สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ลายเซนต์

SIGNATURE ANALYSIS

วิทยานิพนธ์
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

นางสาวปิยมาศ โง้วมณี

MISS. PIYAMAS NGOWMANEE

T023850

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2538

ISBN 974-621-398-9

เลขหมู่
เลขทะเบียน 23850
วัน เดือน ปี 19 ก.ย. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

SIGNATURE ANALYSIS

PIYAMAS NGOWMANEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

GRADUATE SCHOOL

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1995

ISBN 974-621-398-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ลายเซนต์
นักศึกษา	นางสาวปิยมาศ โง้วม่ณี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2538

บทคัดย่อ

ลายเซนต์เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้แทนตัวบุคคลซึ่งนิยมใช้กันโดยทั่วไปทั้งนี้เนื่องจากลายเซนต์ของคนแต่ละคนจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ยากที่จะปลอมแปลงหรือลอกเลียนแบบได้ การพิสูจน์ส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการเปรียบเทียบด้วยสายตา ดังนั้น หากมีการนำคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่มาช่วยในการเก็บข้อมูลลายเซนต์และตรวจสอบ ก็จะทำให้การตรวจสอบลายเซนต์มีความสะดวกรวดเร็ว ความน่าเชื่อถือ และความถูกต้องมากขึ้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาลักษณะของลายเซนต์ เพื่อวิเคราะห์หาจุดเด่นของข้อมูลลายเซนต์ และนำลักษณะเด่นเหล่านั้นมาใช้ในการแยกแยะและพิสูจน์ลายเซนต์ โดยทำการรับข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่คอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ (On-line) ผ่านกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ (Digitizer) ซึ่งนอกจากจะได้ค่าพิกัดของลายเซนต์แล้ว ยังได้ข้อมูลเวลาในการเซนต์มาใช้ประกอบการวิเคราะห์ด้วย ทำให้การตรวจสอบมีความถูกต้องสูงขึ้น ต่างจาก การรับข้อมูลแบบออฟไลน์ (Off-line) ซึ่งจะได้เฉพาะค่าพิกัดของลายเซนต์เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก เป็นการรับข้อมูลลายเซนต์ซึ่งเซนต์ลงบนกระดาษไว้แล้วเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยผ่านสแกนเนอร์ (Scanner) จากนั้นก็จะนำข้อมูลที่ได้ไปทำการประมวลผลเบื้องต้น เพื่อตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาออกไป ซึ่งจะทำให้การดำเนินงานในขั้นต่อๆไปมีความถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น เมื่อได้ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลเบื้องต้นมาแล้ว ก็จะนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาลักษณะเด่นที่สามารถใช้เพื่อแยกแยะและพิสูจน์ลายเซนต์ได้ เมื่อมีข้อมูลลาย-เซนต์ที่ต้องการตรวจสอบเข้ามา จะนำลายเซนต์นั้นมาคำนวณหาลักษณะเด่นเดียวกันนี้ และนำไปเปรียบเทียบกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล เพื่อระบุว่าลายเซนต์นั้นเป็นของผู้ใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลอง โดยการใช้ผู้ทดลอง 20 คนเซนต์ลายเซนต์คนละ 20 ครั้ง เพื่อเก็บไว้เป็นลายเซนต์ในฐานข้อมูล ใช้จำนวนครั้งในการยกปากกา ค่าพิกัดตามแนวตั้ง ค่าพิกัดตามแนวนอน ความเร็ว ความเร่ง และทิศทางในการเซนต์เป็นลักษณะเด่นในการวิเคราะห์ และทำการเปรียบเทียบด้วยวิธี Ucledian Distance และ Syntactic Pattern Recognition สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้องร้อยละ 82 ถูกตัดทิ้งไปร้อยละ 10 และวิเคราะห์ผิดพลาดร้อยละ 18 ด้วยความเร็วในการวิเคราะห์เฉลี่ยประมาณลายเซนต์ละ 1 นาที โดยโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ลายเซนต์เขียนขึ้นจากภาษาเทอร์โบปาสคาลสำหรับวินโดว์ (Turbo Pascal for Windows) ภายใต้วินโดว์เวอร์ชัน 3.11 บนเครื่อง IBM Compatible ซึ่งทำงานที่ความเร็ว 32 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Signature Analysis
Student	Miss. Piyamas Ngowmanee
Thesis Advisor	Assistant Prof. Dr.Boonwat Attachoo
Level of Study	Master of Science Program in Computer Science and Information Technology
	Mathematics and Computer Science Department
	Faculty of Science
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1995

ABSTRACT

The signature is an important feature that have been used to identify signer and admire all the world because the signature of different persons have the different characteristics and it is difficult to forge. The verification method that generally use is the comparision by eyesight. Computer which is a new technology can improve the ways we store and verify the signature so the signature verification is convenient, speedily and reliable more than the ways we use now.

This thesis study a characteristics of the signature, analyse the features of signature and use these features to verify genuine or forgery signature. The online signature is fed to the computer pass a digitizer which provide not only a coordinates information but a timing information too. The verification process which use a timing information, will have a higher accuracy than a process that use only a coordinate of the signature. When we get a signature data from an input device, we do preprocessing to remove spurious information. Next, the feature extraction process is done. When we want to verify a signature, we will input the signature to a computer pass a digizer and extract the features of the signature. Then we will compare these features with the signatures in the reference database to identify the signer.

In the experiment, twenty persons signed their genuine signatures twenty times each into the reference database. By using stroke number, x-direction, y-direction, velocity, acceleration and direction of signature as features and using Ucledian Distance and Syntactic Pattern Recognition compare features of the input signature with features of the reference signatures we have eighty-two percentages correct, ten percentages reject, and eighteen percentages incorect. The speed of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

the verification process is about one minute. Program was written in Turbo Pascal for Windows which run under Microsoft Windows 3.11 on the 32 MHz IBM Compatible computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญวัฒน์ อัตชู ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นผู้ประสิทธิประสาทความรู้

ขอขอบพระคุณอาจารย์วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี ที่คอยห่วงใยและให้คำปรึกษาแนะนำมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ

ขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้

ปิยมาศ โง้วมณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญภาพประกอบ VIII

สารบัญตาราง IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1

1.3 ความแตกต่างระหว่างวิทยานิพนธ์นี้และงานวิจัยที่ผ่านมา 3

1.4 วิธีดำเนินงานโดยย่อ 3

1.5 ข้อจำกัดของระบบ 4

บทที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและลักษณะของข้อมูล 5

2.1 กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ 5

2.1.1 หลักการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์ป้อนข้อมูล 7

2.1.2 กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในงานวิจัย 13

2.2 ลักษณะของข้อมูล 14

2.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย 15

บทที่ 3 การระบุตัวบุคคลและการประมวลผลเบื้องต้น 17

3.1 การระบุตัวบุคคล 17

3.2 การประมวลผลเบื้องต้น 21

บทที่ 4 การเลือกลักษณะเด่น 29

4.1 ลักษณะเด่นที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ลายเซนต์ 29

4.2 ลักษณะเด่นที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 5 การเปรียบเทียบลายเซนต์ 36
5.1 การเปรียบเทียบแบบ Ucledian Distance 36
5.2 การเปรียบเทียบแบบ Syntactic 38

บทที่ 6 การตัดสินใจ 39
6.1 ความแตกต่างระหว่างลายเซนต์ 39
6.2 ค่าขอบเขตในการตัดสินใจ 58

บทที่ 7 ผลการทดลอง 60
7.1 โปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์ 60
7.2 ผลการตรวจสอบลายเซนต์ 64

บทที่ 8 บทสรุป 66
8.1 สรุปผลการทำงานของระบบ 66
8.2 ข้อจำกัดของระบบ 66
8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต 66

เอกสารอ้างอิง 68
ภาคผนวก ก. ผังงานการวิเคราะห์ลายเซนต์ 70
ภาคผนวก ข. โปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์ 74
ภาคผนวก ค. บทความการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย 110
ประวัติผู้เขียน 117

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของข้อมูล 5
ตารางที่ 2.2 ค่าบิทแฟลกของการกด 7
ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะเด่นของลายเซนต์จริง 37
ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ไม่ถูกต้อง 37
ตารางที่ 6.1 ผลการเปรียบเทียบลายเซนต์ 59
ตารางที่ 7.1 สรุปผลการวิเคราะห์ลายเซนต์ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ 6
รูปที่ 2.2 ผังงานสำหรับโปรแกรมหลักในการอ่านข้อมูลและควบคุม
กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ 8
รูปที่ 2.3 ผังงานการรับและถอดรหัสข้อมูล 9
รูปที่ 2.4 โปรแกรมย่อยในการรับข้อมูล 11
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลลายเซนต์ 16
รูปที่ 3.1 ประเภทของการระบุตัวบุคคล 18
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการพิสูจน์ลายเซนต์ 19
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างลายเซนต์ 24
รูปที่ 3.4 ตัวอย่างลายเซนต์จริงและลายเซนต์ที่ผ่านการ Normalization แล้ว 28
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวนอน 33
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวตั้ง 34
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างกราฟความเร็วในการเซนต์ 34
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างกราฟความเร่งในการเซนต์ 35
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟทิศทางในการเซนต์ 35
รูปที่ 6.1 การแบ่งประเภทของความแตกต่าง 39
รูปที่ 6.2 กราฟค่าพิกัดตามแนวนอนของบุคคลต่างๆ 43
รูปที่ 6.3 กราฟค่าพิกัดตามแนวตั้งของบุคคลต่างๆ 46
รูปที่ 6.4 กราฟความเร็วของบุคคลต่างๆ 49
รูปที่ 6.5 กราฟความเร่งของบุคคลต่างๆ 52
รูปที่ 6.6 กราฟทิศทางในการเซนต์ของบุคคลต่างๆ 55
รูปที่ 6.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องและค่าขอบเขต
ในการตัดสินใจ 58
รูปที่ 7.1 เมนูหลักของโปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์ 60
รูปที่ 7.2 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่ฐานข้อมูล 61
รูปที่ 7.3 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ 61
รูปที่ 7.4 ตัวอย่างลายเซนต์และกราฟลักษณะเด่นของลายเซนต์ 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการต่างๆ อย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็วในการทำงาน จุดหนึ่งที่ควรมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการทำงานก็คือ การตรวจสอบลายเซนต์ ซึ่งเป็นวิธีการพิสูจน์ตัวบุคคลที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อภายในหน่วยงาน หรือ การติดต่อกับสถานที่ราชการและสถาบันการเงินต่างๆ แต่ในปัจจุบันนี้การตรวจสอบลายเซนต์ยังคงทำด้วยวิธีการเปรียบเทียบด้วยสายตา ซึ่งบางครั้งอาจเกิดความล่าช้าและมีโอกาสผิดพลาดได้ โดยเฉพาะเมื่อเอกสารที่มีตัวอย่างลายเซนต์ เช่น สมุดเงินฝากหาย จะทำให้ไม่มีข้อมูลอ้างอิงในการตรวจสอบ และการปลอมแปลงก็สามารถทำได้ไม่ยาก ดังนั้น เพื่อความสะดวกและความถูกต้องในการตรวจสอบลายเซนต์ จึงควรมีการนำคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาใช้ นอกจากนี้ ความเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ยังทำให้เรามีอุปกรณ์ต่อพ่วงที่มีประสิทธิภาพมาช่วยเพิ่มความสะดวกในการทำงานอีกด้วย เช่น กระดานอิเล็กทรอนิกส์ (DIGITIZER) ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ (On-line) ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในการตรวจสอบลายเซนต์มากกว่าการใช้สแกนเนอร์ (Scanner) อ่านข้อมูลลายเซนต์ที่เซนต์ไว้บนกระดาษเข้าสู่คอมพิวเตอร์ คือ ข้อมูลเวลา ซึ่งจะช่วยเพิ่มความถูกต้องในการตรวจสอบ และลดโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดลงได้มาก

1.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 COMPUTER DETECTION OF FREEHAND FORGERIES, ROGER N.NAGEL AND AZRIEL ROSENFELD, IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER. VOL C-26, NO. 9, SEPTEMBER 1977.

งานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบลายเซนต์บนเช็คธนาคาร ซึ่งเป็นการตรวจสอบลายเซนต์แบบออฟไลน์ (Off-line) โดยใช้อัตราส่วนของขนาด (size ratio) และความเอียง (slant) ของลายเซนต์ โดยเริ่มต้นจะทำการ Automatic thresholding เพื่อแยกลายเซนต์ออกมาจากฉากหลัง, Analysis of projections เพื่อทำการแบ่ง (segment) ลายเซนต์ออกเป็นบริเวณตามแนวตั้ง (vertical zones), Detection of tall letter เพื่อ แบ่ง (segment) ตัวอักษรนั้นออกเป็นบริเวณตามแนวนอน (horizontal zones), และระบุตัวอักษรที่มีขนาดยาวนั้นตามตัวสะกดของลายเซนต์ โดยสมมติว่าทราบว่าลายเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นสะกดอย่างไร จากผลการทดสอบโดยใช้กลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก พบว่า งานวิจัยนี้สามารถตรวจหาลายเซนต์ปลอมได้เป็นอย่างดี คือ ในการทดลองครั้งแรก ซึ่งใช้ลายเซนต์จริง 6 ลายเซนต์ และลายเซนต์ปลอม 9 ลายเซนต์ พบว่า ค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ลายเซนต์จริงได้ถูกต้องเท่ากับ 92% และค่าเฉลี่ยในการตรวจพบลายเซนต์บลอมเท่ากับ 100% ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 ซึ่งใช้ลายเซนต์จริง 5 ลายเซนต์ และลายเซนต์ปลอม 5 ลายเซนต์ พบว่าสามารถวิเคราะห์ลายเซนต์จริงได้ถูกต้อง 38% และ ลายเซนต์ปลอม 100%

1.2.2 SIGNATURE RECOGNITION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS, CHAN F. LAM AND DAVID KAMIN. PATTERN RECOGNITION, VOL 22, NO.1, PP. 39-44, 1989

งานวิจัยนี้เป็นการใช้ Fast Fourier transformation แปลงลายเซนต์ที่ทำการ normalization แล้วไปเป็น frequency domain แล้วจึงเลือก harmonic amplitudes เป็นลักษณะเด่นสำหรับใช้ในการวิเคราะห์แบบ stepwise discriminant analysis โดยจะรับลายเซนต์เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ จากผลการทดลองโดยใช้ลายเซนต์จริง 8 ลายเซนต์ของบุคคล 1 คน และลายเซนต์บลอมของผู้อื่น 19 คนๆ ละ 8 ลายเซนต์ พบว่ามีอัตราความผิดพลาด 2.5%

1.2.3 HANDWRITER IDENTIFICATION FROM ONE-BIT QUANTIZED PRESSURE PATTERNS, K.P. ZIMMERMANN AND M.J. VARADY, PATTERN RECOGNITION, VOL 18, NO.1, PP. 63-72, 1985.

งานวิจัยนี้เป็นการรับลายเซนต์เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ด้วยความถี่ในการสุ่ม 100 MHz และเก็บข้อมูลลายเซนต์ไว้ในรูป rectangular waveform แล้วใช้ analog pressure pattern ของลายเซนต์เป็นลักษณะเด่นของข้อมูล จากผลการทดลองกับกลุ่มทดลอง 9 คน ซึ่งเซนต์ลายเซนต์คนละ 10 ครั้ง พบว่า อัตราการรู้จำโดยรวมอยู่ระหว่าง 50%-70% และมีอัตราการวิเคราะห์ผิดพลาดโดยยอมรับลายเซนต์ปลอม 4%-12% ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่า สาเหตุที่อัตราความผิดพลาดยังสูงอยู่เนื่องจากไม่ได้นำข้อมูลเวลา ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ มาพิจารณาร่วมด้วย

1.2.4 ON-LINE RECOGNITION BY DEVIATION-EXPANSION MODEL AND DYNAMIC PROGRAMMING MATCHING, CHANG KENG LIN, KO-CHIN FAN AND FRANK TZE-PA LEE. PATTERN RECOGNITION, VOL 26, NO. 2, PP. 259-268, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้เป็นระบบการรู้จำตัวอักษรภาษาจีนแบบออนไลน์ โดยใช้วิธี Model base recognition และใช้ stroke เป็นลักษณะเด่น สำหรับการประเมินความคล้ายของตัวอักษรในฐานข้อมูลและตัวอักษรที่ต้องการตรวจสอบนั้นใช้วิธี Dynamic programming matching ในการวิจัยนี้ได้ใช้ตัวอักษรตัวอย่างจำนวน 54,000 ตัว ซึ่งเขียนใน square style โดยบุคคล 10 คน ส่วนในฐานข้อมูลมีตัวอย่างตัวอักษร 5,400 ตัว อัตราการรู้จำที่ได้เท่ากับ 87.4% อัตราการแยกแยะสะสมในการเลือกตัวอักษร 3 ตัวที่ใกล้เคียงที่สุดเท่ากับ 94.3% อัตราการแยกแยะสะสมในการเลือกตัวอักษร 10 ตัวที่ใกล้เคียงที่สุดเท่ากับ 98% ส่วนที่เหลืออีก 12.3% เป็นอัตราความผิดพลาดของระบบ (system error rate) โดยเวลาเฉลี่ยในการรู้จำเท่ากับ 2.5 วินาทีต่อตัวอักษรหนึ่งตัว

1.3 <u>ความแตกต่างระหว่างวิทยานิพนธ์นี้และงานวิจัยที่ผ่านมา</u>

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษางานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น และนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับเครื่องมือที่มี และเป้าหมายที่ต้องการ คือ การวิเคราะห์ลายเซนต์แบบบออนไลน์ โดยนำวิธีการต่างๆ มาปรับปรุง เนื่องจากงานวิจัยบางงานก็เป็นการรู้จำแบบออฟไลน์ บางงานเป็นงานวิจัยแบบออนไลน์แต่ปัญหาที่สนใจแตกต่างจากในวิทยานิพนธ์ เช่น การรู้จำลายมือเขียน บางงานเป็นการรู้จำลายเซนต์แบบออนไลน์ แต่ก็เป็นการใช้ลักษณะเด่นอื่นที่ไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ และมีการศึกษาเพิ่มเติมจากทฤษฎีการรู้จำ เพื่อพัฒนาเป็นระบบการวิเคราะห์ลายเซนต์นี้ขึ้นมา

1.4 <u>วิธีดำเนินงานโดยย่อ</u>

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย โดยจะรับข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่เครื่องคอมพิว-เตอร์ผ่านกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลลายเซนต์ สำหรับใช้ในการตรวจสอบลายเซนต์ โดยจะไม่พิจารณาแรงกดปากกาในขณะเซนต์ จากนั้น เมื่อต้องการตรวจสอบลายเซนต์ ก็จะต้องเซนต์ลายเซนต์ลงบนกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่าลายเซนต์นั้นเป็นลายเซนต์ของผู้ใด โดยมีกระบวนการในการวิเคราะห์ลายเซนต์ดังนี้ คือ

1. การเชื่อมต่ออุปกรณ์สนับสนุน

ในการรับข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยผานกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ (DIGITIZER) นั้น จะต้องทำการเชื่อมต่อกระดาษอิเล็กทรอนิกส์เข้ากับคอมพิวเตอร์ และจัดทำโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้เป็นไปตามที่ต้องการก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประมวลผลเบื้องต้น

เมื่อรับข้อมูลจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์มาแล้ว จะต้องนำข้อมูลที่ได้นี้ไปทำการประมวลผลเบื้องต้นก่อน เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนและข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างแท้จริง ทำให้การดำเนินงานในขั้นต่อๆ ไปสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

3. การเลือกลักษณะเด่น

เมื่อได้ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลมาแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาคำนวณหาลักษณะเด่นที่จะใช้แทนข้อมูลลายเซนต์ ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์ลายเซนต์ได้ ถึงแม้ว่าลายเซนต์จะมีขนาดและทิศทางในการเซนต์เปลี่ยนแปลงไปก็ตาม

4. การเปรียบเทียบลายเซนต์

เมื่อคำนวณหาลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบได้แล้ว จะนำข้อมูลที่ได้นั้นไปเปรียบเทียบกับลักษณะเด่นของข้อมูลลายเซนต์ในฐานข้อมูลต่อไป

5. การตัดสินใจ

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินผลที่ได้จากการเปรียบเทียบ เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลลายเซนต์นั้นตรงกับลายเซนต์ในฐานข้อมูลหรือไม่ โดยอาศัยค่าขอบเขตค่าหนึ่ง ซึ่งกำหนดขึ้นมา ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับลายเซนต์หรือไม่

1.5 ข้อจำกัดของระบบ

ในการวิเคราะห์ลายเซนต์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้น จะถือว่าลายเซนต์แต่ละลายเซนต์ของบุคคลหนึ่งๆ จะมีขนาดใกล้เคียงกัน ถ้าลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบมีขนาดแตกต่างจากลายเซนต์ในฐานข้อมูลมาก การตรวจสอบจะไม่สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและลักษณะของข้อมูล

2.1 กระดาษอิเล็กทรอนิกส์

กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ (Digitizer) เป็นอุปกรณ์อินพุทชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะกายภาพภายนอกเป็นกระดานสี่เหลี่ยมแผ่นหนึ่งพร้อมกับปากกา (stylus) หรือ เคอร์เซอร์ (cursor) ดังรูป 2.1

โดยกระดาษอิเล็กทรอนิกส์จะทำการแปลงข้อมูลด้านกราฟฟิกเป็นข้อมูลด้านดิจิตอล ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ในระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีอัตราการส่งข้อมูล (Baud rate) ระหว่าง 75 - 19,200 baud (แต่โดย ทั่วไปจะกำหนดไว้ที่ 9600 baud) และ มีรูปแบบข้อมูลดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 รูปแบบของข้อมูล

START BIT	MSB 8	7	6	5	4	3	2	1	LSB 0	STOP BIT	TRANSMISSION SEQUENCE
1	P	PH	PR	0	Sx	Sy	Fc	Fb	Fa	0	1st byte
1	P	0	X6	X5	X4	X3	X2	X1	X0	0	2md byte
1	P	0	X13	X12	X11	X10	X9	X8	X7	0	3rd byte
1	P	0	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	0	4th byte
1	P	0	Y13	Y12	Y11	Y10	Y9	Y8	Y7	0	5th byte

ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

LSB = บิทที่มีนัยสำคัญน้อยสุด (Least significant bit)

