77	โฆ	1977	โค	45	โฟ	10	กค	2
แน	83	ง	18	จ	2799	โก	4	กท	80
แบ	1465	จ	419	ช	4199	ไม	1109	กน	16
แบ	180	จ	7	โค	35	โย	6	กข	13
แผ	5	ช	298	โต	25	โร	265	กข	1
แผ	4	ช	48	โน	5089	โล	116	กพ	40
ก	14	ม	186	ด	161	ไ	270	ด	106

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
๑ย	1	็ร	5	่ต	698	่๑	3	็ว	1293
๑ร	12	็ว	15	่ถ	16	่ั	2	็ศ	6
๑ถ	3	็ช	11	่ท	769	่๐	6	็ช	21
๑ด	4	็ส	3	่ธ	15	็ก	130	็ส	970
๑ว	78	็ห	4	่น	4950	็ข	28	็ห	127
๑ช	47	็อ	1040	่บ	56	็ค	1646	็อ	5304
๑ส	26	็ิ	2	่ป	58	็ง	3014	็ฮ	1
๑ท	168	็เ	6	่ผ	22	็จ	175	็ะ	6
๑อ	291	็แ	3	่พ	275	็ฉ	982	็่า	8362
๑ฮ	1	็ไ	4	่ภ	15	็ช	289	็ั	179
๑เ	340	็ไ	5	่ม	2722	็ช	30	็ิ	38
๑แ	734	็็	33	่ย	2384	็ญ	3	็ุ	1
๑โ	2	็ั	1	่ร	1418	็ฐ	1	็เ	2200
๑ใ	38	็็	3	่ล	43	็ณ	3	็แ	141
๑ไ	8	็๖	12	่ว	7041	็ด	1436	็โ	145
๑๑	54	็๗	1	่ศ	10	็ต	37	็ไ	1016
๑□	5	็□	6	่ช	12	็ถ	56	็ไ	346
็ก	955	็□	3	่ส	376	็ท	327	็๑	7
็ค	317	่ก	95	่ห	82	็น	7457	็็	4
็ง	67	่ข	67	่อ	11398	็บ	256	็ั	3
็จ	14	่ค	433	่ฮ	6	็ป	1806	็ั	3
็ช	113	่ง	5424	่ะ	86	็ผ	20	็็	3
็ญ	122	่จ	360	่า	6868	็พ	1019	็๐	5
็ด	23	่ฉ	20	่ั	63	็ฟ	6	็	1
็ต	14	่ช	60	่เ	438	็ภ	7	็	1
็น	4867	่ช	35	่แ	212	็ม	476	็ก	171
็บ	311	่ญ	10	่โ	97	็ย	326	็ค	42
็ผ	11	่ณ	8	่ไ	1223	็ร	62	็ง	35
็จ	1	่ต	3	็ช	67	็อ	921	็□	1

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ัด	61	ัด	2	ัญ	15	ฮ	25	ค	9
ิต	20	ัน	31	ฐ	84	า	5	ผ	4
ิท	1	ับ	9	ท	8	ิ	959	พ	4
ิน	5	ับ	15	ณ	164	ี	1	ร	1
ีน	20	ัพ	17	ด	277	ุ	4	ช	9
ีบ	80	ัพ	2	ต	186	ุ	10	ห	15
ิป	9	ัม	31	ถ	56	เ	1495	เ	4
ิพ	3	ัย	36	ท	508	แ	921	อ	39
ิฟ	32	ัล	3	ธ	322	โ	430	ม	3
ิม	23	ัว	37	น	614	ไ	109	ช	4
ีย	76	ศ	7	บ	1275	ไ	870	พ	1
ิล	15	ษ	3	ป	495	3	1	แ	3
ิว	66	ส	6	ผ	36	6	10	ไ	1
ิศ	1	ห	49	ฝ	4	ค	2	11	2
ิษ	2	อ	126	พ	601	ฒ	4	13	1
ิส	16	า	75	ฟ	72	ท	1	ช	2
ิด	176	เ	42	ภ	200	ภ	11	3แ	4
ิะ	223	แ	33	ม	2342	ษ	6	3อ	2
ิา	90	โ	17	ย	195	ิ	1	4ป	1
ิว	1	ไ	4	ร	425	ุ	2	4ไ	1
ิว	2	ไ	1	ฤ	44	ธ	1	6ค	1
ัก	44	ัก	833	ล	309	แ	4	6ช	10
ัก	16	ัก	191	ภ	9	ิ	3	6ห	5
ัก	1	ัก	484	ว	887	ั	2	6ุ	4
ัก	104	ัก	51	ศ	399	อ	10	6แ	5
ัก	3	ัก	797	ษ	67	1	1	6ไ	1
ัก	83	ัก	64	ส	1476	3	2	6ภ	1
ัก	20	ัก	568	ห	318	6	4	6ิ	6
ัก	4	ัก	2	กบ	6	ัก	66	ัก	5