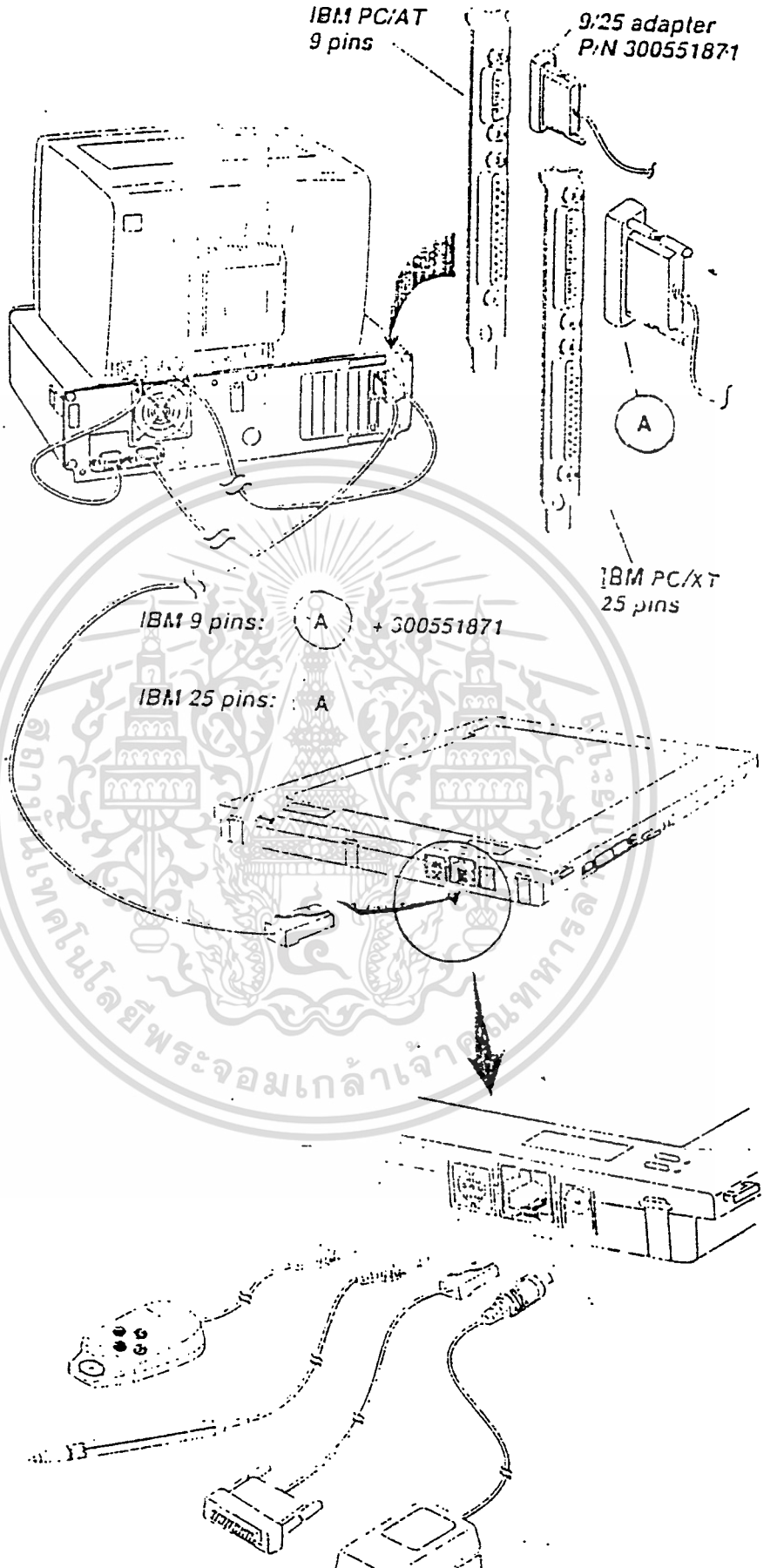
MSB = บิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most significant bit)

F = บิทแฟลกที่ใช้ในการระบุว่า ปุ่มบนตัวปากกา หรือเคอร์เซอร์กำลังถูกกดอยู่ ซึ่งมีค่าได้ต่าง ๆ กัน แล้วแต่ว่าปุ่มไหนจะถูกกด ดังตารางที่ 2.2

Sx และ Sy = บิทเครื่องหมาย สำหรับแกน x และแกน y ตามลำดับ ถ้ามีค่าเป็น 1 จะเป็นค่าบวก แต่ถ้าเป็น 0 จะเป็นค่าลบ

PR = บิทที่ใช้บอกถึงสถานะว่า ตัวเคอร์เซอร์หรือปากกาอยู่ในขอบเขตที่สามารถทำให้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์รายงานตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่ คือถ้ามีค่าเป็น 0 แสดงว่าอยู่ในขอบเขต ถ้ามีค่าเป็น 1 แสดงว่าอยู่นอกขอบเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.1 ส่วนประกอบของกระดานอิเล็กทรอนิกส์

PH = บิทเฟส ซึ่งถูกเซตค่าเป็น 1

P = บิทพาริตี้ ซึ่งจะมีหรือไม่มีก็ได้ โดยถ้ามีก็จะมีในทุกไบท์ของข้อมูล และเป็นพาริตี้คี่

X0 ถึง X13 = บิทที่ให้ค่าพิกัดในแนวแกน X

Y0 ถึง Y13 = บิทที่ให้ค่าพิกัดในแนวแกน Y

นอกจากนี้ยังมี บิทเริ่มต้น (start bit) ซึ่งมีค่าเป็น 1 และบิทสิ้นสุดที่มีค่าเป็น 0 ในข้อมูลทุกไบท์ด้วย เพื่อใช้ในการแยกข้อมูลแต่ละไบท์ออกจากกัน

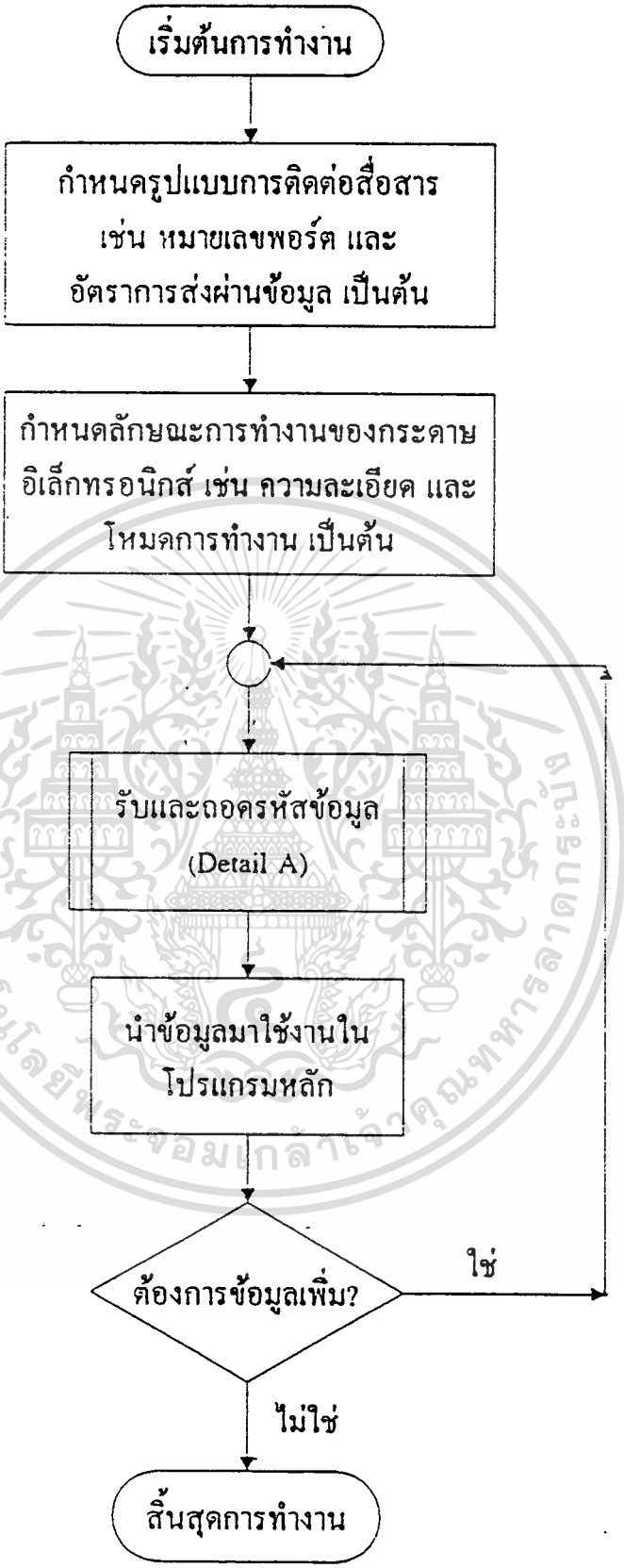
ตารางที่ 2.2 ค่าบิทแฟลกของการกด

Stylus Buttons	Puck Buttons	Binary Output Fc	Fb	Fa
none	none	0	0	0
tip button	1	0	0	1
barrel button	2	0	1	0
tip and barrel	3	0	1	1
.....	4	1	0	0
.....	1+2	0	1	1
.....	1+3	0	1	1
.....	1+4	1	0	0
.....	2+3	0	1	1
.....	2+4	1	1	0
.....	1+2+3	0	1	1
.....	1+2+4	1	1	1
.....	2+3+4	1	1	1
.....	1+2+3+4	1	1	1

2.1.1 หลักการทำงานและการควบคุมอุปกรณ์ป้อนข้อมูล

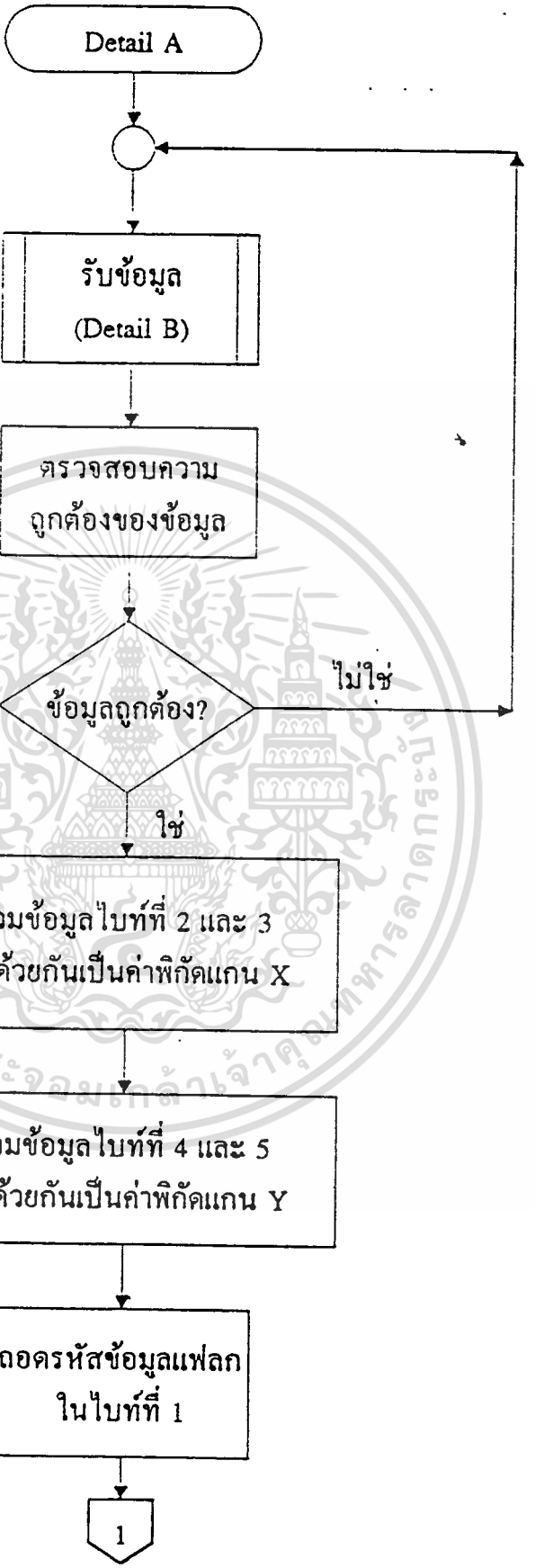
การนำกระดาษอิเล็กทรอนิกส์มาใช้งานในโปรแกรมโดยตรงนั้นทำไม่ได้ เนื่องจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ภายนอกที่คอมพิวเตอร์ไม่สามารถติดต่อได้โดยตรง จึงต้องมีส่วนของโปรแกรมเชื่อมต่อเป็นตัวกลางในการติดต่อ โดยตัวโปรแกรมนี้จะทำหน้าที่ในการรับและถอดรหัสข้อมูล เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ตามที่โปรแกรมหลักต้องการ โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมนี้สามารถแสดงได้ด้วยผังงาน (Flowchart) ดังรูปที่ 2.2 รูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



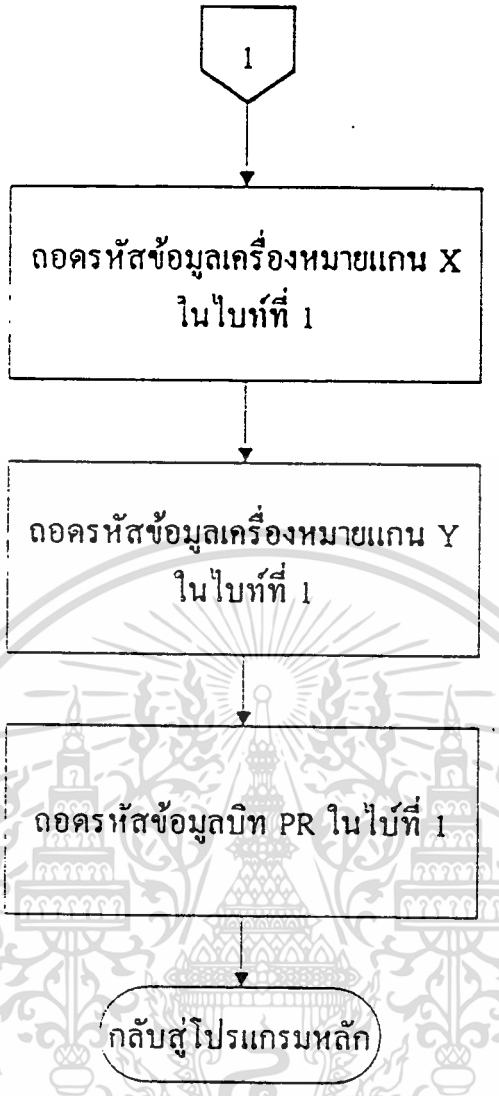
รูปที่ 2.2 ผังงานการอ่านข้อมูลและควบคุมกระดาษอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



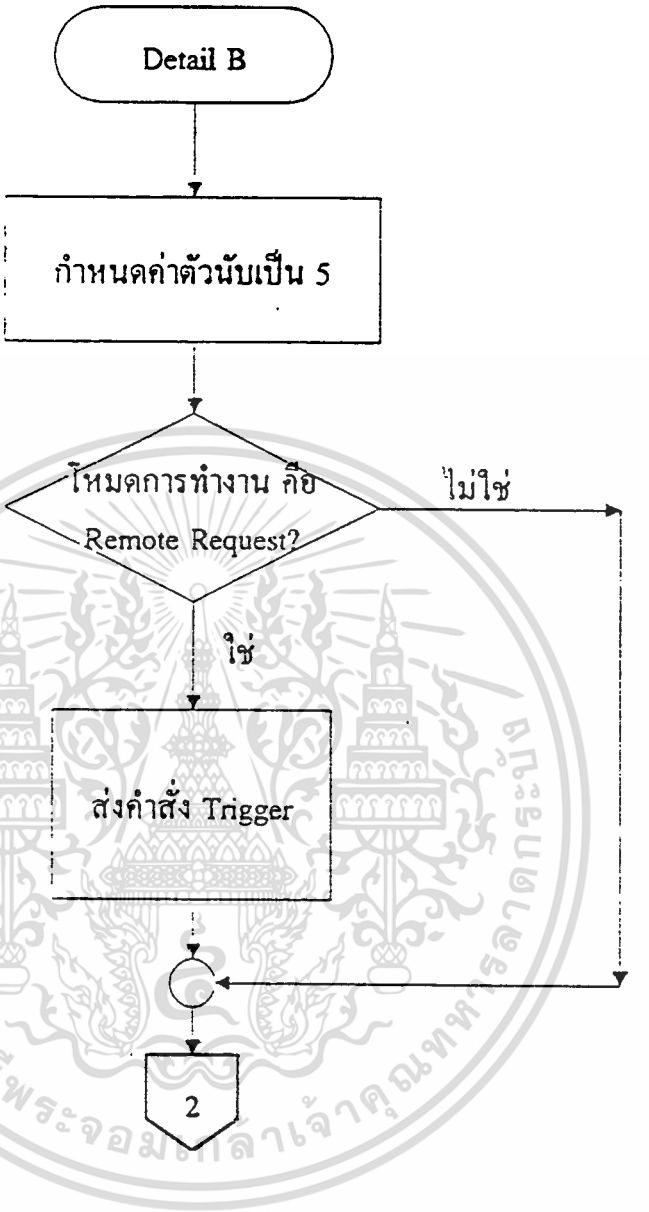
รูปที่ 2.3 Detail A : ส่วนของการรับและถอดรหัสข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



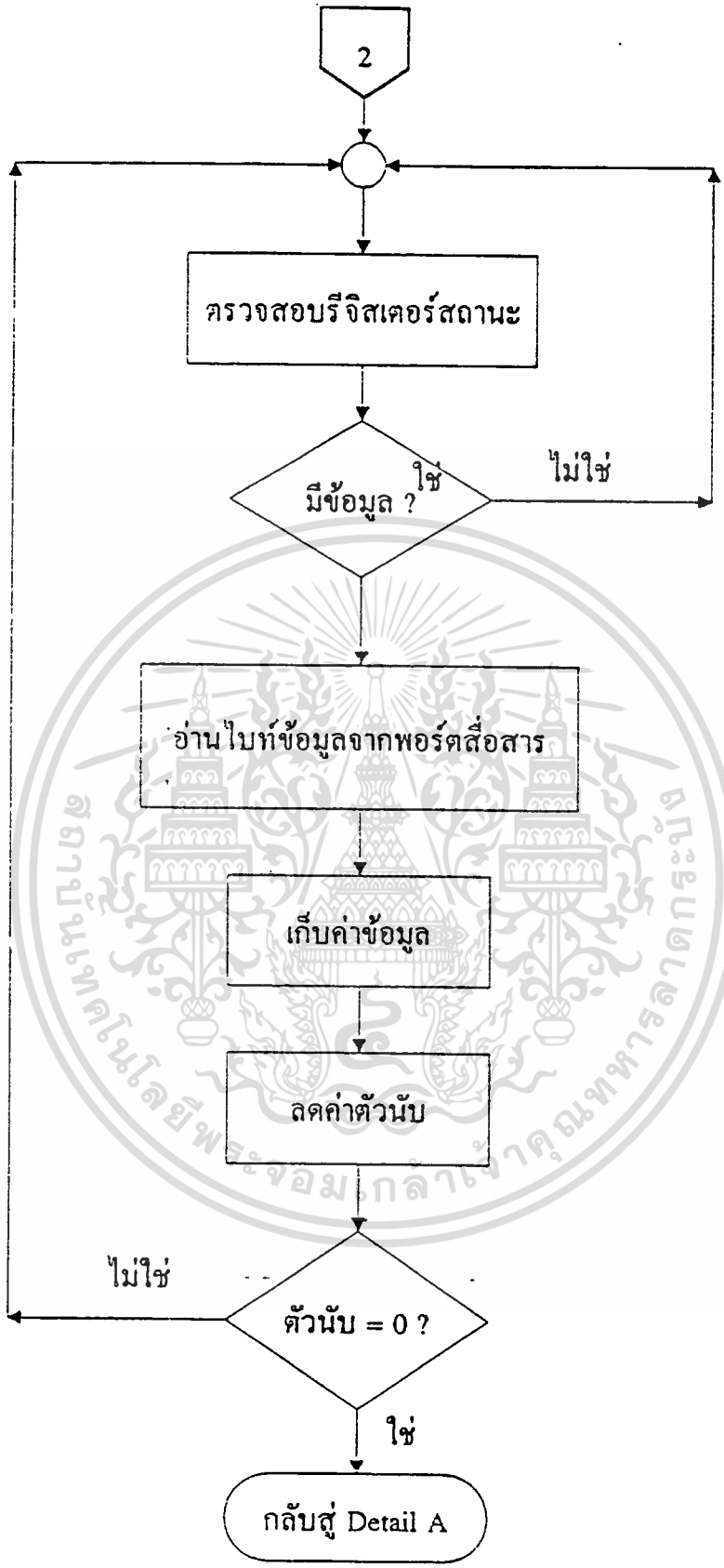
รูปที่ 2.3 Detail A : ส่วนจองการรับและถอดรหัสข้อมูล (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Detail B : ส่วนโปรแกรมย่อยในการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 Detail B : ส่วนโปรแกรมย่อยในการรับข้อมูล (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

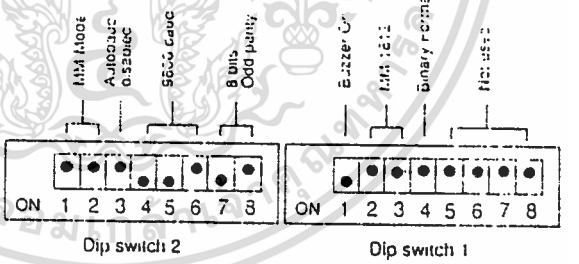
หมายเหตุ การทำงานของกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ มีโหมดการทำงานอยู่ 2 โหมด คือ โหมดการทำงานปกติ ซึ่งเป็นโหมดที่ถูกกำหนดให้ส่งค่าข้อมูลของจุดพิกัดกลับมาตลอดเวลา และโหมด Remote Request เป็นโหมดที่กระดาษอิเล็กทรอนิกส์จะให้ค่าข้อมูลก็ต่อเมื่อคอมพิวเตอร์ส่งคำสั่งมาทริกเท่านั้น

2.1.2 กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในงานวิจัย

กระดาษอิเลกทรอนิกส์ที่ใช้คือ Oce G6421 Digitizing Tablet ซึ่งใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Serial port COM1 (หรือ COM2) และติดตั้ง (install) ผ่าน Microsoft Window INSTALL program โดยจะต้อง กำหนดพารามิเตอร์ดังนี้

- MM emulation (MODEL MM 1812)
- Baud rate 9600 bps
- ข้อมูล (data) มีขนาด 8 บิท พาริตี้คี่ (Odd parity)
- output format เป็น binary format

โดยการกำหนด dip switch เป็น



สำหรับคุณลักษณะ (Specifications) **ทั่วๆไปของกระดาษอิเลกทรอนิกส์ตัวนี้มีดังนี้คือ**

- **ความละเอียดสูงสุด** (Maximum Resolution)

MM, Bit Pad One & Two Modes	508 lines per inch
CR Mode	254 lines per inch

- Reading Area 12 x 12 นิ้ว
- Proximity 0.20 นิ้ว (5.0 ม.ม.)
- Guaranteed Proximity 0.06 นิ้ว (1.5 ม.ม.)
- **ความแม่นยำสูงสุด** (Maximum Accuracy) 0.02 นิ้ว (0.5 ม.ม.)
- **อัตราการสุ่มสูงสุด** (Maximum Sampling Rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bit Pad One & Two Modes	150 จุดต่อวินาที (pps)
MM Mode	143 จุดต่อวินาที (pps)
CR Mode	72 จุดต่อวินาที (pps)
- โหมดการสุ่ม (Sampling Mode)	Switch Stream, Presence Stream , Point and Remote Mode
- รูปแบบของข้อมูล (Data Format)	
Bit Pad One & Two, MM Mode	BCD, Binary
CR Mode	CR (คล้ายกับ MM oacked binary format)
	Bit Pad One(compatible format)
	Bit Pad Two(compatible format)
- การเชื่อมต่อ (Interface)	Modified serial asynchronous
	EIA RS-232-C
Max, Baud Rate	19200 Baud
Autobaud (MM & CR modes)	

สำหรับความต้องการด้านฮาร์ดแวร์ (Hareware requirements) ของกระดาษอิเล็กทรอนิกส์คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะใช้ต่อกับกระดาษอิเล็กทรอนิกส์จะต้องมี serial port แบบ 9 ขา หรือ 25 ขา โดยถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์มี serial port แบบ 25 ขา ก็สามารถต่อกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ได้เลย แต่ถ้าเป็น serial port แบบ 9 ขา จะต้องมี converter แบบ 9/25 ขา มาต่อกับ serial port ก่อน จึงจะสามารถนำกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ไปต่อได้

2.2 ลักษณะของข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในรูปพิกัด (x,y) ซึ่งเป็นค่าพิกัดจริง เนื่องจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์มีโหมดการทำงานเป็นแบบ Absolute mode โดยจะถือว่าพิกัดเริ่มต้น ซึ่งอยู่ที่มุมบนขวา มีค่าพิกัดเท่ากับ (0,0) และจะตรงกับพิกัดของมุมบนขวาของจอภาพด้วย เมื่อกดปากกาลงบนกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ก็จะมีการส่งค่าพิกัดนั้นกลับมา ซึ่งแตกต่างจากเมาส์ที่ทำงานในแบบ Relative mode โดยถือว่าตำแหน่งของเคอร์เซอร์บนจอภาพนั้นเป็นฟังก์ชันของการเคลื่อนที่ของเมาส์ และจะไม่ขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้นของเมาส์บน pad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

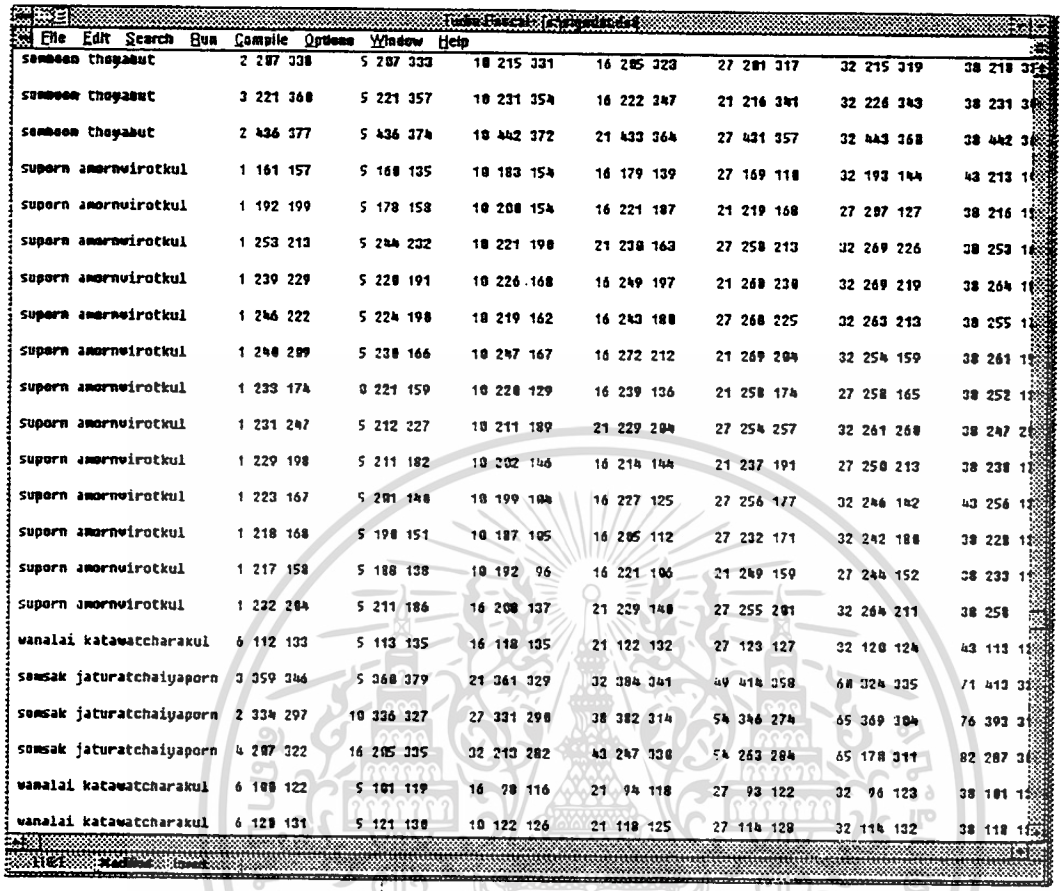
นอกจากค่าพิกัดของลายเซนต์ซึ่งได้จากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ข้อมูลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ เวลาในการเซนต์ โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลเวลานี้มาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์ สำหรับเวลาที่เก็บไว้รวมกับค่าพิกัดของลายเซนต์นี้จะรับมาจากระบบเมื่อมีการกดปากกาลงบนกระดาษอิเล็กทรอ-นิกส์แต่ละครั้ง จะถือว่าเป็นเวลาเริ่มต้น ซึ่งเท่ากับ 0.0000 นาที โดยข้อมูลเวลานี้มีความละเอียดสูงถึง 1/100 วินาที เนื่องจากการเซนต์ลายเซนต์ส่วนใหญ่จะใช้เวลาไม่นานนัก และเมื่อกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ส่งข้อมูลค่าพิกัดเข้ามายังคอมพิวเตอร์ ก็จะรับค่าเวลาของระบบในขณะนั้นเข้าไปเก็บไว้เป็นค่าเวลาในการเซนต์พิกัดนั้นๆ

ข้อมูลสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะนำมาพิจารณาร่วมด้วยก็คือ จำนวนครั้งในการยกปากกา (number of strokes) ซึ่งสามารถใช้ในการจัดกลุ่มของลายเซนต์ได้แบบคร่าวๆ ทำให้สามารถลดจำนวนครั้งในการเปรียบ เทียบลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบกับลายเซนต์ในฐานข้อมูลลงได้ส่วนหนึ่ง

2.3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับข้อมูลลายเซนต์ในฐานข้อมูลนั้น จะเก็บเป็นเท็กซ์ไฟล์ (Text file) ซึ่งลายเซนต์หนึ่งลาย-เซนต์จะถูกเก็บเป็นข้อมูลหนึ่งบรรทัดเท่านั้น เพื่อประหยัดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูล โดยข้อมูลหนึ่งบรรทัดจะประกอบด้วย ชื่อของเจ้าของลายเซนต์ จำนวนครั้งในการยกปากกา และค่าพิกัด x, y พร้อมทั้งเวลาในการเซนต์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



File Edit Search Run Compile Options Window Help

semsak thayakut	2 287 338	5 287 333	10 215 331	16 285 323	27 281 317	32 215 319	38 218 32
sumsak thayakut	3 221 368	5 221 357	10 231 354	16 222 347	21 216 341	32 226 343	38 231 3
semsak thayakut	2 436 377	5 436 374	10 442 372	21 433 364	27 431 357	32 443 368	38 442 3
suporn amornvirotkul	1 161 157	5 168 135	10 183 154	16 179 139	27 169 118	32 193 144	43 213 1
suporn amornvirotkul	1 192 199	5 178 158	10 208 154	16 221 187	21 219 168	27 287 127	38 216 1
suporn amornvirotkul	1 253 213	5 244 232	10 221 198	21 238 163	27 258 213	32 269 226	38 253 1
suporn amornvirotkul	1 239 229	5 228 191	10 226 168	16 249 197	21 269 238	32 269 219	38 264 1
suporn amornvirotkul	1 246 222	5 224 198	10 219 162	16 243 188	27 268 225	32 263 213	38 255 1
suporn amornvirotkul	1 248 289	5 238 166	10 247 167	16 272 212	21 269 284	32 254 159	38 261 1
suporn amornvirotkul	1 233 174	0 221 159	10 228 129	16 239 136	21 258 174	27 258 165	38 252 1
suporn amornvirotkul	1 231 247	5 212 227	10 211 189	21 229 204	27 254 257	32 261 268	38 247 2
suporn amornvirotkul	1 229 198	5 211 182	10 202 146	16 214 144	21 237 191	27 258 213	38 238 1
suporn amornvirotkul	1 223 167	5 201 148	10 199 108	16 227 125	27 256 177	32 246 182	43 256 1
suporn amornvirotkul	1 218 168	5 198 151	10 187 105	16 205 112	27 232 171	32 242 188	38 228 1
suporn amornvirotkul	1 217 158	5 188 138	10 192 96	16 221 106	21 249 159	27 244 152	38 233 1
suporn amornvirotkul	1 232 284	5 211 186	16 208 137	21 229 148	27 255 201	32 264 211	38 258
wanalai katawatcharakul	6 112 133	5 113 135	16 118 135	21 122 132	27 123 127	32 128 124	43 113 1
somsak jaturatchaiyaporn	3 359 346	5 368 379	21 361 329	32 384 341	49 414 358	68 324 335	71 413 3
somsak jaturatchaiyaporn	2 334 297	10 336 327	27 331 298	38 382 314	54 346 274	65 369 304	76 393 3
somsak jaturatchaiyaporn	4 287 322	16 285 335	32 213 282	43 247 338	54 263 284	65 178 311	82 287 3
wanalai katawatcharakul	6 108 122	5 101 119	16 98 116	21 94 118	27 93 122	32 96 123	38 101 1
wanalai katawatcharakul	6 128 131	5 121 138	10 122 126	21 118 125	27 114 128	32 114 132	38 118 1

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างข้อมูลลายเซนต์

โดยจากรูป สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นคอลัมน์ต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

คอลัมน์แรก คือ ชื่อเจ้าของลายเซนต์ ซึ่งมีความยาว 25 ตัวอักษร

คอลัมน์ที่สอง คือ จำนวนครั้งในการยกปากกา

คอลัมน์ต่อๆ ไป คือ ชุดของค่าพิกัด x, ค่าพิกัด y และเวลาในการเซนต์ค่าพิกัดนั้น ซึ่งมีความยาวได้ไม่จำกัด ขึ้นอยู่กับขนาดของลายเซนต์

สำหรับเวลาในการเซนต์ เมื่อมีการยกปากกาขึ้น จะกำหนดเวลาเริ่มต้นในการเซนต์ข้อมูล stroke ถัดไปให้เท่ากับ 0 เพื่อใช้ค่าเวลานี้ในการแบ่งแยก stroke ของลายเซนต์ แต่จากข้อมูลที่ได้พบว่า การส่งข้อมูลจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งควรจะมีช่วงระยะห่างในการส่งข้อมูลแต่ละจุดเท่ากันนั้น กลับไม่เป็นไปอย่างที่ควรจะเป็น คือ มีการส่งข้อมูลมาสองพิกัดในระยะเวลาเดียวกัน เนื่องจากมีข้อผิดพลาดในการส่งสัญญาณนาฬิการะหว่างคอมพิวเตอร์และกระดาษอิเล็กทรอนิกส์เพื่อบอกให้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ถ้าทำการทดลองโดยใช้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์อื่น ข้อมูลที่ได้อาจจะมีลักษณะแตกต่างจากนี้ ซึ่งก็อาจจะทำให้ผลการทดลองแตกต่างออกไปก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การระบุตัวบุคคลและการประมวลผลเบื้องต้น

3.1 การระบุตัวบุคคล (Personal Identification)

การพิสูจน์ตัวบุคคลโดยการวิเคราะห์ลายมือเขียนด้วยคอมพิวเตอร์ จัดอยู่ในการศึกษาเรื่อง Pattern Classification ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การพิสูจน์ลายเซนต์ (Signature Verification) และ การระบุตัวผู้เขียน (Writer Identification) โดยการดำเนินงานวิจัยทั้งสองด้านนี้จะต้องประกอบด้วยขั้นตอนการประมวลผล 4 ขั้นตอนคือ การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Data Preprocessing), การเลือกลักษณะเด่น (Feature Extraction), การดำเนินการเปรียบเทียบ (Comparisn Process) และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ (Performance Analysis)

นอกจากนี้ ปัญหาการพิสูจน์ตัวบุคคลยังสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทย่อยๆ คือ "การหยั่งรู้", "การรู้จำ", "การระบุตัวบุคคล" และ "การพิสูจน์ตัวบุคคล" ขึ้นอยู่กับความรู้เกี่ยวกับประเภทของข้อมูลที่กำลังศึกษาและชนิดของข้อมูลที่ได้มา ดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดย "Semantic" part ของลายมือเขียน ก็คือข้อมูลส่วนที่สามารถสื่อความหมายได้ของลายมือเขียน และ "Singular" part หมายถึง คุณลักษณะบางอย่างของผู้เขียนซึ่งไม่เหมือนกัน

3.1.1 การหยั่งรู้ (Cognition System) คือ การคำนวณหาข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เขียนจากการประมวลผลข้อมูลในส่วน Semantic part โดยที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับประเภทของข้อมูลนั้นอยู่เลย เช่น ไม่มีตัวอย่างของชุดตัวอักษรทั้งหมด

3.1.2 การรู้จำ (Recognition Sysytem) คือ การประมวลผลข้อมูลในส่วน Semantic part เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เขียน โดยที่มีรายละเอียดเกี่ยวกับประเภทของข้อมูลอยู่ก่อนแล้ว เช่น มีตัวอย่างชุดของตัวอักษร

3.1.3 การระบุตัวบุคคล (Identification System) คือ การประมวลผลข้อมูลในส่วน Singular part ของลายมือ เพื่อทำให้เกิดเอกลักษณ์ของผู้เขียนโดยไม่สนใจสิ่งที่เขียน ในระบบนี้จะทำการเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะบางอย่างของลายมือเขียนที่ต้องการตรวจสอบกับลักษณะเฉพาะของข้อมูลลายมือเขียนจากผู้เขียนคนอื่นๆ ทุกคนซึ่งเก็บไว้ในฐานข้อมูล

3.1.4 การพิสูจน์ตัวบุคคล (Verification System) คือ การประมวลผลข้อมูลในส่วน Singular partของลายมือเขียน โดยทำการเปรียบเทียบแบบ 1:1 ระหว่างลักษณะเฉพาะของลายมือเขียน กับลักษณะเฉพาะของข้อมูลลายมือเขียนของผู้ที่มีชื่อตามที่ถูกอ้างอิงถึงในฐานข้อมูลเท่านั้น

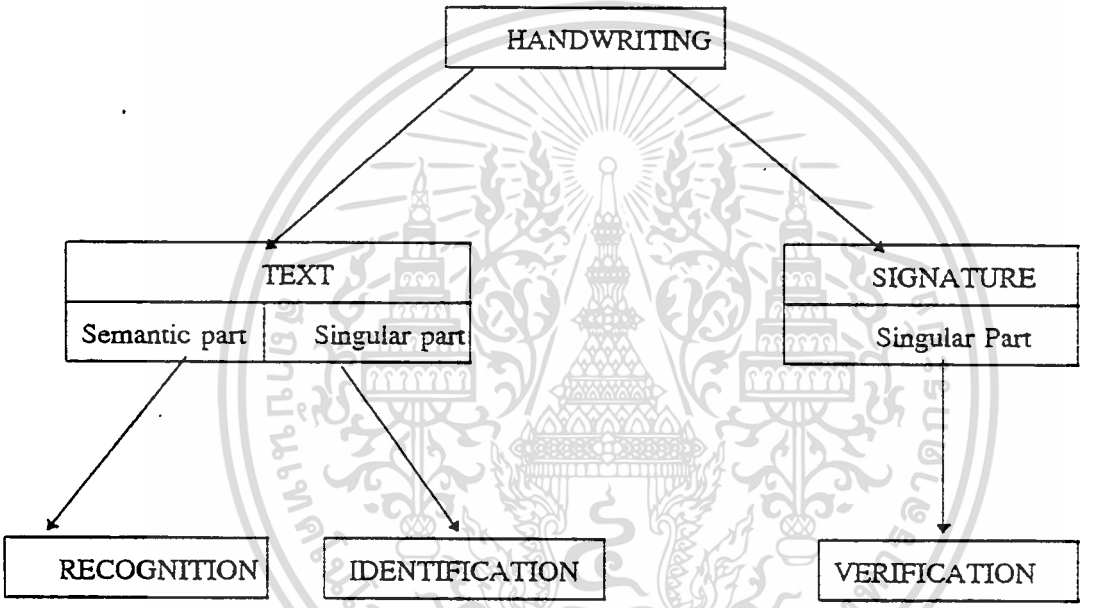
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23850

ระบบทั้งสี่ประเภทในรูปที่ 3.1 นี้สามารถแยกออกจากกันได้ ถ้ามองว่าข้อมูลทั้งสองชนิดนี้สามารถแยกกันประมวลผลได้โดยคอมพิวเตอร์

Type of knowledge OBJECT	A PRIORI unknown classes	A PRIORI known classes
Semantic part Singular part	Cognition or Learning Identification	Recognition Verification

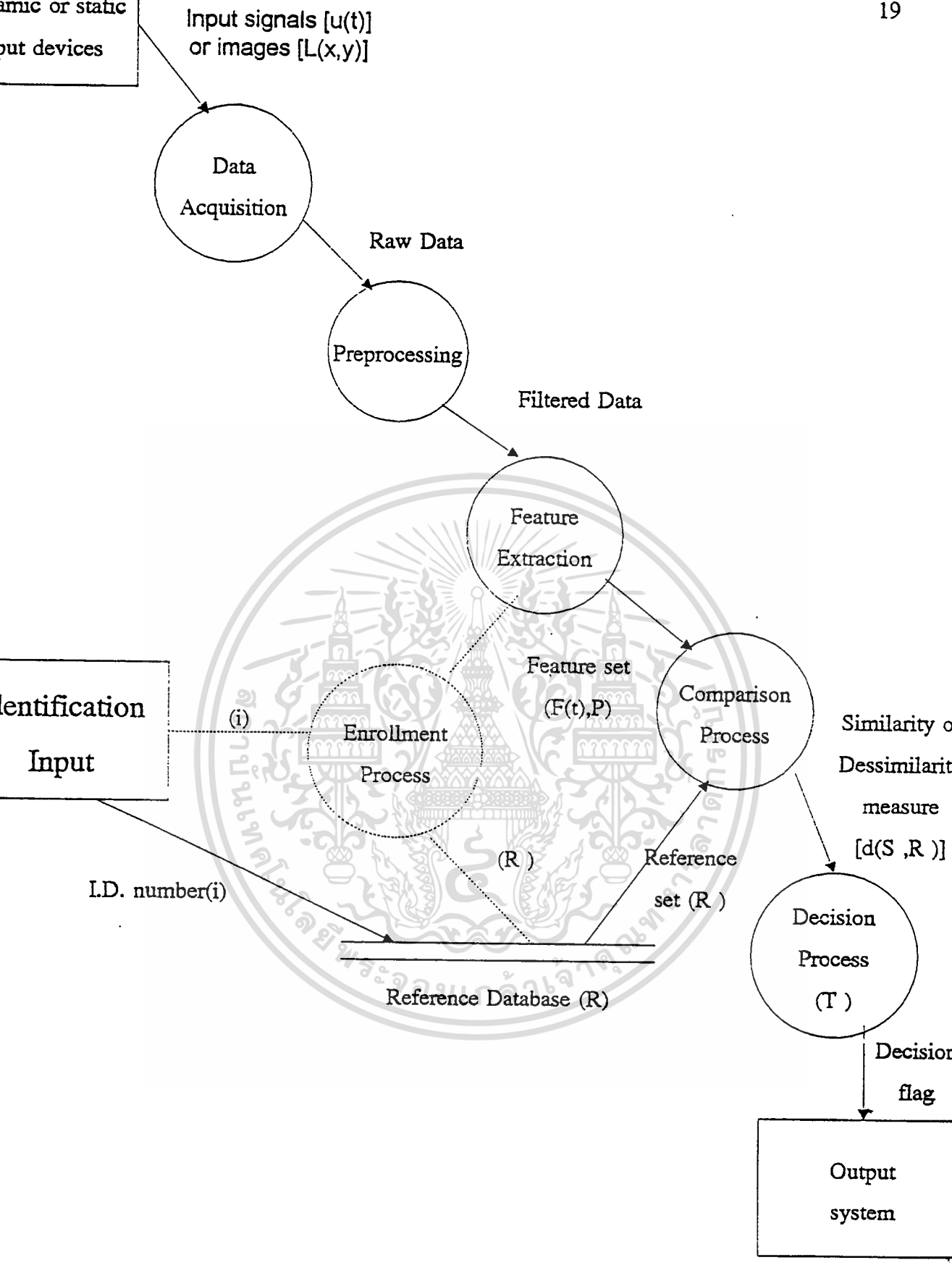
(ก.)



(ข.)