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
66	15	1	3	กป	3	กั	8	ขี้	13
69	9	5	1	กผ	2	กั	7	ขี้	1
6	32	6	20	กพ	7	กั	7	ข.	1
8ค	1	9	1	กภ	2	ก(	1	ข	19
8็	2		49	กม	14	ก.	1	คจ	16
9ล	9	ข	1	กย	15	ก	45	คจ	2
96	1	ค	1	กвр	17	ขค	1	คค	4
๗ั	1	ป	1	กล	19	ขง	12	คค	1
๗	1	ม	1	กว	10	ขญ	1	คท	1
๗	1	ห	1	กษ	2	ขต	2	คน	31
ค	15	พื	2	กส	5	ขถ	1	คป	13
ด	1	า	1	กห	4	ขน	7	คป	3
ถ	1	ิ	1	กอ	13	ขบ	3	คพ	3
บ	10	แ	1	กะ	2	ขภ	8	คม	6
ป	1	็	1	กา	89	ขม	1	คย	30
ม	1		8	กิ	15	ขย	2	คว	75
ร	1	กก	5	กึ	9	ขว	2	คค	6
๗	14	กข	4	กึ	2	ขอ	45	คว	11
ห	5	กค	11	กุ	16	ขะ	4	คส	1
พื	4	กง	13	กู	5	ขา	5	คห	1
ิ	2	กจ	10	กโ	1	ขุ	10	คค	18
฿	1	กช	4	กเ	31	ขู	2	คะ	75
เ	1	กฐ	1	กแ	8	ขเ	11	คา	22
แ	15	กณ	1	ก่า	11	ขแ	1	คิ	9
ใ	1	กต	4	กไ	6	ข่า	1	คิ	13
ไ	11	กต	6	กใ	1	ขใ	2	คิ	1
า	1	กท	31	กึ	9	ข็	1	คึ	8
็	12	กน	24	กั	1	ขั	2	คุ	16
คู	2	งม	17	จน	3	จ.	2	ขั	1

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
คโ	2	งย	7	จป	2	จ	33	ชั	3
คเ	10	งร	14	จป	1	จพ	1	ช้	29
คแ	1	งล	25	จผ	1	จฟ	1	ชั	19
คำ	1	งว	19	จม	6	จนา	1	ชั	1
คไ	1	งส	12	จย	4	จเ	1	ช"	1
คใ	4	งห	15	จร	14	จ	2	ช	18
ค้	3	งอ	84	จล	2	จ	2	ชป	1
คั	31	งฮ	1	จว	6	ชด	2	ชว	1
ค๋	62	งา	91	จศ	1	ชด	1	ชอ	1
คั	14	งิ	2	จส	1	ชท	1	ชา	1
คื	15	งี	19	จอ	2	ชน	7	ชี	1
ค.	4	งู	2	จะ	23	ชป	2	ชี	4
ค,	1	งู	1	จา	24	ชป	2	ชเ	3
ค	34	งเ	2	จิ	9	ชม	2	ชี	1
งง	2	งเ	37	จเ	12	ชย	5	ช	1
งจ	5	งแ	6	จเ	3	ชว	1	ชั	1
งช	10	ง่า	5	จ	4	ชว	1	ช	1
งช	1	งไ	18	จ	2	ชอ	16	ชั	1
งด	14	งเ	9	จเ	15	ชะ	5	ชว	1
งต	10	งั	39	จแ	7	ชา	26	ชว	16
งท	17	ง	22	จเ	3	ช	8	ชว	1
งธ	1	งั	17	จเ	12	ช	2	ช	3
งน	21	ง.	1	จ	2	ช	6	ช	1
งบ	6	ง	50	จ	9	ช	4	ช	1
งป	11	จณ	1	จ	8	ช	5	ช	3
งผ	2	จต	1	จ	14	ช	17	ช	16
งพ	12	จต	4	จ	14	ช	2	ช.	2
งภ	2	จท	3	จ	2	ช	4	ช	3
งม	2	ดย	5	ด.	2	ด	1	ทว	9