รูปที่ 3.1 (ก.) ปัญหาการระบุตัวบุคคล 4 ประเภท
(ข.) การศึกษาการระบุตัวบุคคลด้วยลายมือเขียนในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 Data Flow Diagram ของระบบการพิสูจน์ลายเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ ระบบการระบุตัวบุคคลยังสามารถแบ่งได้อีกวิธีหนึ่ง คือแบ่งตามลักษณะของการรับข้อมูล เนื่องจากลายเซนต์หรือลายมือเขียนอาจจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แบบออนไลน์ (sOn-line) โดยการรับข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยตรงผ่านกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ (Digitizer) ซึ่งนอกจากจะได้ข้อมูลค่าพิกัดในการเซนต์หรือการเขียนแล้ว ยังทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการเซนต์อีกด้วย ช่วยให้การประมวลผลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ส่วนการรับข้อมูลอีกแบบหนึ่งเรียกว่าแบบออฟไลน์ (Off-line) ซึ่งจะต้องเซนต์ลายเซนต์หรือเขียนข้อความลงบนกระดาษก่อน แล้วจึงนำกระดาษที่มีลายเซนต์หรือลายมือเขียนนี้ไปสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) อีกครั้ง ซึ่งจะทำให้ได้เฉพาะข้อมูลค่าพิกัดในการเซนต์หรือการเขียน นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการรับข้อมูลแบบนี้ยังมีสัญญาณรบกวนมากกว่าการรับข้อมูลแบบออนไลน์อีกด้วย ทำให้ต้องนำข้อมูลที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการประมวลผลขั้นต้นที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า จากวิธีการรับข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ที่กล่าวมานี้ จึงสามารถแบบระบบการระบุตัวบุคคลได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แบบ "Dynamic" ซึ่งจะรับข้อมูลเข้าแบบออนไลน์ และแบบ "Static" ซึ่งจะรับข้อมูลแบบออฟไลน์

สำหรับการพิสูจน์ลายเซนต์จะประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ๆ 5 ขั้นตอนคือ การรับข้อมูลเข้า (Data Aquisition), การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing), การเลือกลักษณะเด่น (Feature Extraction), การเปรียบเทียบ (Comparison Process) และการประเมินผล (Performance Evaluation) ดังแสดงใน Data Flow Diagram ในรูปที่ 3.2 โดยข้อมูลดิบ (raw data) ซึ่งรับมาจากกระบวนการรับข้อมูลจะถูกนำไปผ่านกระบวนการประมวลผลเบื้องต้น เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนและข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา และเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการรับข้อมูล จากนั้นก็จะนำข้อมูลที่ผ่านการกรองแล้วไปประมวลผลในกระบวนการแยกลักษณะเด่น โดยคำนวณหาฟังก์ชัน (F(t)) หรือพารามิเตอร์ (P) ซึ่งจะนำมาใช้แทนลายเซนต์

แต่ก่อนที่จะนำข้อมูลไปทำการเปรียบเทียบ จะต้องมีการสร้างฐานข้อมูลลายเซนต์อ้างอิง (R) ซึ่งเก็บข้อมูลลายเซนต์ทั้งหมดไว้ก่อน แล้วจึงนำลักษณะเด่นที่คำนวณได้ไปเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลโดยใช้รหัสประจำตัว (ID number (I)) เป็นตัวช่วยค้นหาลายเซนต์ในฐานข้อมูลที่ตรงกับลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบลักษณะเด่น (F(t) หรือ (P)) ของลายเซนต์ทั้งสอง แต่ในการระบุตัวบุคคล (Identification System) จะไม่ใช้รหัสประจำตัวมาช่วยในการวิเคราะห์ แต่จะนำลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบไปเปรียบเทียบกับลายเซนต์ทั้งหมดในฐานข้อมูล เพื่อหาลายเซนต์ที่ตรงกัน ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing)

ข้อมูลที่รับเข้ามาจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์นั้น ยังไม่สามารถนำไปทำการวิเคราะห์ได้ทันที เนื่องจากอาจจะยังมีสัญญาณรบกวน (Noise) รวมอยู่ด้วย จึงจำเป็นต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากข้อมูลนี้ก่อน กระบวนการนี้เรียกว่า การประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งก็คือการนำข้อมูลดิบที่ได้มาจัดการ เพื่อให้ได้เฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาอย่างแท้จริงเท่านั้น การประมวลผลเบื้องต้นมีหลายวิธี เช่น Signal Amplifying,, Filtering, Conditioning and Digitizing, Signal Truncation and Normalization, New Signal Computation, Direction Encoding, Detection of Start Up and End of Signature, Pen-up and Pen-down Detection, Signature Segmentation into Components, Segments or Strngs เป็นต้น โดยการจะเลือกใช้วิธีการใดบ้างนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล อุปกรณ์ตอพวงที่ใช้ป้อนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ และ วิธีการประมวลผลในขั้นต่อๆ ไปด้วย เช่น ถ้าอุปกรณ์ป้อนข้อมูลมีความไวต่อสัญญาณมากๆ ก็จะต้องทำการ Detection of Start Up and End of Signature ด้วย เพื่อหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่แท้จริงของลายเซนต์

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำข้อมูลลายเซนต์มาทำการประมวลผลเบื้องต้นดังต่อไปนี้

3.2.1 Pen-up and Pen-down Detection เพื่อขจัดความผันแปรของข้อมูลออกไป โดยการหาจุดที่มีการกดปากกาลงบนกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ และการยกปากกาขึ้นจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 Filtering คือ การกรองข้อมูล เพื่อลดขนาดของข้อมูลในฐานข้อมูล เนื่องจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้มีความละเอียดสูงถึง 508 บรรทัดต่อนิ้ว และมีอัตราการสุ่ม (Samoling Rate) สูงถึง 143 จุดต่อวินาที ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมาก

จากการทดลองพบว่า ถ้าเก็บข้อมูลทั้งหมด ข้อมูลในฐานข้อมูลจะมีความยาวมาก โดยข้อมูลลายเซนต์หนึ่งชุดจะมีข้อมูลดังนี้

piyamas ngowmanee 5 333 158 0 333 158 5 333 159 10 333 163 10 335 172 16 336 187 21 336 204 21 335 225 27 334 235 27 332 252 32 329 267 32 327 274 38 327 275 43 326 275 49 323 267 49 320 262 54 311 249 54 292 232 60 267 221 65 231 216 65 199 216 71 166 223 76 144 234 76 137 239 76 133 245 82 140 248 87 167 244 87 199 236 93 249 226 98 297 220 98 351 217 104 373 216 104 417 216 109 450 215 109 480 214 115 497 212 120 505 210 120 503 210 126 267 198 0 269 195 0 270 192 5 268 187 5 264 185 10 248 183 10 228 187 16 215 194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21 214 200 21 231 200 27 249 199 32 258 199 32 260 199 32 347 255
0 346 259 5 346 260 10 349 257 10 358 243 16 365 233 21 368 233
21 370 237 21 379 244 27 391 246 32 404 241 32 415 231 38 420 228
43 425 231 43 430 234 49 440 236 49 451 237 54 459 235 54 466 227
60 467 224 65 469 224 65 474 226 71 479 226 71 484 218 76 485 200
76 480 182 82 472 165 87 470 153 87 471 146 93 471 145 93 472 145
98 472 156 104 469 177 104 465 208 109 462 236 109 457 267 115 452 286
120 448 299 120 448 302 126 448 302 126 608 255 0 603 257 0 596 255
5 590 243 5 588 233 10 588 213 16 601 188 16 621 163 21 636 148
21 653 139 27 666 139 32 675 156 32 677 166 38 680 192 38 680 213
38 676 244 38 674 259 43 674 262 49 672 262 49 665 253 54 656 250
54 628 249 60 606 254 65 600 257 65 612 257 71 645 252 71 677 248
76 712 244 82 724 242 82 740 239 87 752 234 87 758 222 93 761 206
93 764 181 98 764 158 104 761 136 104 759 129 109 757 121 109 757 121
115 757 132 120 756 162 120 754 187 126 753 216 131 753 234 131 751
247 137 749 252 142 744 252 142 734 250 148 714 245 148 674 242 153
635 242 159 611 245 159 586 248 164 574 249 164 578 249 170 595 243
175 629 236 175 671 230 181 701 226 181 748 222 186 793 220 186 822 220
192 840 220 197 841 220 197 667 177 0 669 176 5 683 171 5 691 170
10 698 172 16 698 180 16 686 189 21 678 196 27 678 199 27 687 200
32 706 200 32 713 201 38 736 201 38 753 202

ถ้าเก็บข้อมูลจุดเว้นจุด จะช่วยลดจำนวนข้อมูลลงได้ครึ่งหนึ่ง แต่ข้อมูลที่ได้ก็ยังมีความยาวมากอยู่ เช่น

piyamas ngowmanee 5 412 198 5 414 208 10 415 229 16 416 265
27 411 299 32 411 318 38 411 319 43 409 312 49 384 288 60 326 265
65 267 259 71 196 275 76 173 292 82 230 281 87 324 260 93 478 243
104 602 244 109 650 250 115 359 233 0 360 231 5 353 228 10 337 235
16 340 241 27 353 241 27 358 241 38 437 299 5 451 277 10 460 278
16 471 289 21 501 278 32 514 277 38 532 283 43 558 268 49 580 277

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60 601 263 65 598 241 71 581 208 76 593 171 82 596 170 93 590 224
98 585 280 104 576 320 115 574 329 120 728 312 5 720 290 10 721 254
16 745 199 21 773 173 27 787 180 32 799 222 38 796 271 43 784 304
49 777 312 54 755 310 65 712 310 71 727 308 76 773 305 82 829 310
87 881 315 93 900 304 104 900 279 109 917 222 115 925 184 120 919 197
126 909 233 131 900 277 142 894 288 148 863 282 153 800 280 159 732 293
164 751 298 170 837 298 181 918 298 186 951 298 192 803 195

และเมื่อลดจำนวนข้อมูลที่เก็บลงเหลือเป็นทุกๆ 3 จุด พบว่า ข้อมูลที่ได้เป็นดังนี้

piyamas ngowmanee 5 458 164 10 458 186 16 449 239 27 436 302
38 429 290 49 372 254 60 249 283 71 302 278 82 477 262 93 600 258
98 411 218 0 368 231 10 383 234 16 404 234 27 459 296 5 471 287
16 494 294 27 536 279 32 575 277 43 588 275 49 591 228 60 592 167
71 596 191 76 590 270 87 585 309 98 721 283 5 733 225 10 788 173
21 809 216 32 799 274 38 793 280 49 707 279 60 733 271 71 838 283
32 381 260 87 393 175 98 898 141 109 878 206 115 867 270 126 840 269
137

เมื่อทดลองเก็บข้อมูลทุกๆ 4 จุด พบว่า ข้อมูลที่ได้มีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ไม่เปลืองเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลมากจนเกินไป แต่ก็ไม่น้อยจนเกินไปจนทำให้สูญเสียลักษณะข้อมูลไป ดังตัวอย่างข้อมูลต่อไปนี้

piyamas ngowmanee 5 366 198 10 363 247 21 347 229 32 232 214
49 177 247 60 387 222 71 566 227 87 324 180 5 295 193 16 330 192
32 385 244 5 422 245 16 485 229 32 514 234 43 518 153 60 514 186
71 512 247 82 633 236 5 663 145 21 704 156 32 693 236 49 660 223
60 721 228 71 792 235 82 808 199 98 819 147 115 816 136 126 796 210
137 783 234 153 674 220 164 688 219 175 360 231 192

แต่เมื่อเก็บข้อมูลทุกๆ 5 จุด และ 6 จุด ดังตัวอย่างข้อมูลต่อไปนี้ พบว่า ข้อมูลที่ได้มีปริมาณน้อยเกินไป ทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องน้อยลง

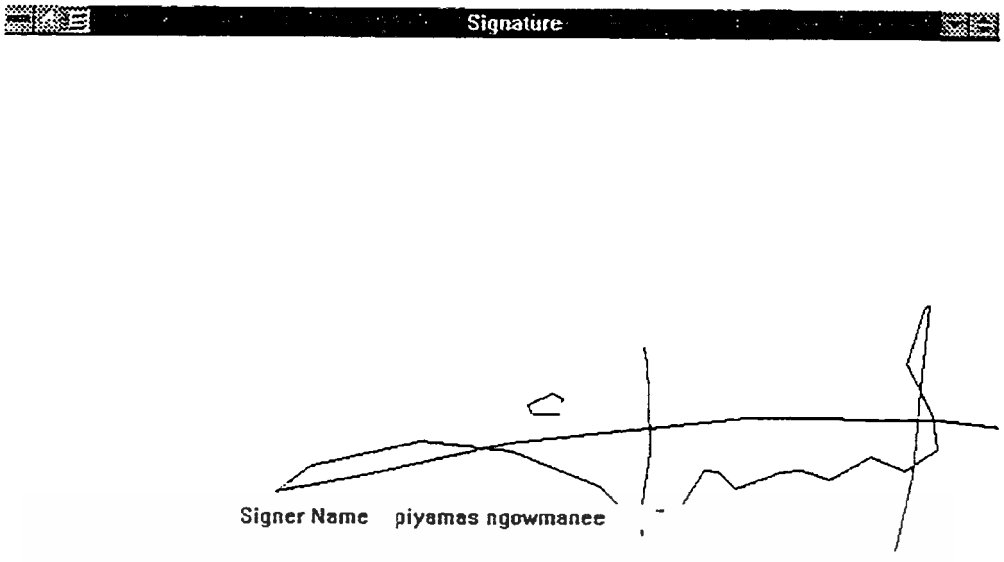
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

piyamas ngowmanee 5 369 163 16 358 261 32 329 231 49 130 229
65 237 232 82 554 225 98 294 181 5 254 191 21 374 253 0 412 246
10 489 236 32 500 154 43 492 238 60 625 251 0 686 147 16 721 195
32 709 253 49 625 249 65 756 245 82 794 172 93 796 143 109 780 246
120 655 235 137
piyamas ngowmanee 5 347 212 10 301 190 32 174 213 54 513 190
71 268 166 16 372 227 5 447 220 21 450 161 43 448 181 60 612 219
0 642 94 21 673 181 43 613 195 60 669 199 76 760 95 98

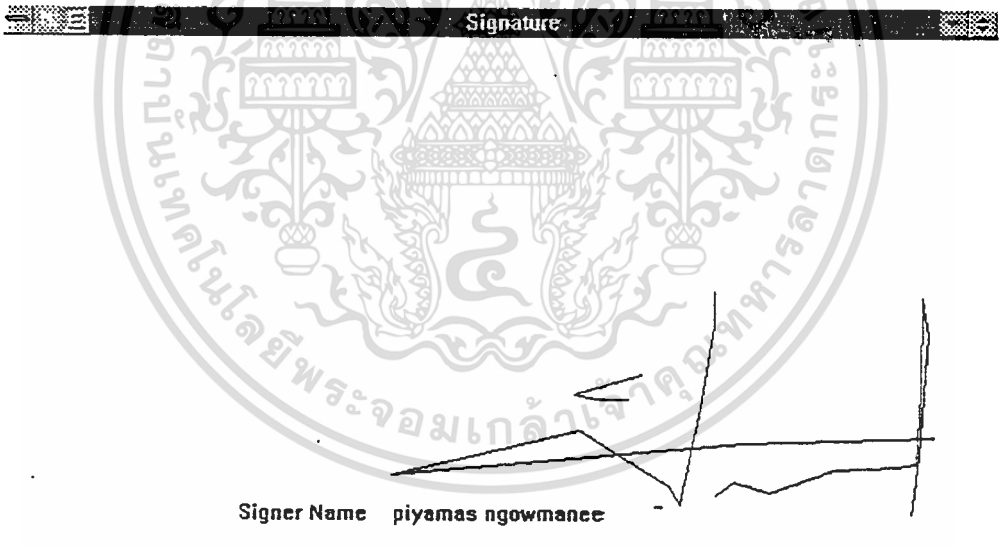
และเมื่อนำข้อมูลนี้ไปเขียนกลับเป็นลายเซนต์อีกครั้ง จะได้ลายเซนต์ลักษณะดังรูปที่ 3.3 โดยในรูปที่ 3.3(ก) เป็นลายเซนต์ที่ได้จากข้อมูลทุกๆ จุด รูป (ข) เป็นลายเซนต์จากข้อมูลทุกๆ 2 จุด รูป (ค) เป็นลายเซนต์จากข้อมูลทุกๆ 3 จุด รูป (ง) เป็นลายเซนต์จากข้อมูลทุกๆ 4 จุด รูป (จ) เป็นลายเซนต์จากข้อมูลทุกๆ 5 จุด และรูป (ฉ) เป็นลายเซนต์จากข้อมูลทุกๆ 6 จุด ซึ่งเห็นว่าเมื่อใช้วิธีการเก็บข้อมูลทุกๆ 5 หรือ 6 จุดนั้น ลายเซนต์ที่ได้จะสูญเสียลักษณะสำคัญไป แต่เมื่อเก็บข้อมูลทุกๆ 4 จุด ยังสามารถคงลักษณะโดยรวมของข้อมูลไว้ได้

(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

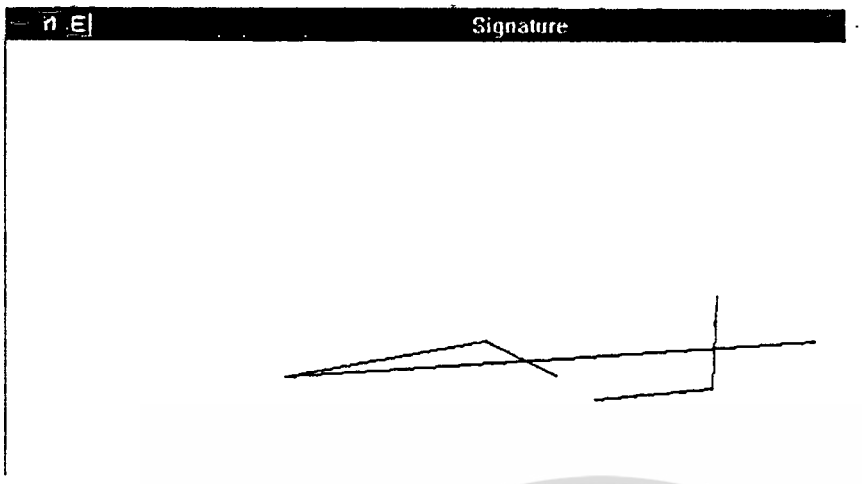


(ข)



(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ฉ)

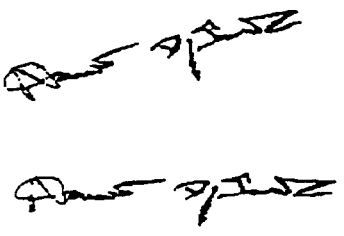
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างลายเซนต์จากการเก็บข้อมูลทุกๆ 1,2,3,4,5 และ 6 จุดตามลำดับ

จากรูปและตัวอย่างข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่าจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมก็คือ การเก็บข้อมูลลายเซนต์ทุกๆ 4 จุด ซึ่งจะลดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลลงได้ และยังเพิ่มความเร็วในการวิเคราะห์ขึ้นด้วย โดยที่ยังสามารถคงความถูกต้องของข้อมูลไว้ได้

3..3 Minor element removal โดย minor element ก็คือ ส่วนของลายเซนต์ที่มีช่วงเวลาสั้นมาก เช่น จุด (.) ท้ายลายเซนต์ ซึ่งบางครั้งอาจจะมี แต่บางครั้งก็ไม่มี และเนื่องจากข้อมูลในส่วนนี้มีขนาดเล็ก ไม่มีผลสำคัญต่อการวิเคราะห์ จึงสามารถทำการตัดออกได้ เพื่อทำให้การวิเตราะห์ลายเซนต์มีความรวดเร็วขึ้น

3..4 Normalization โดยจะทำการหมุน (rotation) และกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น (position) ลายเซนต์ เพื่อให้ลายเซนต์อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น และทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบลายเซนต์ทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างลายเซนต์จริงและลายเซนต์ที่ผ่านการ Normalization แล้ว

จากรูป ลายเซนต์แรกเป็นลายเซนต์ที่ผู้เซนต์เซนต์เข้าสู่ฐานข้อมูลโดยที่ยังไม่มีการหมุน จะเห็นว่าลายเซนต์นี้มีลักษณะเอียงขึ้นด้านบน ซึ่งในการเซนต์นั้น บางครั้งผู้เซนต์ก็เซนต์เอียงขึ้นหรือเอียงลง โดยที่มีค่าความชันหรือค่าความเอียงแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อให้การวิเคราะห์ลายเซนต์ทำได้ง่ายขึ้น จึงมีการหมุนลายเซนต์ให้อยู่ในลักษณะเส้นตรง ไม่เอียงขึ้นหรือลง ดังตัวอย่างลายเซนต์ล่างในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การเลือกลักษณะเด่น

การเลือกลักษณะเด่นถือเป็นส่วนสำคัญที่สุดในกระบวนการรู้จำ เนื่องจากลักษณะเด่นนี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลแทนรูปแบบ (pattern) ที่กำลังพิจารณาอยู่ และถูกนำไปใช้ในการเปรียบเทียบรูปแบบที่ต้องการตรวจสอบกับรูปแบบที่มีอยู่ ดังนั้น การเลือกลักษณะเด่นจึงจำเป็นจะต้องทำอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ลักษณะเด่นที่ค่อนข้างคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงน้อย และสามารถใช้แทนรูปแบบได้ ซึ่งการเลือกลักษณะเด่นที่เหมาะสมจะทำได้ยาก ลักษณะเด่นที่เลือกใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา เปอร์เซนต์ความถูกต้องที่ต้องการ และอาจจะขึ้นกับงบประมาณในการทำงานด้วย ในงานวิจัยทางด้านกระบวนการรู้จำ มีการเลือกใช้ลักษณะเด่นต่างๆ มากมาย ซึ่งแต่ละอย่างก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แต่ส่วนใหญ่แล้ว จะใช้ลักษณะเด่นหลายๆ อย่างประกอบกัน จะไม่เลือกใช้ลักษณะเด่นอย่างใดอย่างหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

4.1 ลักษณะเด่นที่นิยมใช้ทั่วไป

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับลักษณะของลายมือเขียนและลายเซนต์พบว่า ลักษณะเด่นโดยทั่วไปของลายมือเขียนและลายเซนต์สามารถแบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

4.1.1 **ตำแหน่ง** หมายถึง ค่าพิกัด (X_k, Y_k) ณ จุด k ใดๆ ซึ่งได้จากกลุ่มสัญญาณ $U_x(t)$ และ $U_y(t)$ ในช่วงเวลาใดๆ โดยในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งนี้ อาจจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งที่ยกปากกาไว้ด้วย เนื่องจากข้อมูลในส่วนนี้สามารถปลอมแปลงหรือเลียนแบบได้ยาก ถึงแม้จะมีตัวอย่างลายเซนต์ที่ถูกต้องอยู่ก็ตาม นอกจากนี้ ข้อมูลเวลาของตำแหน่งในการเซนต์ เช่น ระยะเวลาในการเซนต์ เวลาในขณะที่เซนต์ลายเซนต์ ณ แต่ละพิกัด ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน ข้อมูลส่วนนี้ทำให้สามารถแยกข้อมูลตำแหน่งของลายเซนต์ออกเป็นส่วนจริง (real part) และจินตภาพ (imaginary part) ของฟังก์ชันเชิงซ้อนได้ในรูปของ

$$F(t) = U_x(t) + iU_y(t) \qquad (4.1)$$

ฟังก์ชันที่ได้นี้สามารถนำไปทำการ Normalization เป็นตำแหน่งในระนาบที่เป็นอิสระจากกัน, นำไปทำการหมุน, ปรับขนาด และดูค่าแนวโน้มของการเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาได้

4.1.2 **แรงกดปากกา** แรงกดปากกาเป็นลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งซึ่งนิยมนำไปใช้ร่วมกับลักษณะเด่นอื่นๆ เช่น ค่าพิกัดของลายเซนต์ หรือความเร่งในการเซนต์ เนื่องจากช่วยทำให้การวิ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคราะห์ลายเซนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แต่ก็มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อแรงกดปากกา เช่น ความเอียงของปากกา และแรงกดนิ้วบนปากกาหรือกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

4.1.3 แรง แรงนี้เป็นลักษณะเด่นซึ่งเกิดจากสิ่งเร้าซึ่งส่งจากสมองของผู้เซนต์ไปยังระบบกล้ามเนื้อ และจะมีขนาดแตกต่างกันไปตามขนาดของตัวอักษรหรือลายเซนต์ที่เขียนด้วย ลักษณะเด่นนี้จะไม่วัดด้วยเครื่องมือวัด แต่จะคำนวณจากค่าพิกัดและแรงกดปากกา โดยใช้โมเดลทางคณิต-ศาสตร์

4.1.4 ความเร็ว ข้อมูลความเร็วนี้เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการพิสูจน์ลายเซนต์แบบออนไลน์ เนื่องจากความเร็วในการเซนต์ลายเซนต์หรือเขียนข้อความของบุคคลแต่ละคนย่อมจะมีความแตกต่างกัน โดยค่าความเร็วนี้อาจจะคำนวณจากค่าพิกัด หรือใช้อุปกรณ์พิเศษวัดก็ได้

4.1.5 ความเร่ง ในทฤษฎีเกี่ยวกับลายมือเขียนถือว่า ความเร่งเป็นฟังก์ชันที่มีความสำคัญมาก ซึ่งอาจจะได้จากการคำนวณ การใช้ปากกาที่สามารถวัดความเร่งได้ หรือการใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับวัดความเร่งก็ได้

4.2 <u>ลักษณะเด่นที่ใช้ในวิทยานิพนธ์</u>

ในวิทยานิพนธ์นี้เลือกใช้ลักษณะเด่น 6 อย่างของลายเซนต์แทนตัวข้อมูลลายเซนต์ ได้แก่ ตำแหน่งในแนวนอน, ตำแหน่งในแนวตั้ง, ความเร็ว, ความเร่ง, ทิศทางในการเซนต์ และจำนวนครั้งในการยกปากกา โดยจะไม่พิจารณาเรื่องแรงกดปากกาและแรงที่ใช้ในการเซนต์ เนื่องจากกระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับแรงกดปากกาได้

4.2.1 ค่าพิกัดตามแนวนอนและค่าพิกัดตามแนวตั้ง จะพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดแต่ละจุดของลายเซนต์ โดยกำหนดให้จุดเริ่มต้นของลายเซนต์แต่ละลายเซนต์คือจุด (0,0) จากนั้นจะนำค่าพิกัดในแนวนอนและแนวตั้งของลายเซนต์แต่ละลายเซนต์มาเปรียบเทียบกัน เนื่องจากมีการตั้งสมมติฐานว่า ลายเซนต์ของบุคคลคนเดียวกันควรจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าพิกัดในลายเซนต์ใกล้เคียงกัน เช่น ลายเซนต์แรกมีค่าพิกัดเท่ากับ (218,346), (218,337), (216,373), (215,326) ลายเซนต์ที่สองมีค่าพิกัดเท่ากับ (360,379), (361,329), (354,341), (350,358) จะเห็นว่าถึงแม้ว่าลายเซนต์ทั้งสองจะเริ่มต้นที่ตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่เมื่อดูลักษณะแนวโน้มค่าพิกัดของลายเซนต์ทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้ว จะเห็นว่า ค่าพิกัดตามแนวนอนของลายเซนต์ทั้งสองมีแนวโน้มลดลงทีละน้อย ส่วนค่าพิกัดตามแนวตั้งของลายเซนต์ทั้งสองมีการลดลงแล้วเพิ่มขึ้น แต่ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบลายเซนต์แรกกับลายเซนต์ที่สาม ซึ่งมีค่าพิกัดเท่ากับ (302,102), (303,115), (303,135), (305,152) จะเห็นว่าค่าพิกัดของลายเซนต์ที่สามนี้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งถ้าพิจารณาเปรียบเทียบทั้งลายเซนต์ จะสามารถเห็นความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดในแนวนอนและแนวตั้งของลายเซนต์ได้มากกว่านี้

4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา คือ ความเปลี่ยนแปลงของความเร็วเทียบกับระยะเวลาในการเซนต์ โดยถ้าให้

v คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการเซนต์และเวลา

s คือ ระยะทางในการลากปากกาตามแนวนอน (x) และแนวตั้ง (y)

t คือ เวลาในการเซนต์ค่าพิกัดใดๆ

T คือ ระยะเวลาทั้งหมดในการเซนต์ลายเซนต์

จะสามารถคำนวณหาความัสมพันธ์ระหว่าความเร็วและเวลาในการเซนต์ ได้จากสมการ

$$v = \sum((s_t - s_{t-1})/\Delta t) \qquad (4.2)$$

$$; t \in [0,T]$$

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและเวลา คือ ความเปลี่ยนแปลงของความเร่งเทียบกับระยะเวลาในการเซนต์ โดยถ้าให้

a คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในการเซนต์และเวลา

v คือ ความเร็วในการลากปากกา

t คือ เวลาในการเซนต์ค่าพิกัดใดๆ

T คือ ระยะเวลาทั้งหมดในการเซนต์ลายเซนต์

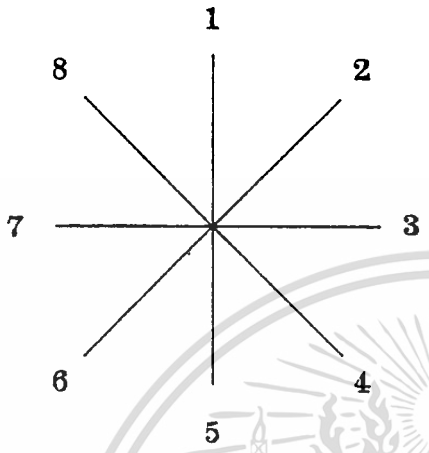
จะสามารถคำนวณหาความัสมพันธ์ระหว่าความเร็วและเวลาในการเซนต์ ได้จากสมการ

$$a = \sum((v_t - v_{t-1})/\Delta t) \qquad (4.3)$$

$$; t \in [0,T]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

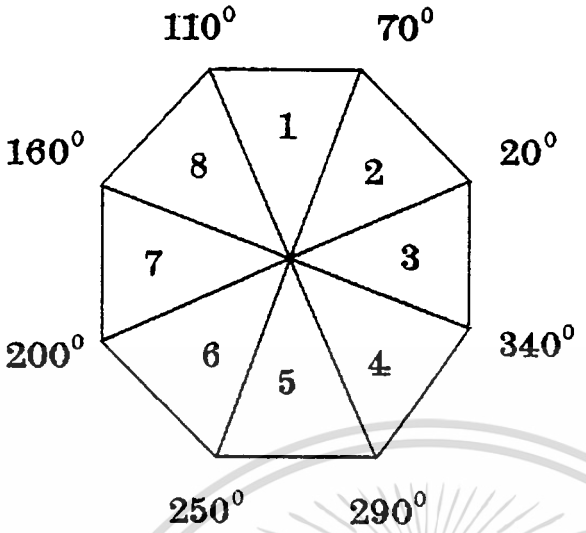
4.2.5 **ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเซนต์และเวลา** จะพิจารณาโดยแบ่งทิศทางในการเคลื่อนที่ของปากกาเป็น 8 ทิศทาง คือ



เนื่องจาก จากการทดลองพบว่าการแบ่งทิศทางในการเซนต์ออกเป็น 4 ทิศทาง คือ ถ้ามีความชันตั้งแต่ 46-135 องศา จะจัดอยู่ในทิศทาง 1 ความชัน 136-225 องศา เป็นทิศทาง 2 ความชัน 226-315 องศา เป็นทิศทาง 3 และความชัน 316-45 องศา เป็นทิศทาง 4 นั้น สามารถแบ่งลายเซนต์ได้ไม่ดี เนื่องจาก ไม่ว่าลายเซนต์จะมีความเอียง 47 องศา หรือ 130 องศา ก็จะถูกจัดว่ามีทิศทาง 1 หมด ทั้งที่ความจริงแล้วลายเซนต์นั้นจะมีลักษณะแตกต่างกันมากก็ตาม เมื่อทดลองแบ่งทิศทางในการเซนต์ออกเป็น 8 ทิศทาง ก็พบว่า สามารถแบ่งแยกความแตกต่างระหว่างลายเซนต์ได้ดีขึ้น และเมื่อทดลองแบ่งทิศทางในการเซนต์ออกเป็น 16 ทิศทาง พบว่าค่าที่ได้ละเอียดเกินไป ทำให้การเปรียบเทียบลายเซนต์มีการปฏิเสธแม้กระทั่งลายเซนต์จริงเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงเลือกใช้ทิศทางในการเซนต์ 8 ทิศทาง

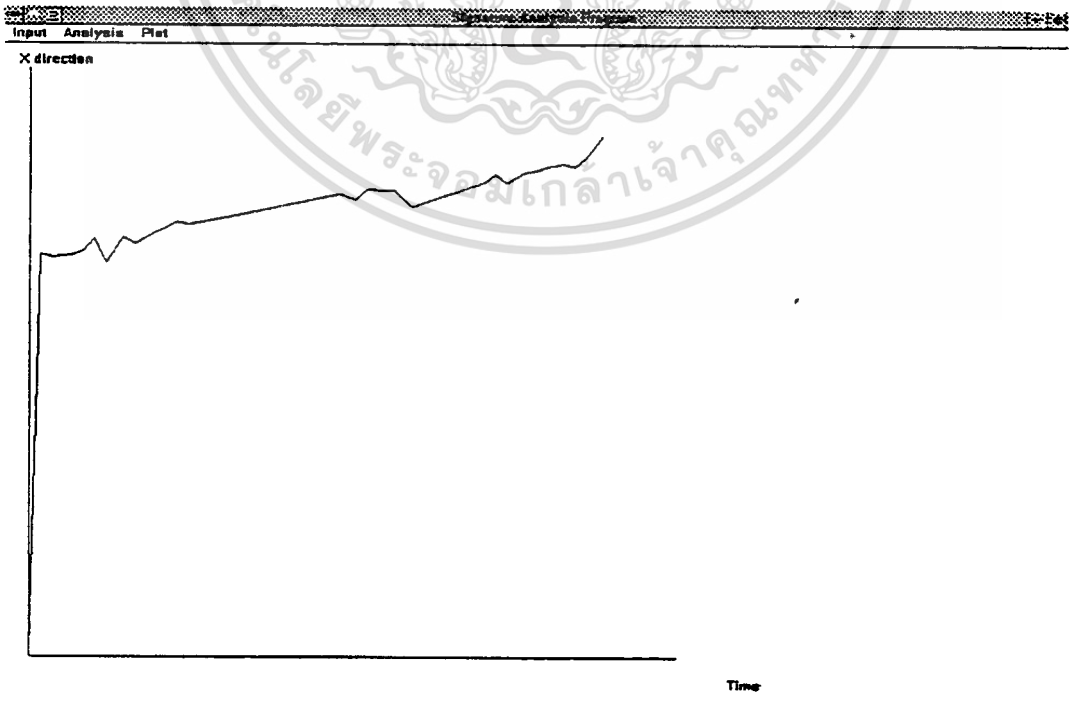
โดยจะพิจารณาตามทิศทางการลากเส้น นำค่าพิกัดของลายเซนต์มาคำนวณค่าความชัน (slope) ของลายเซนต์และคำนวณหามุม ซึ่งจะได้ทิศทางตามมุมต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



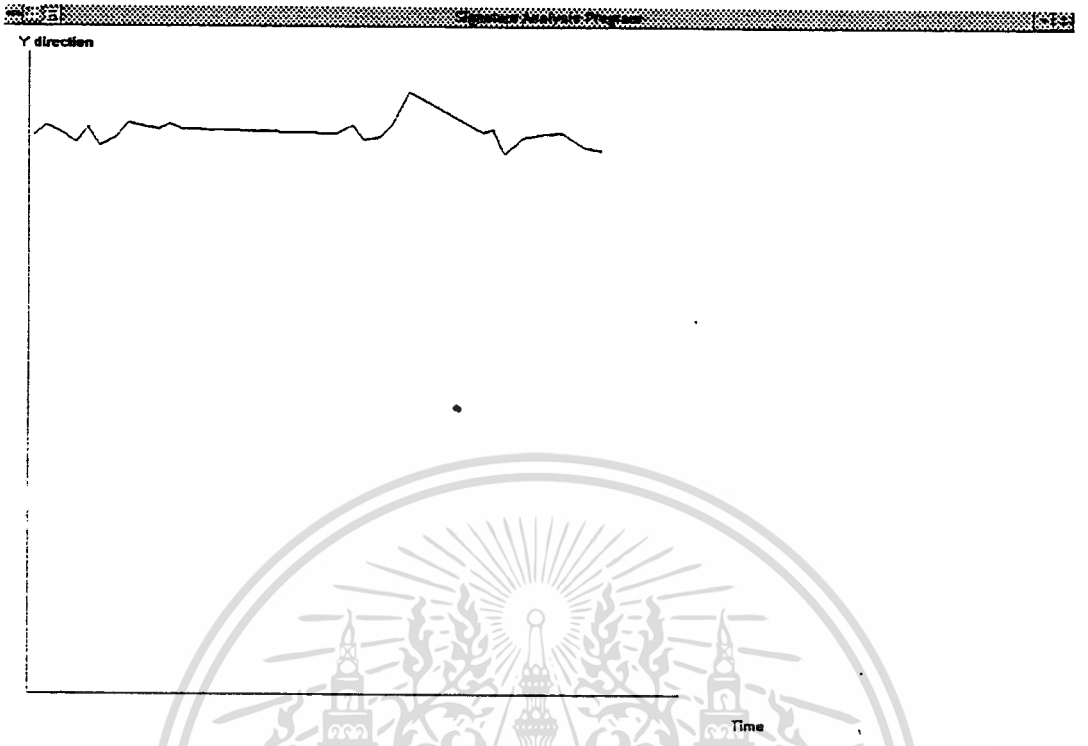
เช่น ถ้าเป็นการลากเส้นจากบนลงล่างจะแทนด้วยรหัสทิศทาง 5 เป็นต้น

ในรูปต่อไปนี้จะเป็นตัวอย่างกราฟของลักษณะเด่นที่เลือกใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ โดยในรูป 4.1 เป็นตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวนอนกับเวลา รูป 4.2 เป็นตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวตั้งกับเวลา รูป 4.3 เป็นตัวอย่างกราฟความเร็วกับเวลา รูป 4.4 เป็นตัวอย่างกราฟความเร็วกับเวลา และรูป 4.5 เป็นตัวอย่างกราฟทิศทางในการเซนต์กับเวลา

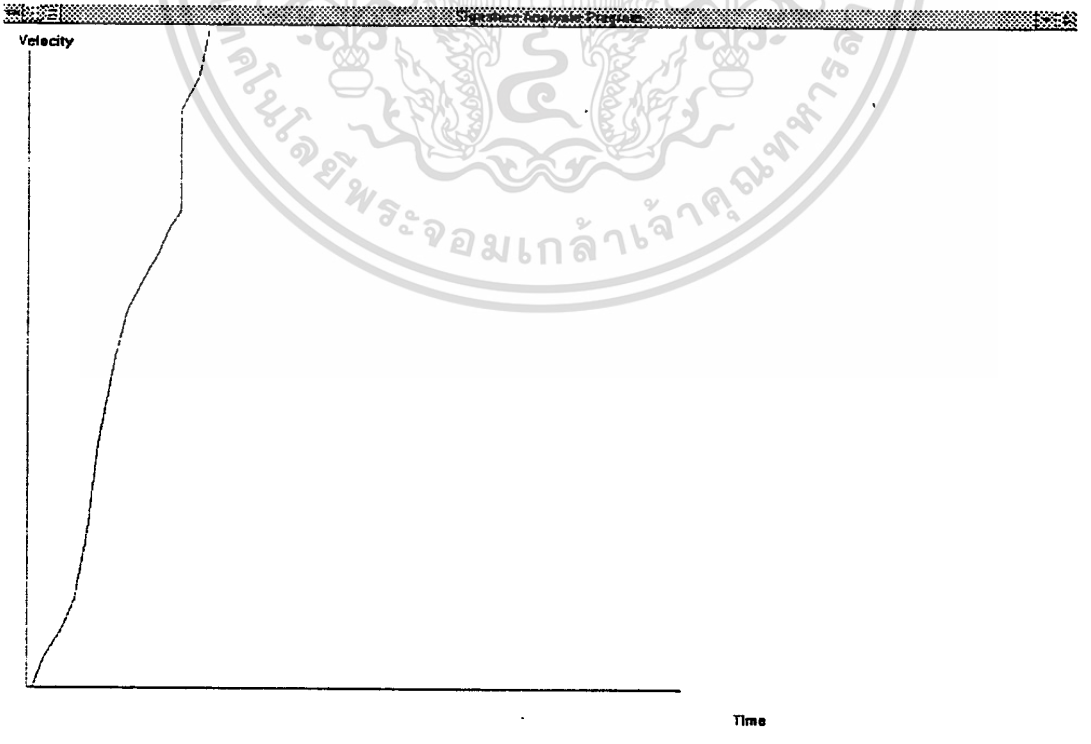


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

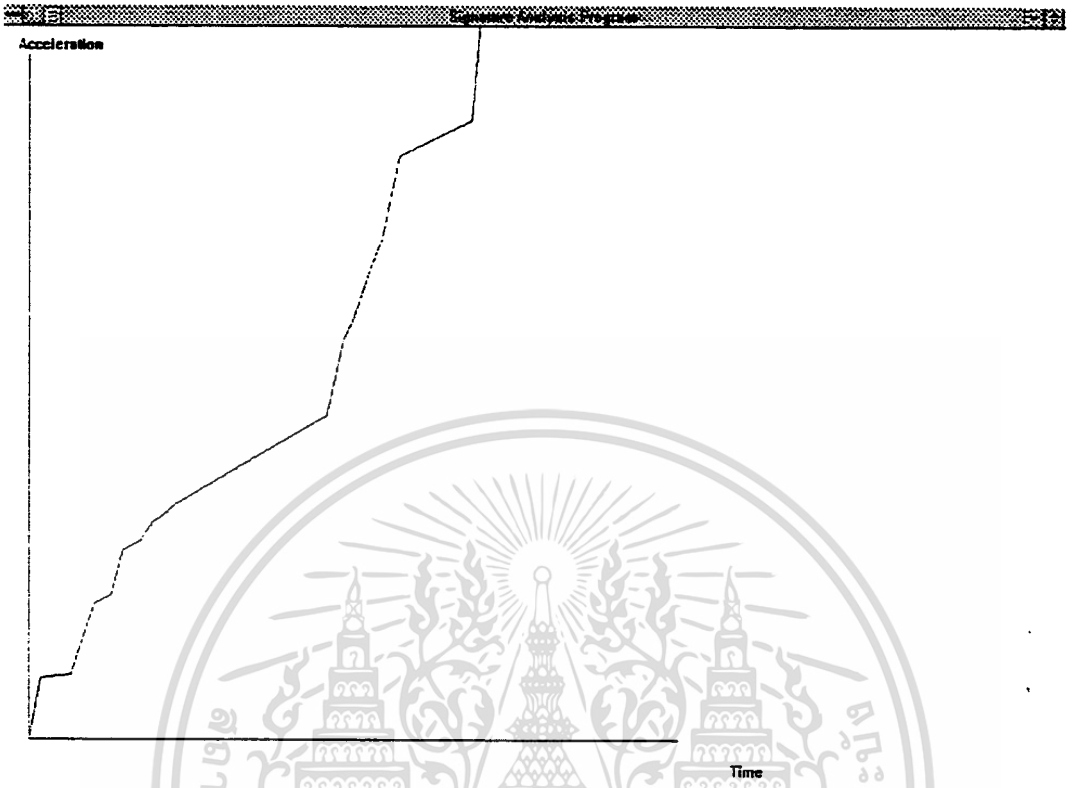


รูปที่ 4.2 ตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวตั้ง

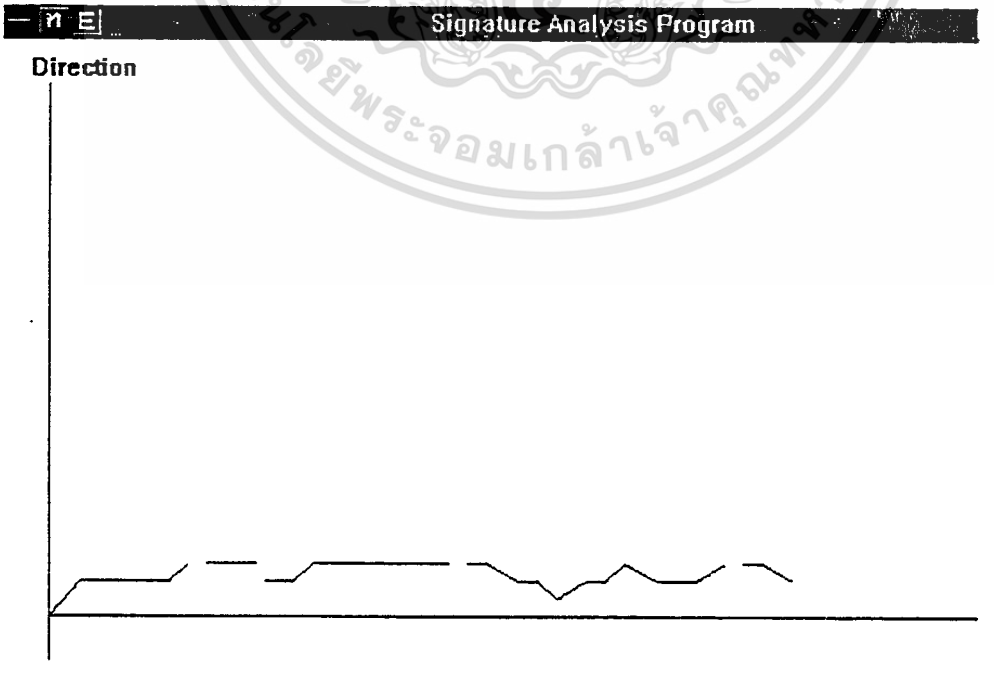


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างกราฟความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างกราฟความเร่ง



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟทิศทางในการเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การเปรียบเทียบลายเซนต์

5.1 การเปรียบเทียบแบบ Ucledian Distamce

การเปรียบเทียบแบบ Ucledian Distance ปีนวิธีการเปรียบเทียบพื้นฐานที่มีความซับซ้อนน้อย นิยมใช้ร่วมกับวิธีการเปรียบเทียบแบบอื่นๆ

ลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบ Ucledian Distance ก็คือ จำนวนครั้งในการยกปากกา ความเปลี่ยนแปลงของค่าพิกัดตามแนวนอนและแนวตั้ง ความเร็ว และความเร่ง โดยจะทำการคำนวณหาค่าผลต่างระหว่างจำนวนครั้งในการยกปากกา ความเปลี่ยนแปลงของค่าพิกัด ความเร็ว และความเร่งในการเซนต์ของลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ และลายเซนต์ในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถแทนได้ด้วยสมการ

$$\sum_{i=0}^{T} d_i = \sqrt{F_{Di}^2 - F_{Ii}^2} \qquad i \in [0..T] \qquad (5.1)$$

เมื่อ F_D คือ ค่าลักษณะเด่นต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ของลายเซนต์ในฐานข้อมูล

F_I คือ ค่าลักษณะเด่นต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ของลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

เช่นถ้าข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบมีลักษณะของข้อมูลดังนี้

3 322 313 10 348 260 27 361 299 38 354 262 54 346 280 65 356 307
76 388 308 93 401 305 104 430 309 115 482 308 10 499 300 21 478 286
38 495 323 49 469 379 65 528 310 10 539 264 21 561 273 32 544 315
43 571 312 60 577 302 71 583 288 87 614 292 98

และข้อมูลในฐานข้อมูลมีลักษณะดังนี้

somsak jutaratchaiyaporn 3 218 346 10 218 337 38 216 373 49 215 326 60 240 344 71 279 354 82 159 324 98 283 325 109 279 358 120 300 349 137 307 337 148 342 350 164 399 313 175 457 333 0 473 342 16 507 328 27 403 341 43 517 324 60 458 413 71 499 359 0 525 348 10 540 308 27 579 296 38 573 320 49 571 336 65 580 342 71 600 344 82 597 321 98 606 302 109 725 295 120