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ฐษ	1	ดว	10	ด?	1	ต)	1	ทว	10
ฐ์	2	ดล	4	ด	51	ต.	1	ทศ	2
ณท	1	ดว	10	ตถ	1	ต"	1	ทษ	1
ณน	1	ดส	15	ตท	1	ต	25	ทส	3
ณป	1	ดห	2	ตน	18	ถน	3	ทห	1
ณพ	2	ดอ	19	ตป	2	ถบ	1	ทอ	4
ณภ	1	ดะ	3	ตพ	1	ถป	1	ทะ	5
ณย	3	ดา	35	ตภ	1	ถม	1	ทา	64
ณร	1	ดี	28	ตม	1	ถย	2	ทิ	8
ณว	3	ดี	67	ตย	9	ถร	4	ทึ	60
ณษ	3	ดี	1	ตร	12	ถว	2	ทึ	1
ณา	1	ดี	7	ตล	9	ถอ	1	ทุ	15
ณี	1	ดุ	11	ตส	3	ถะ	1	ทู	1
ณุ	11	ดู	29	ตอ	20	ถา	2	ทโ	1
ณเ	1	ดโ	1	ตะ	6	ถี	15	ทเ	15
ณร์	3	ดเ	20	ตา	14	ถึ	1	ทแ	1
ณั	1	ดแ	4	ติ	23	ถู	1	ทำ	18
ณื	9	ด่ำ	5	ตี	3	ถู	1	ทไ	4
ณ	7	ดไ	29	ตี	4	ถแ	1	ทึ	2
ดด	19	ดไ	19	ตู	7	ถ์	1	ท็	3
ดต	7	ดี	4	ตโ	1	ถ่	3	ท้	31
ดถ	5	ดี	1	ตเ	6	ถั	11	ท่	18
ดท	6	ดี	19	ตแ	8	ถ	8	ทู้	13
दन	27	ดฯ	1	ดี	1	ทน	18	ทึ	1
ดบ	3	ด๋	4	ดี	6	ทบ	1	ท.	3
ดป	5	ดี	88	ดี	19	ทป	7	ท/	1
ดพ	7	ดี	3	ดี	20	ทม	4	ท	48
ดม	9	ดี	3	ดี	13	ทย	13	ทน	1
ดว	2	ดี	7	บย	2	ปพ	3	ผว	1

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ธห	1	นุ	6	บร	15	ปม	2	ฝู	2
ธอ	1	นุ	27	บด	2	ปย	3	ผแ	1
ธา	1	นเ	35	บว	11	ปร	18	ผ่	6
ธิ	3	นแ	13	บส	6	ปล	6	ผั	1
ธี	1	นำ	2	บห	3	ปว	3	ผ	11
ฑุ	2	นไ	6	บอ	28	ปส	1	ผร	1
ธเ	1	นใ	24	บะ	5	ปห	3	ผะ	2
นน	54	นึ	32	บา	14	ปอ	2	ผา	5
นบ	8	นั	4	บิ	5	ปะ	1	ผี	11
นป	6	นั	45	บึ	1	ปา	2	ผั	2
นผ	1	น๋	54	บุ	4	ปิ	6	ผ	15
นฝ	6	นั	68	บุ	1	ปุ	4	พฟ	2
นพ	7	นึ	21	บเ	10	ปู	4	พภ	2
นฟ	5	นั	3	บแ	11	ปโ	3	พม	4
นม	16	น(	1	บไ	3	ปเ	47	พย	5
นย	42	น.	1	บใ	1	ปแ	1	พร	19
นร	10	น,	3	บึ	4	ปไ	42	พล	18
นล	3	น/	1	บ็	1	ปใ	1	พว	3
นว	14	น-	2	บ้	104	ปึ	22	พส	1
นษ	1	น	120	บ่	6	ปื	1	พอ	2
นส	4	บบ	11	บ๊	19	ปึ	2	พะ	17
นท	57	บป	4	บ็	6	ป๋	3	พา	12
นอ	64	บผ	2	บ้	1	ป๊	2	พิ	6
นะ	59	บฝ	2	บ.	7	ปึ	3	พี	93
นา	79	บพ	19	บ,	1	ป๋	1	พี	27
นิ	22	บฟ	2	บ?	1	ป	13	พุ	2
นึ	45	บภ	1	บ"	1	ผม	21	พโ	1
นั	3	บม	4	บ	68	ผล	2	พเ	42
นเ	1	ภม	2	มฯ	1	ยึ	8	ร็	17