เมื่อนำข้อมูลทั้งสองไปทำการคำนวณแล้ว พบว่า ลักษณะเด่นต่างๆ ของลายเซนต์ทั้งสองเป็นดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบลักษณะเด่นของลายเซนต์จริง

ลักษณะเด่น	Ucledian Distance ระหว่างลายเซนต์
พิกัดตามแนวนอน	406.49
พิกัดตามแนวตั้ง	148.99
ความเร็ว	0.996938333E+00
ความเร่ง	0.628312099E+00

ซึ่งพบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าค่าความแตกต่างระหว่างพิกัดตามแนวนอนจะค่อนข้างสูง แตกต่างจากในตารางที่ 5.2 ซึ่งเป็นตารางเปรียบเทียบระหว่างลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบและลายเซนต์ในฐานข้อมูลที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งมีข้อมูลดังต่อไปนี้

3 221 360 5 221 357 10 231 354 16 222 347 21 216 341 32 226 343
38 231 346 43 228 345 49 231 340 54 231 331 65 238 334 76 247 334
82 242 326 87 234 325 98 242 309 104 243 306 115 253 280 0 261 290
5 254 281 16 234 275 21 243 272 27 267 274 38 263 277 43 261 271
49 267 269 60 268 264 65 272 266 71 272 258 76 280 263 87 294 279
93 285 254 0 274 253 5 275 246 10 289 240 16 282 238 27 280 234
32 287 223 38

จะเห็นว่า ค่าลักษณะเด่นทั้งสองชุดในตารางที่ 5.2 มีความแตกต่างกันมาก และถึงแม้ว่าความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดตามแนวนอนของลายเซนต์สองลายเซนต์แรกจะสูงแล้วก็ตาม แต่ความแตกต่างของค่าพิกัดตามแนวนอนของลายเซนต์ของลายเซฯต์แรกและลายเซนต์ที่สามก็ยังมีค่าสูงกว่าอยู่ ส่วนค่าผลต่างของลักษณะเด่นอื่นๆ ก็ค่อนข้างสูงมาก ทำให้ไม่สามารถยอมรับลายเซนต์นี้ได้

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ไม่ถูกต้อง

ลักษณะเด่น	Ucledian Distance ระหว่างลายเซนต์
พิกัดตามแนวนอน	583.59
พิกัดตามแนวตั้ง	354.94
ความเร็ว	1.950947272E+00
ความเร่ง	3.027915232E+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบแบบ Syntactic

การวิเคราะห์แบบ syntactic เป็นการพิจารณาโครงสร้างของรูปแบบ (pattern) เป็นหลัก เนื่องจากการสร้างเวกเตอร์สำหรับใช้แทนรูปแบบทำได้ยาก ในการพิจารณาโครงสร้างของรูปแบบ จะต้องแบ่งรูปแบบออกเป็นรูปแบบย่อยๆ โดยอาศัยลักษณะโครงสร้างของรูปแบบที่ต้องการวิเคราะห์แล้วจึงทำการเปรียบเทียบลักษณะของรูปแบบย่อยนี้

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำค่าพิกัดในการเขนต์มาคำนวณทิศทางในการเขนต์ และใช้ทิศทางในการเขนต์นี้เป็นรูปแบบย่อยสำหรับการเปรียบเทียบ โดยชุดของทิศทางในการเขนต์แต่ละชุดจะประกอบด้วยทิศทางในการเขนต์ตั้งแต่เริ่มจดปากกาลงบนกระดาษอิเล็กทรอนิกส์จนกระทั่งยกปากกาขึ้น และในการเปรียบเทียบจะยอมให้มีความแตกต่างของทิศทางในการเขนต์ได้ไม่เกิน 1 ทิศทางของลายเขนต์ในฐานข้อมูลจะต้องเท่ากับ มากกว่า หรือน้อยกว่าลายเขนต์ที่ต้องการตรวจสอบ 1) เนื่องจากอาจจะมีความคลาดเคลื่อนของความชัน (slop) ของลายเขนต์เกิดขึ้นได้ เช่น ลายเขนต์ที่ต้องการตรวจสอบมีความชัน 285 องศา แต่ลายเขนต์ในฐานข้อมูลมีความชัน 292 องศา เมื่อจัดทิศทางในการเขนต์แล้ว ลายเขนต์ที่ต้องการตรวจสอบจะมีทิศทาง 5 แต่ลายเขนต์ในฐานข้อมูลจะมีทิศทาง 4 ทั้งๆที่ความจริงแล้ว ลักษณะของเส้นที่ลากนี้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้น จึงต้องมีการยอมรับทิศทางรอบข้างของทิศทางที่คำนวณได้ของลายเขนต์ที่ต้องการตรวจสอบด้วย

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างทิศทางของลายเขนต์ที่แสดงไว้ข้างต้น ข้อมูล stroke แรกของลายเขนต์ที่ต้องการตรวจสอบจะมีค่าทิศทางเป็นดังนี้

11212332323222322222223532

ส่วนทิศทางในการเขนต์ stroke แรกของลายเขนต์ที่ถูกต้องในฐานข้อมูลเท่ากับ

233333222322332222222332312

แต่ทิศทางในการเขนต์ stroke แรกของลายเขนต์ที่ไม่ถูกต้องในฐานข้อมูลเท่ากับ

31387761334224

ซึ่งจะเห็นว่า จากการเปรียบเทียบทิศทางในการเขนต์ของข้อมูลสองชุดแรกแบบ 1:1 พบว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีลักษณะคล้ายกัน แต่ทิศทางในการเขนต์ของข้อมูลชุดแรกและชุดที่สามนั้นมีลักษณะแตกต่างกันค่อนข้างมาก ทำให้ต้องยอมรับว่าลายเขนต์ที่นำมาตรวจสอบนั้นเป็นลายเขนต์เดียวกันกับลายเขนต์ที่สอง แต่เป็นคนละลายเขนต์กับลายเขนต์ที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การตัดสินใจ

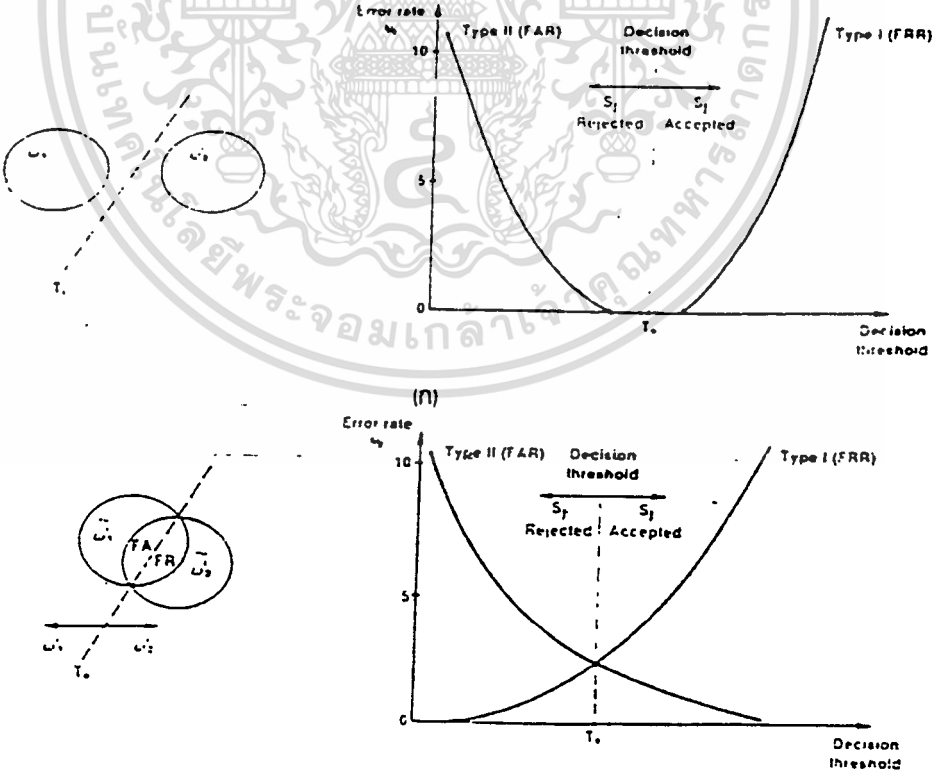
6.1 <u>ความแตกต่างของลายเซนต์</u>

โดยทั่วไป ลายเซนต์แต่ละลายเซนต์จะมีความแตกต่างกัน ถึงแม้จะเป็นลายเซนต์ของบุคคลคนเดียวกันก็ตาม ทำให้สามารถแบ่งความแตกต่างของลายเซนต์ได้เป็น 2 ประเภท คือ

6.1.1 ความแตกต่างภายในกลุ่ม (intraclass or intrapersonal variability) คือ ความแตกต่างระหว่างภายในกลุ่ม (ϖ^i_1) ของลายเซนต์ของบุคคลคนเดียวกันคือ คนที่ i

6.1.2 ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (interclass or interpersonal variability) คือ ความแตกต่างระหว่างกลุ่มของลายเซนต์สองกลุ่ม (ϖ^i_1) และ (ϖ^j_1) ซึ่งได้จากบุคคลคนที่ i และ j

ในทางทฤษฎี ความแตกต่างภายในกลุ่มควรจะมีน้อยที่สุดเท่าที่จะสามารถเป็นไปได้ และความแตกต่างระหว่างกลุ่มก็ควรจะมีมากพอที่จะสามารถแบ่งแยกลายเซนต์ของแต่ละบุคคลได้ แต่ในทางปฏิบัตินั้น มักจะพบว่าไม่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างทั้งสองกลุ่มนี้ได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 การแบ่งประเภทของความแตกต่าง

(ก) ทางทฤษฎี (ข) ทางปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป จะเห็นว่าในกระบวนการรู้จำมีโอกาสจะยอมรับและปฏิเสธลายเซนต์ในกรณีต่อไปนี้

1. การยอมรับลายเซนต์ที่ถูกต้อง คือ การยอมรับว่าลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งเป็นลายเซนต์ของบุคคลคนเดียวกันกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล เหมือนกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล

ถ้ากำหนดให้

ϖ'_1 คือ โอกาสในการยอมรับลายเซนต์ที่ถูกต้อง

S_j คือ ลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

R_j คือ ลายเซนต์ในฐานข้อมูล

$d(S_j, R_i)$ คือ ค่าความคล้ายคลึงระหว่างลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบและลายเซนต์ในฐานข้อมูล

T_0 คือ ค่าขอบเขตในการยอมรับลายเซนต์

จะได้สมการในการยอมรับลายเซนต์ที่ถูกต้องดังนี้

$$d(S_j, R_i) > T_0 \qquad \text{เมื่อ } j = I \qquad 6.1.1$$

2. การยอมรับลายเซนต์ปลอม คือ การยอมรับลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ ซึ่งเกิดจากบุคคลคนละคนกัน ว่ามีความคล้ายกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล

ถ้ากำหนดให้

FA คือ โอกาสในการยอมรับลายเซนต์ปลอม

S_j คือ ลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

R_j คือ ลายเซนต์ในฐานข้อมูล

$d(S_j, R_i)$ คือ ค่าความคล้ายคลึงระหว่างลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบและลายเซนต์ในฐานข้อมูล

T_0 คือ ค่าขอบเขตในการยอมรับลายเซนต์

จะได้สมการในการยอมรับลายเซนต์ปลอมดังนี้

$$d(S_j, R_i) > T_0 \qquad \text{เมื่อ } j \neq I \qquad 6.1.2$$

3. การปฏิเสธลายเซนต์จริง คือ การยอมรับว่าลายเซนต์ที่ตรวจสอบมีความแตกต่างกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล ทั้งๆที่เป็นลายเซนต์ที่ได้จากบุคคลคนเดียวกัน

ถ้ากำหนดให้

FR คือ โอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ที่ถูกต้อง

S_j คือ ลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_i คือ ลายเซนต์ในฐานข้อมูล

$d(S_j, R_i)$ คือ ค่าความคล้ายคลึงระหว่างลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบและลายเซนต์ในฐานข้อมูล

T_0 คือ ค่าขอบเขตในการยอมรับลายเซนต์

จะได้สมการในการปฏิเสธลายเซนต์ที่ถูกต้องดังนี้

$$d(S_j, R_i) < T_0 \qquad \text{เมื่อ } j = I \qquad 6.1.3$$

4. การปฏิเสธลายเซนต์ปลอม คือ การปฏิเสธว่าลายเซนต์ที่ตรวจสอบ (S_j) ซึ่งเกิดจากบุคคลคนละคนกัน เป็นลายเซนต์เดียวกันกับลายเซนต์ในฐานข้อมูล (R_i)

ถ้ากำหนดให้

ϖ^i_2 คือ โอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอม

S_j คือ ลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

R_i คือ ลายเซนต์ในฐานข้อมูล

$d(S_j, R_i)$ คือ ค่าความคล้ายคลึงระหว่างลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบและลายเซนต์ในฐานข้อมูล

T_0 คือ ค่าขอบเขตในการยอมรับลายเซนต์

จะได้สมการในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอมดังนี้

$$d(S_j, R_i) < T_0 \qquad \text{เมื่อ } j \neq I \qquad 6.1.4$$

ถ้า ω^i_1 คือ โอกาสในการยอมรับลายเซนต์ที่ถูกต้อง จะได้ว่า

$$\omega^i_1 = \varpi^i_1 + FA - FR \qquad 6.1.5$$

และถ้า ω^i_2 คือ โอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอม จะได้ว่า

$$\omega^i_2 = \varpi^i_2 + FR - FA \qquad 6.1.6$$

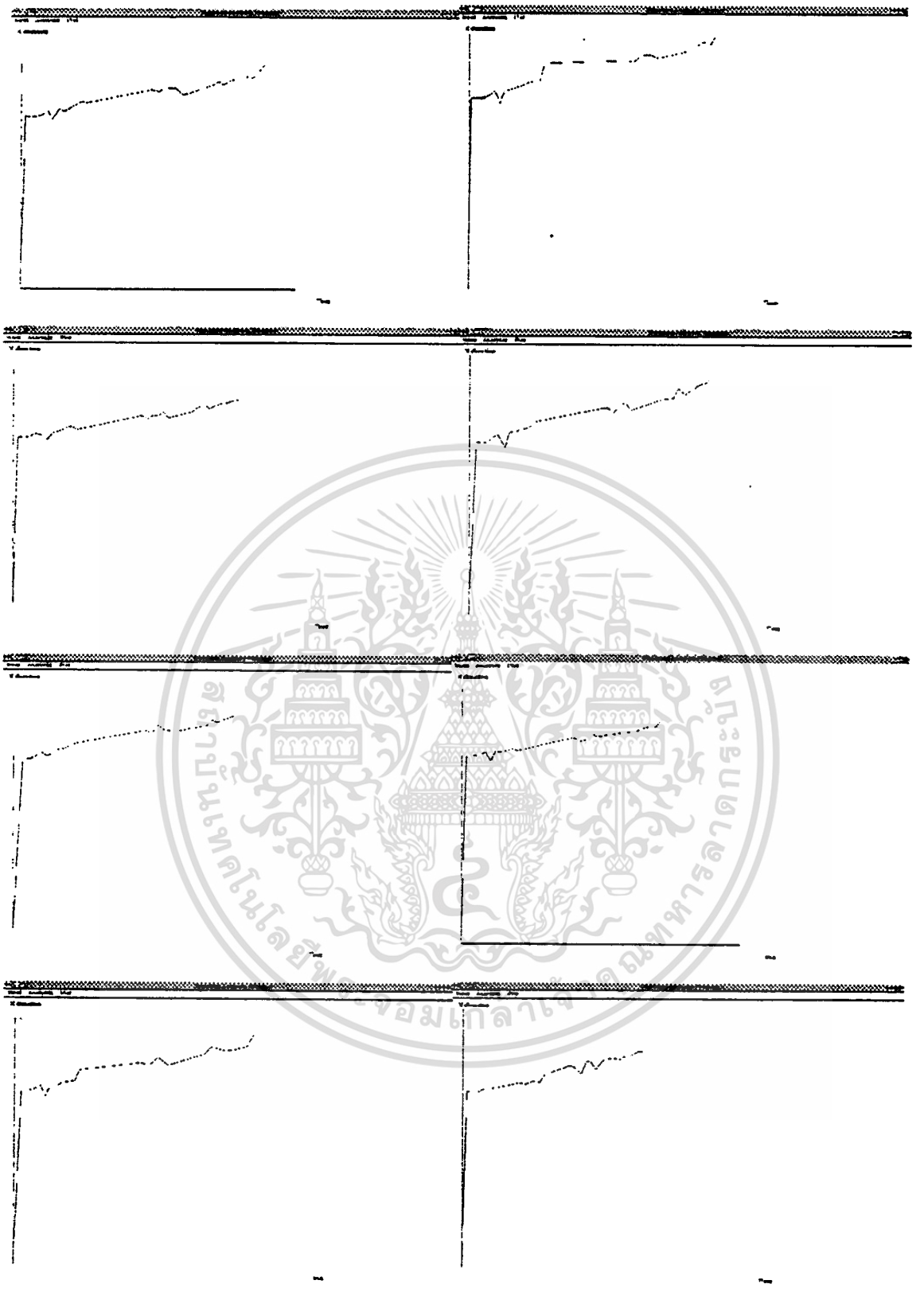
อัตราความผิดพลาดทั้งสองประเภท คือ การปฏิเสธลายเซนต์จริง (type I error หรือ FRR : false rejection rate) และการยอมรับลายเซนต์ปลอม (type II error หรือ FAR : false acceptation rate) จะเป็นเครื่องกำหนดประสิทธิภาพของระบบวิเคราะห์ลายเซนต์ โดยอัตราความผิดพลาดทั้งสองประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับค่าขอบเขตในการยอมรับหรือปฏิเสธลายเซนต์ ในรูปที่ 6.1 (ก) เป็นระบบในอุดมคติ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่สามารถเลือกลักษณะเด่นที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถแยกลายเซนต์จริงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซนต์ปลอมได้อย่างถูกต้องร้อยเปอร์เซนต์ได้ ทำให้ไม่เกิดกรณีของการยอมรับลายเซนต์ปลอมหรือปฏิเสธลายเซนต์จริง แต่ในทางปฏิบัตินั้น ระบบการวิเคราะห์ลายเซนต์มักจะเป็นดังรูปที่ 6.1 (ข) เนื่องจากยังไม่สามารถหาลักษณะเด่นที่สามารถแบ่งแยกลายเซนต์ได้อย่างถูกต้องร้อยเปอร์เซนต์ได้

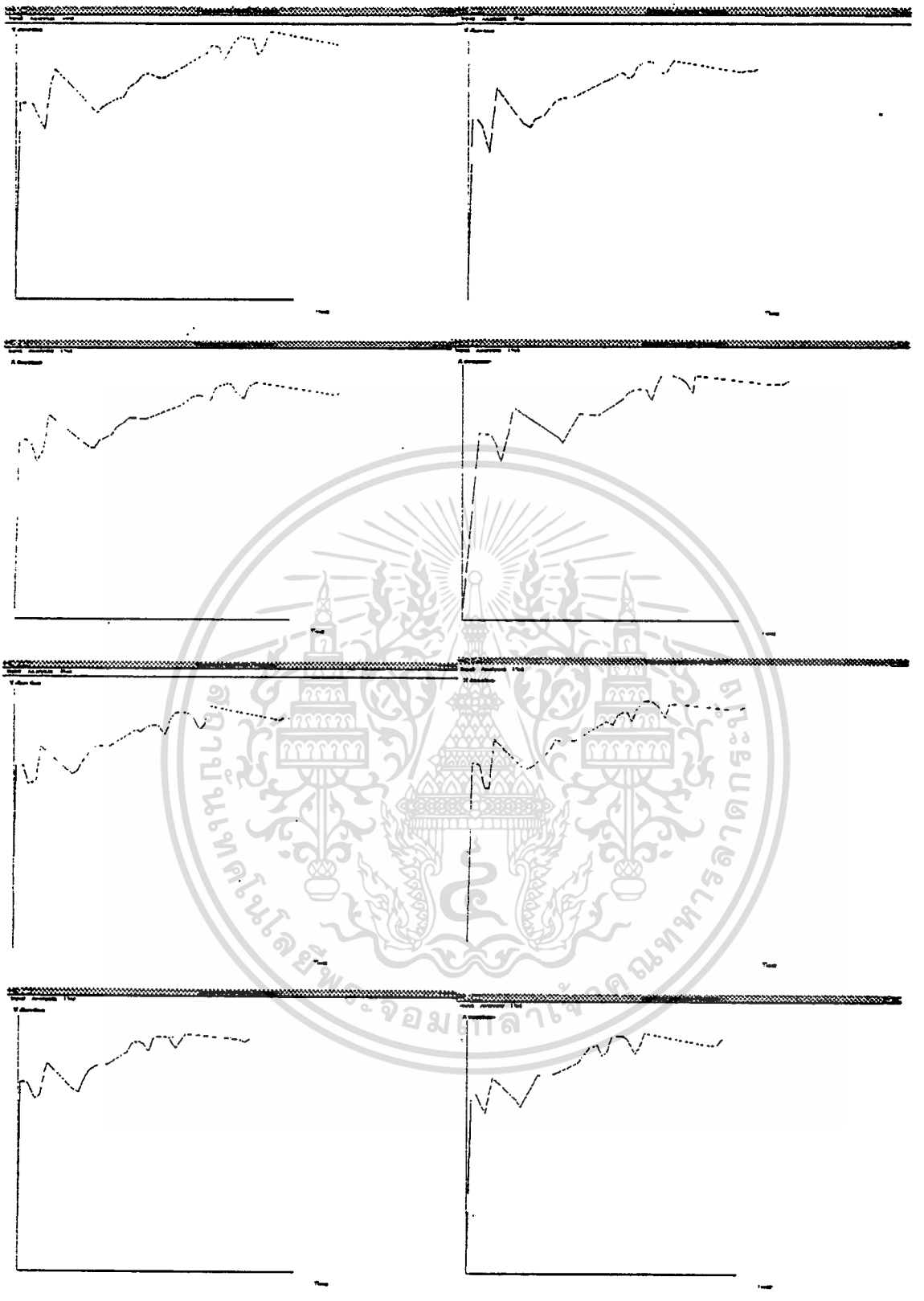
ในรูปที่ 6.2 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงค่าพิกัดตามแนวนอนของบุคคลคนเดียวกัน ซึ่งจะเห็นว่ากราฟทั้งสามกราฟในรูป 6.2 (ก) นั้นมีลักษณะคล้ายกัน และกราฟในรูป 6.2 (ข) หรือรูป 6.2 (ค) ก็มีลักษณะคล้ายกัน แต่กราฟในรูปทั้งสามนั้นมีลักษณะแตกต่างกัน แสดงว่า ค่าพิกัดตามแนวนอนนี้มีความแตกต่างภายในกลุ่มน้อย แต่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มมาก สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ลายเซนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



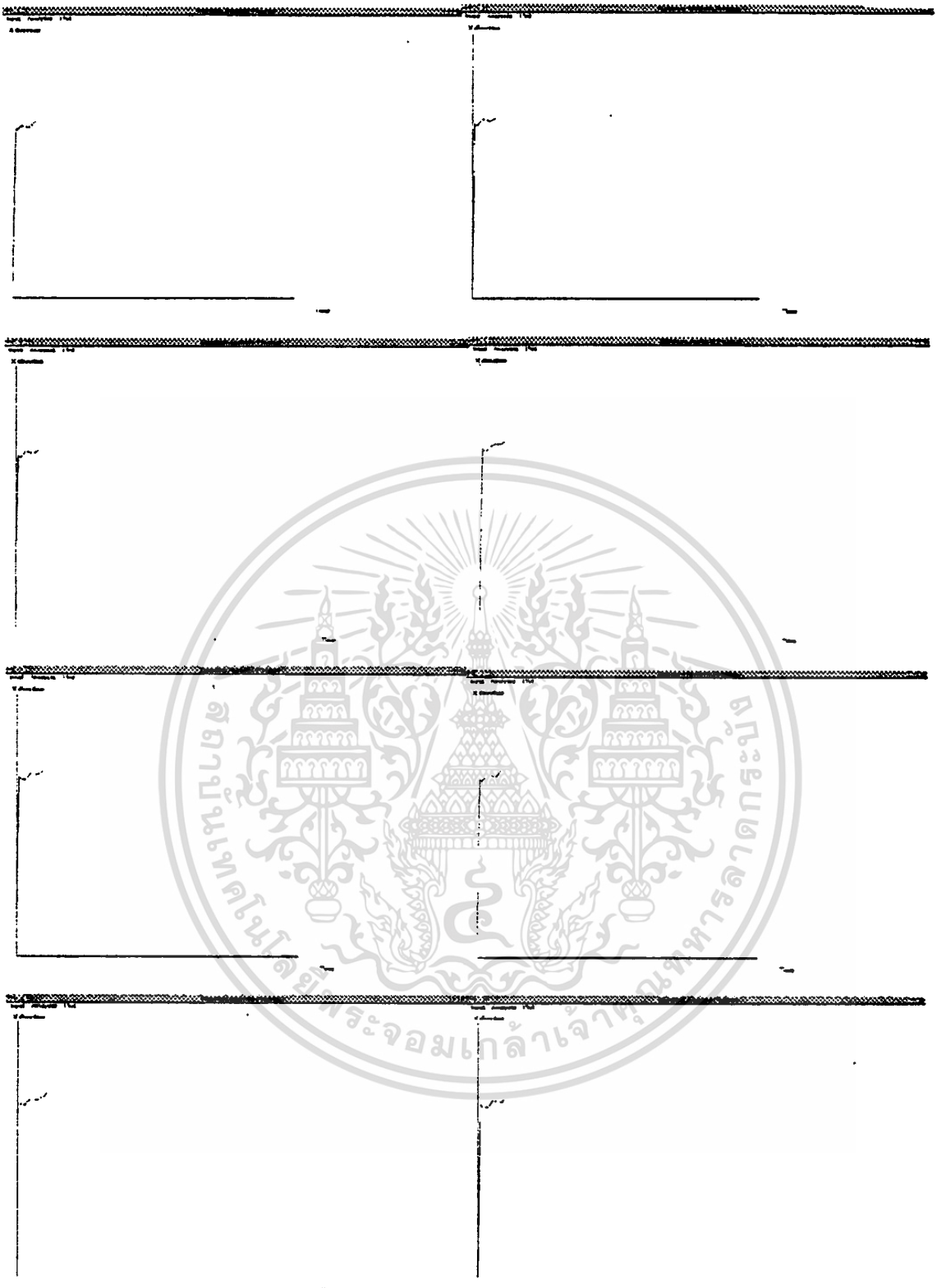
รูปที่ 6.2 (ก) กราฟค่าพิกัดตามแนวนอนของบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



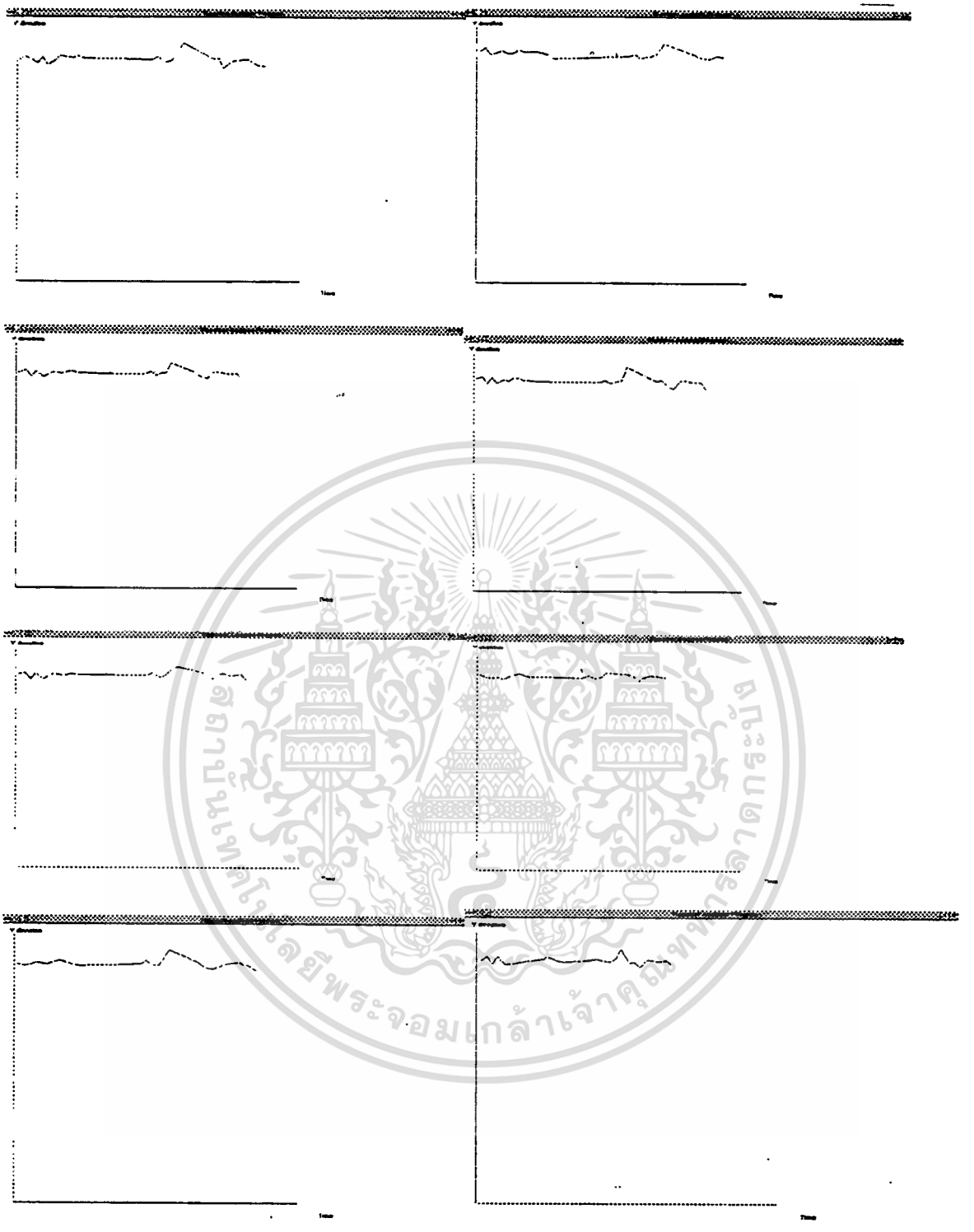
รูปที่ 6.2 (ข) กราฟค่าพิกัดตามแนวนอนของบุคคลที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



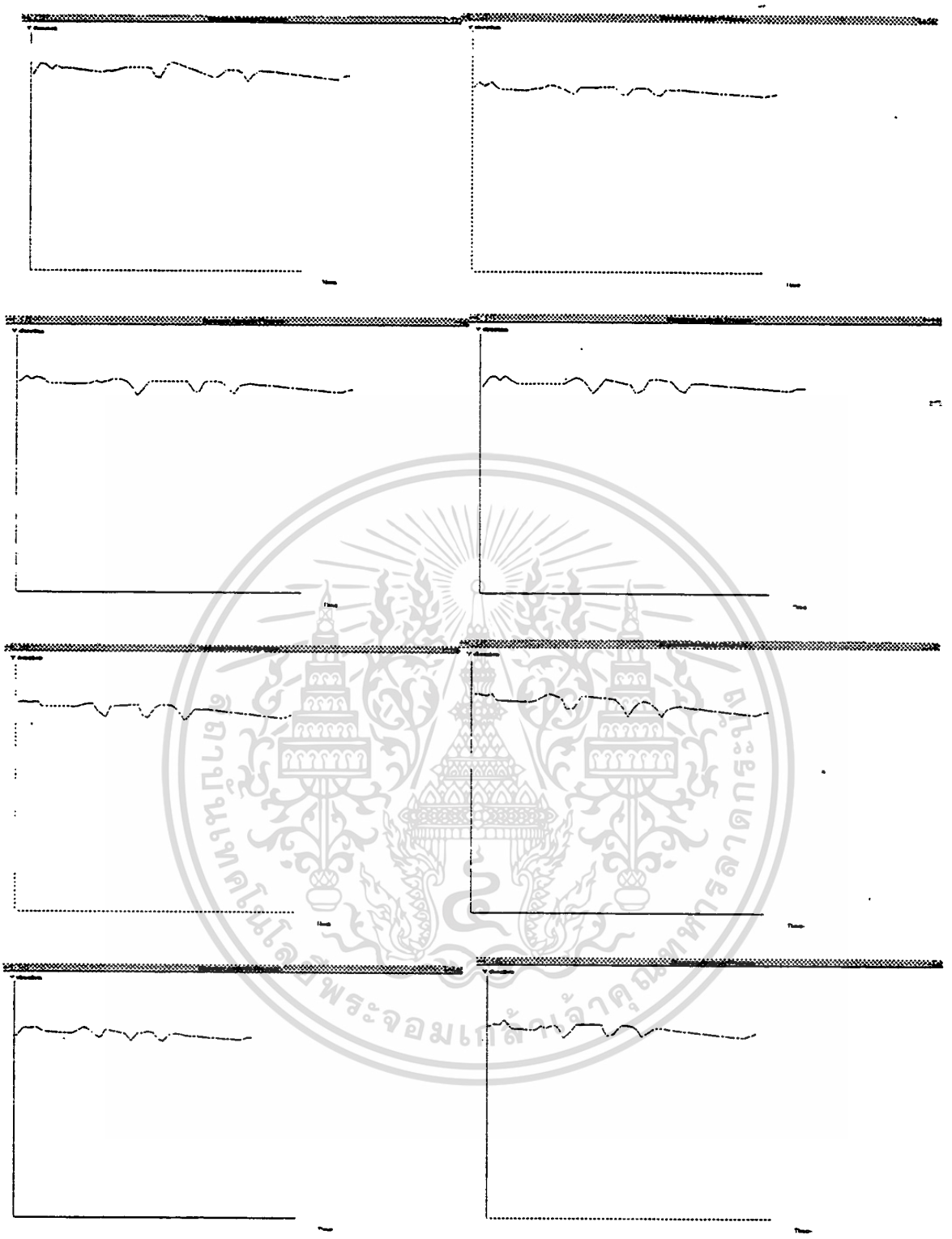
รูปที่ 6.2 (ค) กราฟค่าพิกัดตามแนวนอนของบุคคลที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 (ก) กราฟค่าพิกัดตามแนวตั้งของบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

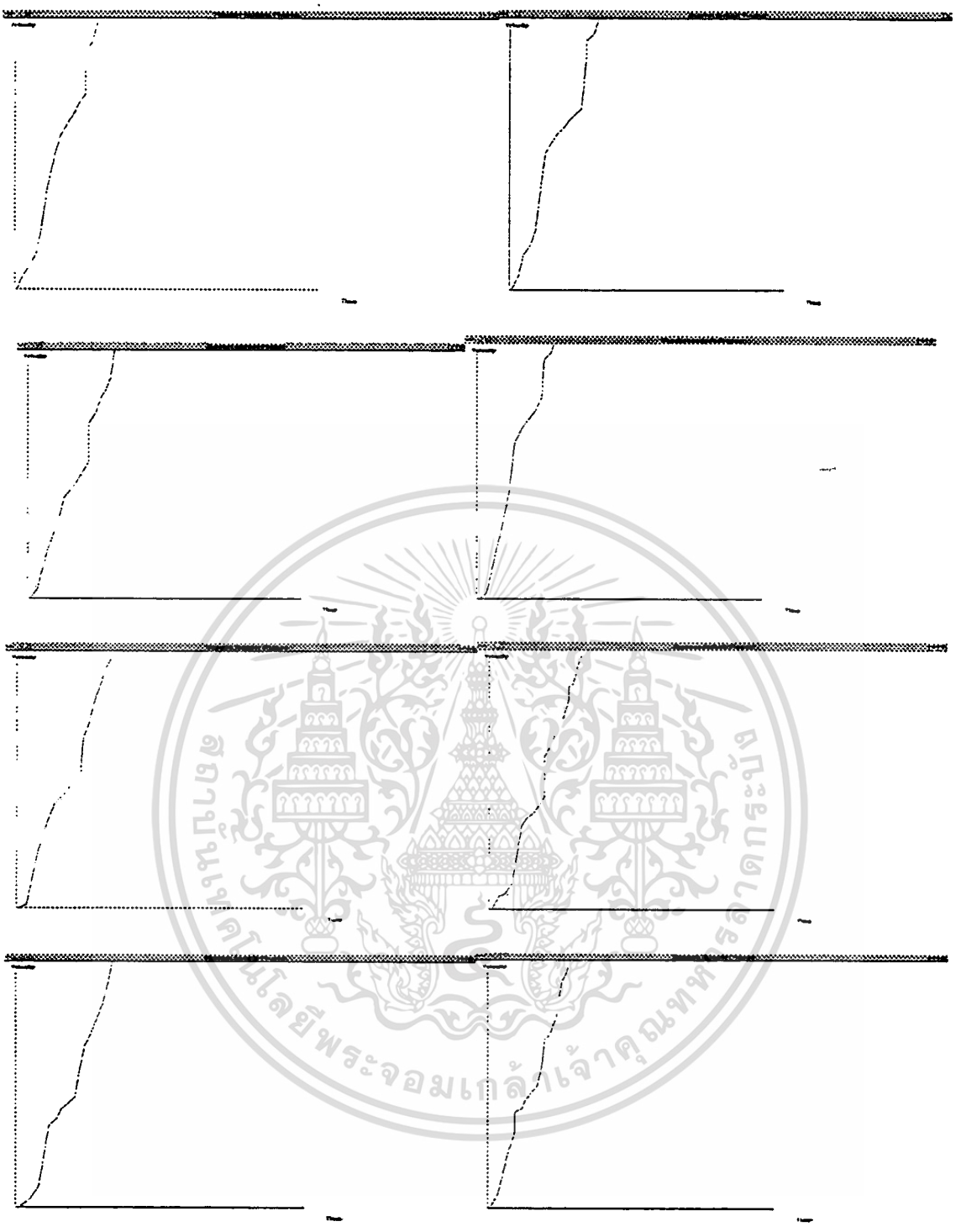


รูปที่ 6.3 (ข) กราฟค่าพิกัดตามแนวตั้งของบุคคลที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.3 (ค) กราฟค่าพิกัดตามแนวตั้งของบุคคลที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

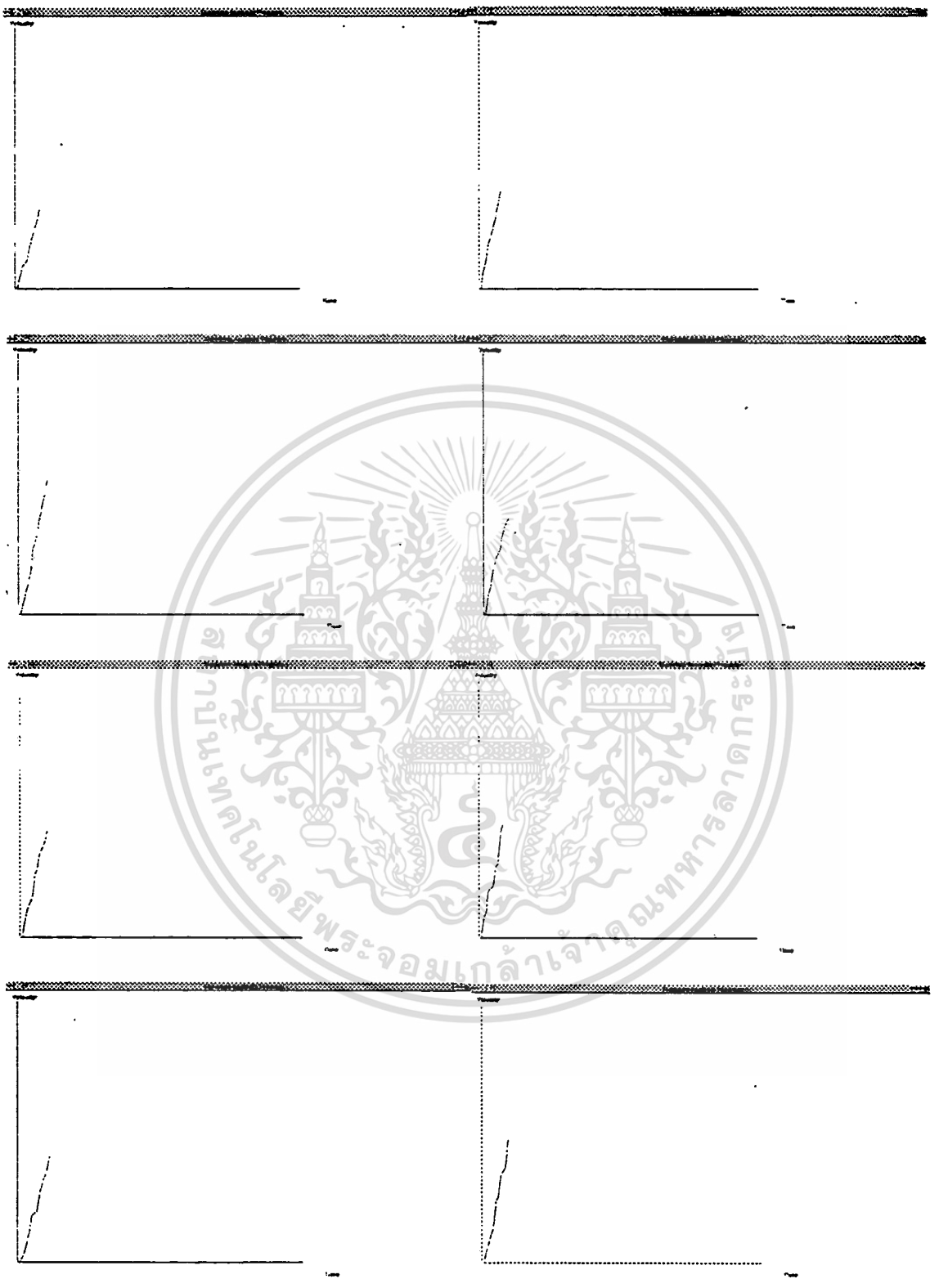


รูปที่ 6.4 (ก) กราฟความเร็วของบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.4 (ข) กราฟความเร็วของบุคคลที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

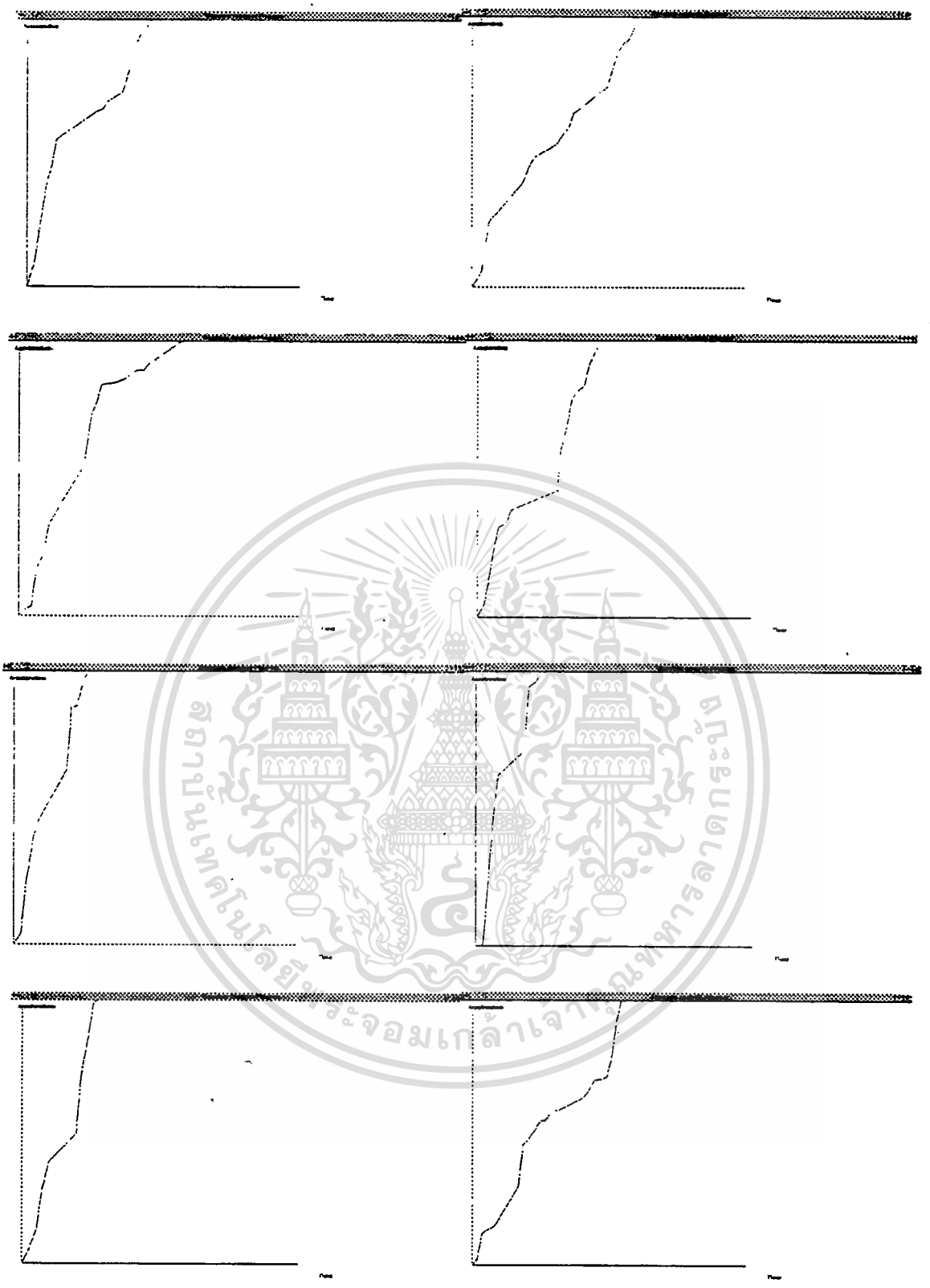


รูปที่ 6.4 (ค) กราฟความเร็วของบุคคลที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