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ฟไ	1	ภอ	2	ม่	61	ยั	4	รั	101
ฟื	1	ภา	14	ม้	47	ย.	1	ร้	28
ฟึ	4	ภุ	1	มี	15	ย,	5	รึ	28
ฟุ	7	ภัก	5	ม-	1	ย?	2	ริ	18
ฟุ้	5	ภ	1	ม	62	ย/	1	ร(	1
ฟ	44	มม	9	ยย	31	ย	92	ร-	2
ฟฟ	6	มย	6	ยร	3	รร	6	ร	45
ฟย	1	มร	13	ยล	25	รล	1	ลล	3
ฟร	7	มด	2	ยว	92	รว	5	ลว	8
ฟว	2	มว	9	ยส	2	รศ	4	ลศ	1
ฟส	2	มส	10	ยห	6	รช	1	ลช	7
ฟอ	2	มห	19	ยอ	65	รช	6	ลห	30
ฟะ	1	มอ	21	ยา	87	รห	15	ลอ	13
ฟา	30	มะ	12	ยิ	3	รช	23	ละ	26
ฟิ	1	มา	104	ยึ	10	ระ	27	ลา	18
ฟึ่	1	มิ	6	ยุ	8	รา	86	ลึ	4
ฟู	1	มี	12	ยุ	10	ริ	16	ลึ	3
ฟุ้	7	มี	17	ยโ	3	ริ	11	ลึ	12
ฟเ	6	มุ	2	ยเ	24	ริ	3	ลู	3
ฟแ	2	มุ	2	ยแ	2	ริ	8	ลู	4
ฟไ	1	มโ	6	ยำ	1	รุ	7	ลเ	33
ฟื	1	มเ	74	ยไ	6	รุ	8	ลแ	56
ฟึ	9	มแ	3	ยใ	3	รโ	2	ล่ำ	12
ฟุ	26	มำ	4	ยึ	6	รเ	27	ลไ	7
ฟุ้	1	มไ	32	ย็	7	รแ	9	ลึ	3
ฟึ่	3	มเ	2	ยั	27	รไ	20	ลึ	2
ฟเ	1	มี	6	ยั	22	รโ	2	ลั	32
ฟ	13	ม้	28	ยั	13	ริ	3	ลั	12
ลั	39	ศไ	2	หโ	3	อำ	2	าแ	2

คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่	คู่อักษร	ความถี่
ลื	10	ศ	2	ห	12	อไ	13	าไ	16
ล/	1	ษา	4	หแ	3	อใ	5	าใ	2
ล	26	ชึ	2	หำ	3	อ็	3	าอ	89
วว	2	ชฤ	1	หไ	11	อึ	15	าอ	95
วส	23	ช้	3	หใ	40	อ๋	95	าอ	18
วห	20	ช	1	หึ	6	อึ	40	าอ	2
วอ	6	ชอ	3	ห้	2	อ+	2	า.	3
วะ	12	ชะ	6	ห้	7	อ.	5	า,	2
วา	53	ชา	27	ห่	15	อ	39	า	70
วิ	10	ลื	11	ห้	33	อึ	1	าเ	1
วี	1	ลื	9	ห้	1	อ	1	าเ	1
วุ	2	ลุ	18	ห(	1	ะ	49	า	11
วู	17	ลู	8	ห.	3	ะา	6	า	2
วโ	3	ลเ	8	ห	55	ะโ	2	าอ	3
วเ	17	ลแ	2	ห่า	1	ะเ	20	า	10
วแ	15	ล่ำ	4	หึ	1	ะแ	1	าอ	1
ว่า	1	ลไ	3	หอ	9	ะไ	10	าอ	1
วไ	5	ล	1	หฮ	1	ะไ	1	าเ	3
วี	3	ล้	15	หะ	17	ะอ	54	าเ	1
วั	41	ล่	14	หา	34	ะอ	4	าอ	2
ว่	72	ล้	1	หิ	13	ะอ	16	าอ	3
วู้	87	ล.	1	หึ	4	ะ.	3	า	146
วื	5	ล,	1	หึ	29	ะ?	1	า	47
ว้	2	ล	31	หุ	2	ะ"	1	าอ	2
ว	37	หอ	3	หุ	2	ะ	86	า	3
ศห	1	หะ	3	หโ	3	าา	5	า/	1
ศา	3	หา	64	หเ	23	าโ	1	า	15
ศเ	1	หึ	2	หแ	11	าเ	24	าเ	2
อ	2	เ.	2	อ	33	โ	8	อ	12

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรภาต สิมะธัมมันธ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551