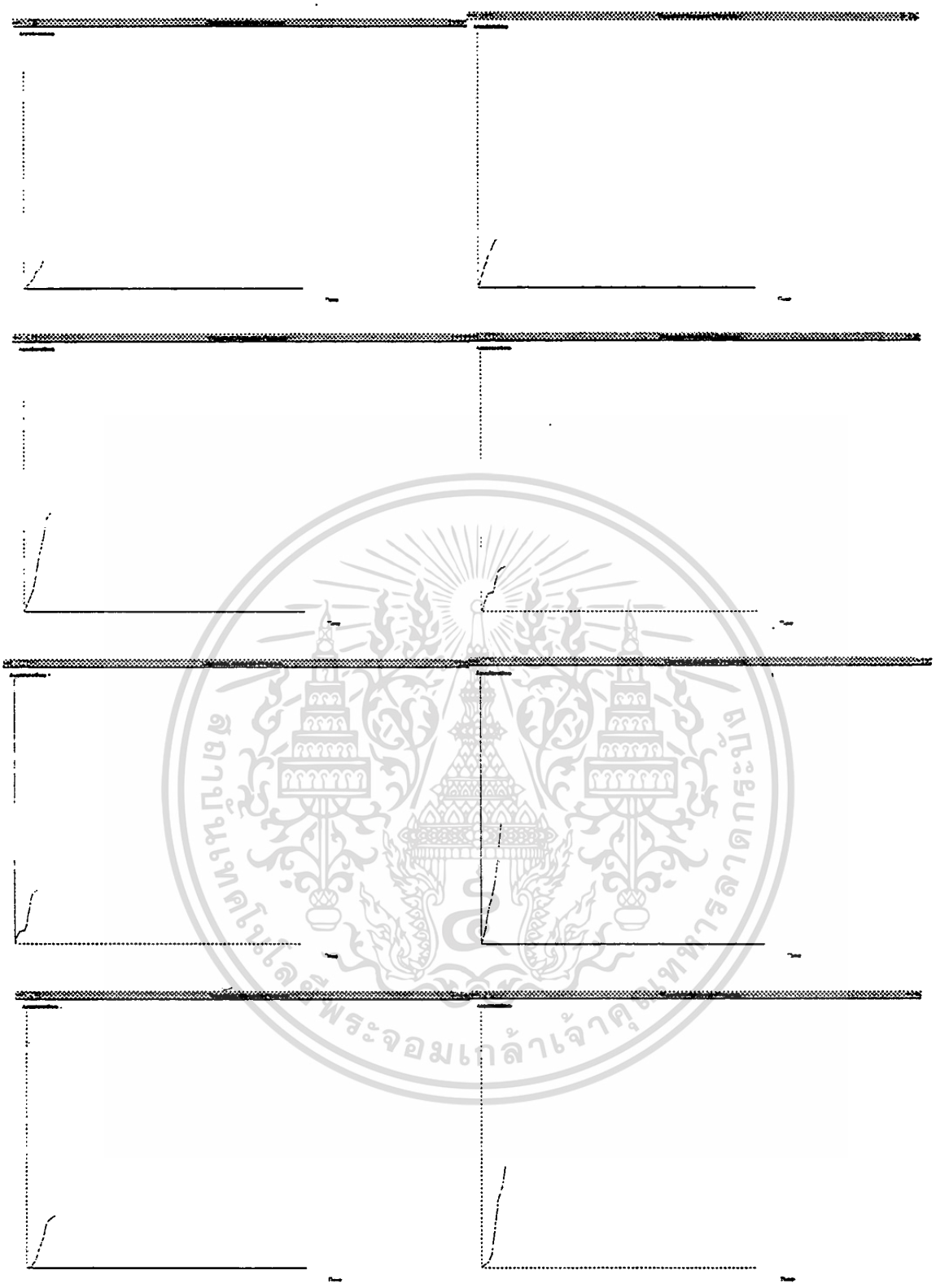
รูปที่ 6.5 (ก) กราฟความเร่งของบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



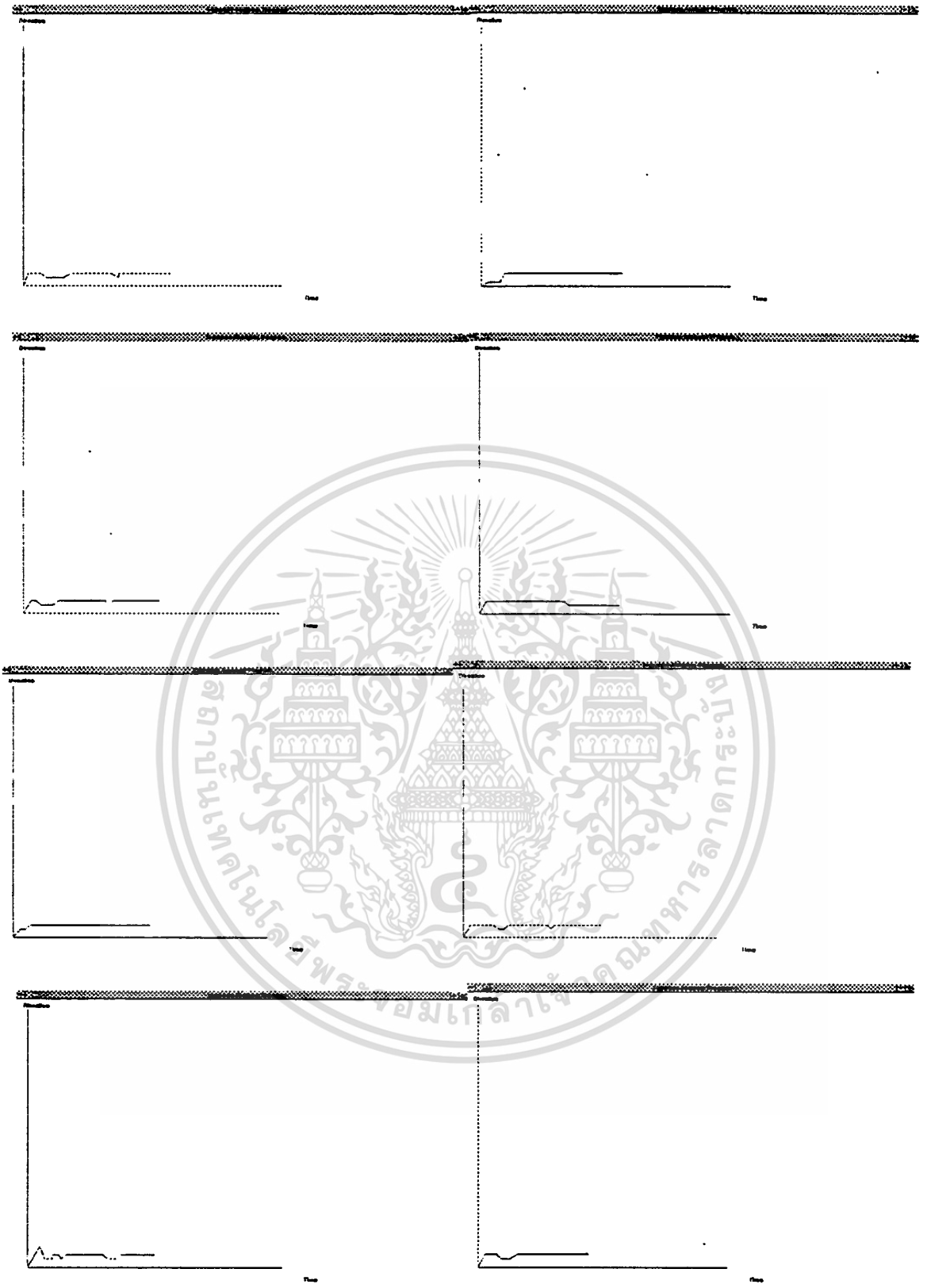
รูปที่ 6.5 (ข) กราฟความเร่งของบุคคลที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



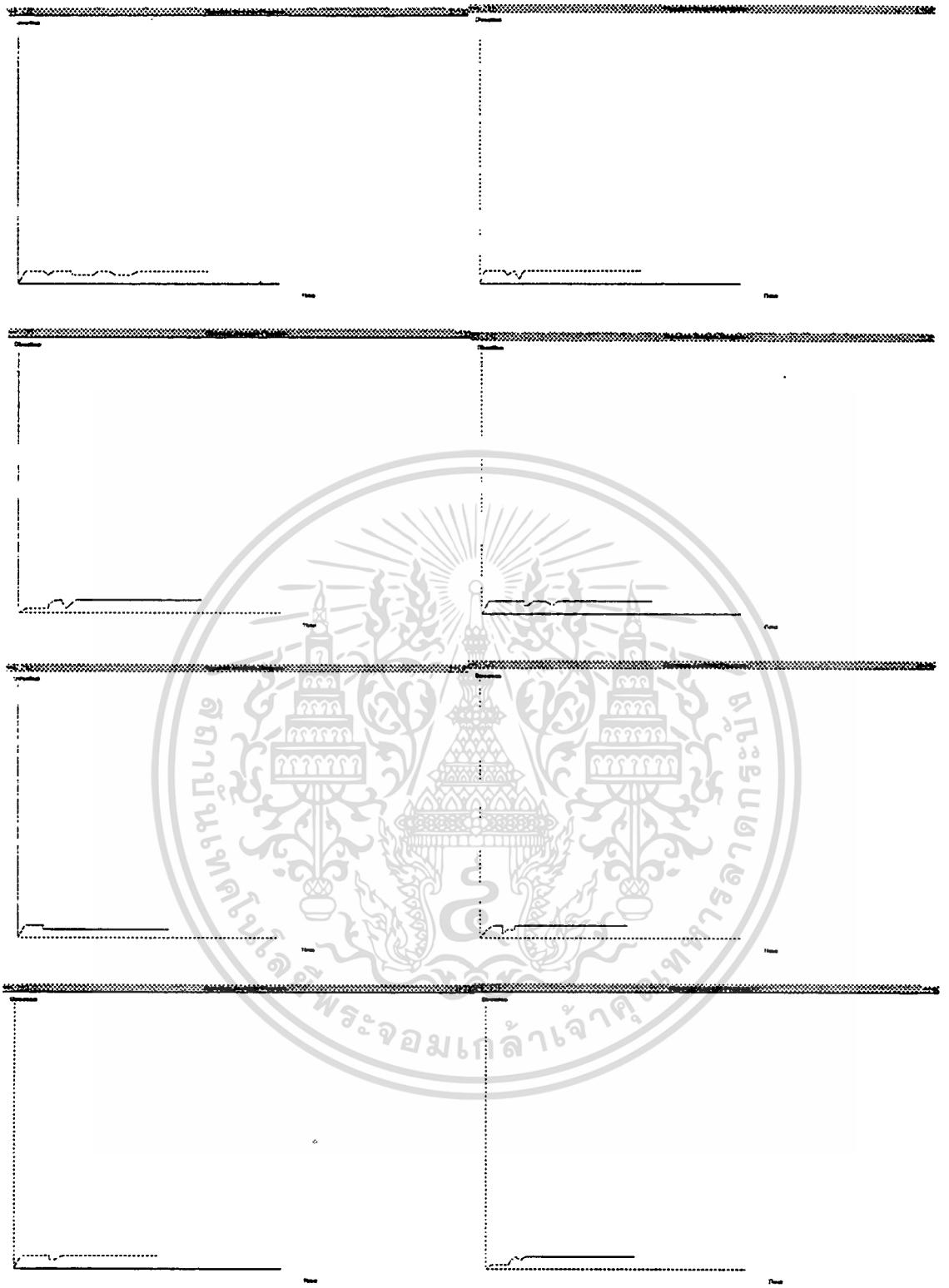
รูปที่ 6.5 (ค) กราฟความเร่งของบุคคลที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



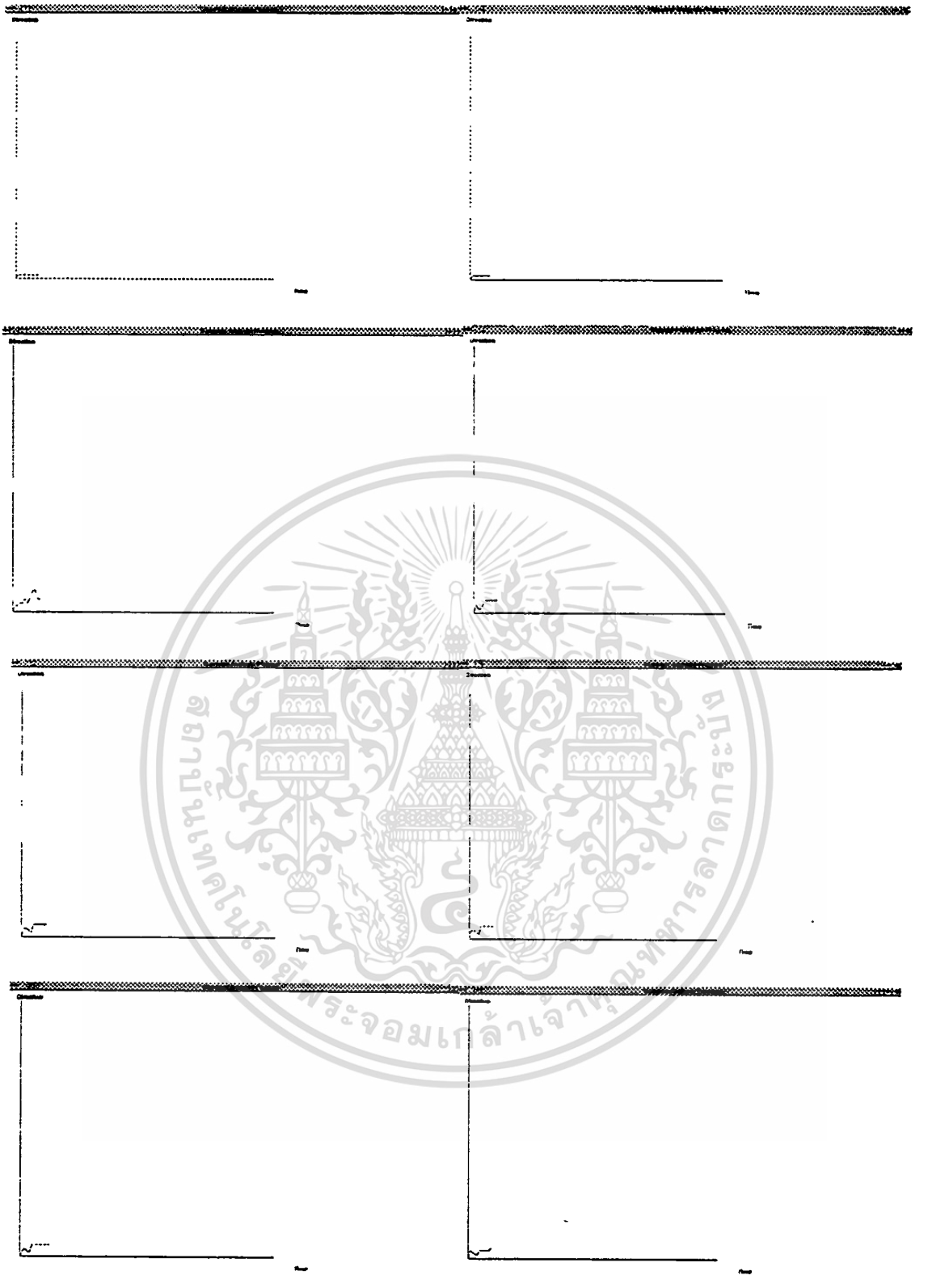
รูปที่ 6.6 (ก) กราฟทิศทางในการเซนต์ของบุคคลที่หนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 (ข) กราฟทิศทางในการเซนต์ของบุคคลที่สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



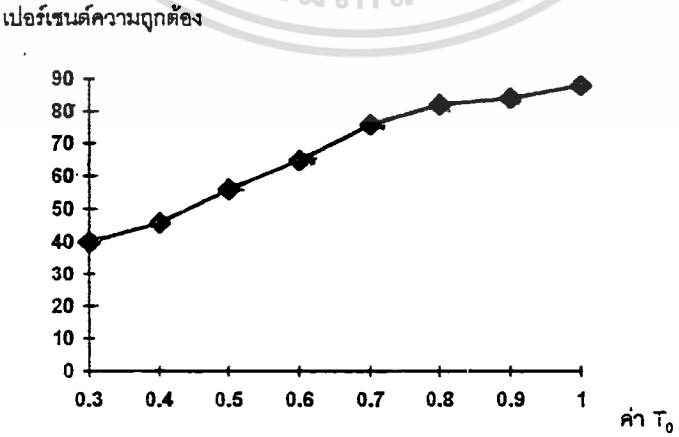
รูปที่ 6.6 (ค) กราฟทิศทางในการเซนต์ของบุคคลที่สาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกับความเปลี่ยนแปลงตามแนวนอน จากรูปที่ 6.3 รูปที่ 6.4 รูปที่ 6.5 และรูปที่ 6.6 จะเห็นว่าความเปลี่ยนแปลงตามแนวตั้ง ความเร็ว และความเร่งของลายเซนต์ และทิศทางในการเซนต์ลายเซนต์ก็มีความแตกต่างภายในกลุ่มค่อนข้างน้อย แต่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มมาก ทำให้สามารถนำลักษณะเด่นเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ลายเซนต์ได้ เมื่อพิจารณาจากกราฟแล้วจะพบว่า กราฟรูปต่างๆ ในหน้าเดียวกันมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ถึงแม้ว่าบางรูปจะไปคล้ายคลึงกับกราฟของบุคคลอื่นด้วยก็ตาม เช่น กราฟความเร่งของบุคคลแรกและบุคคลที่สองบางรูปจะมีลักษณะคล้ายกัน แต่เมื่อพิจารณารวมจากลักษณะเด่นทุกอย่างที่เลือกใช้ จะพบว่าลักษณะเด่นต่างๆ ของลายเซนต์ที่เลือกใช้นี้สามารถใช้ในการแบ่งแยกลายเซนต์ได้

6.2 <u>ค่าขอบเขตในการตัดสินใจ</u>

ในการจะตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธลายเซนต์ที่ตรวจสอบนั้น จะต้องอาศัยค่าขอบเขต T_0 เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ค่า T_0 เท่ากับ 0.8 เนื่องจากได้ทดสอบและวิเคราะห์แล้วพบว่าค่าขอบเขตนี้ให้ผลการปฏิเสธลายเซนต์ปลอมและยอมรับลายเซนต์จริงค่อนข้างสูง ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถูกต้องในการวิเคราะห์และค่าขอบเขตในการตัดสินใจที่เลือกใช้ในรูปที่ 6.6 แต่ทั้งนี้ ผู้ทดลองอาจจะเลือกค่าขอบเขตอื่นๆ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับเปอร์เซนต์ความถูกต้อง โอกาสในการยอมรับลายเซนต์จริง และโอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอมที่ต้องการ เนื่องจาก ในการนำไปประยุกต์ใช้งานบางอย่าง เช่น งานธนาคาร อาจจะมีความต้องการให้มีโอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอมสูง เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ค่าขอบเขตในการตัดสินใจสูงๆ แต่งานบางอย่างก็ต้องการโอกาสในการยอมรับลายเซนต์จริงสูง ซึ่งจะต้องใช้ค่าขอบเขตในการตัดสินใจไม่สูงมากนัก และจะมีผลทำให้โอกาสในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอมต่ำลงตามไปด้วย



รูปที่ 6.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถูกต้องและค่าขอบเขตในการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใช้ค่าขอบเขตเท่ากับ 0.8 ในการตัดสินใจ พบว่า มีค่าความผิดพลาดในการยอมรับลายเซนต์ปลอมเท่ากับ 8 เปอร์เซนต์ แต่ก็พบโอกาสเกิดความผิดพลาดในการปฏิเสธลายเซนต์จริงเท่ากับ 10 เปอร์เซนต์

สำหรับการตัดสินใจจะยอมรับหรือปฏิเสธลายเซนต์ใดนั้น จะพิจารณาจากค่าความคล้ายคลึงของลายเซนต์ ($d(S_j,R_j)$) โดย

- ยอมรับลายเซนต์เมื่อ

$$d(S_j,R_j) > \bar{T}_0$$

- ปฏิเสธลายเซนต์เมื่อ

$$d(S_j,R_j) < \bar{T}_0$$

ซึ่งจากการทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ผลการเปรียบเทียบลายเซนต์

ค่าขอบเขต $\bar{T}_0$	จำนวนครั้งในการยอมรับลายเซนต์จริง (200 ลายเซนต์)	จำนวนครั้งในการปฏิเสธลายเซนต์ปลอม (100 ลายเซนต์)
0.2	200	37
0.3	200	40
0.4	200	46
0.5	191	60
0.6	187	71
0.7	182	85
0.8	180	92
0.9	178	95
1.0	175	100
รวม	200	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
ผลการทดลอง

7.1 โปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์

โปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

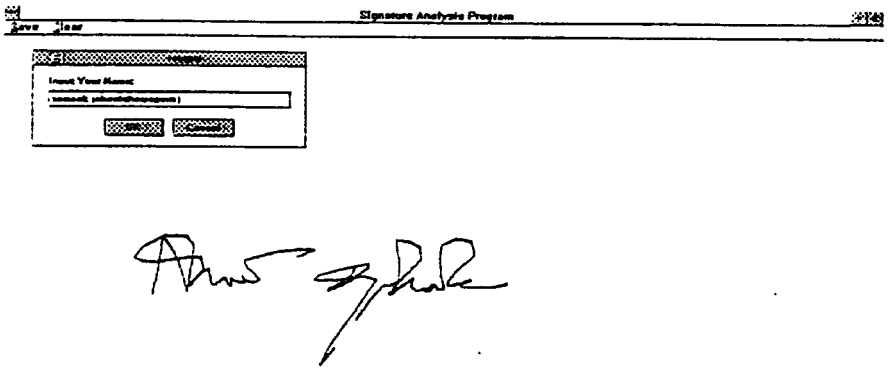
- การรับข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่ฐานข้อมูล
- การวิเคราะห์ลายเซนต์
- การพิมพ์ลายเซนต์และวาดกราฟลักษณะเด่นต่างๆ ของลายเซนต์

โดยจอภาพหลักของโปรแกรมจะมีลักษณะดังนี้

รูปที่ 7.1 เมนูหลักของโปรแกรมวิเคราะห์ลายเซนต์

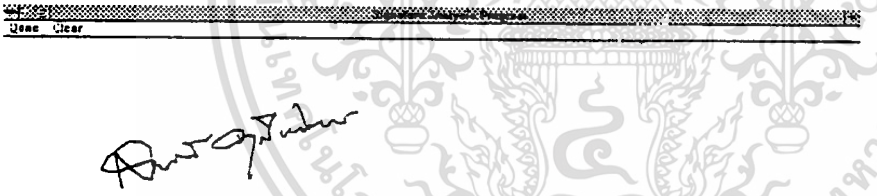
เมื่อคลิกเมาส์ที่ตัวเลือกแรก คือ รับข้อมูลลายเซนต์ จะปรากฏจอภาพว่างให้ป้อนข้อมูลลายเซนต์ และเมื่อเซนต์ลายเซนต์เสร็จแล้วก็จะต้องใส่ชื่อเจ้าของลายเซนต์ด้วย เพื่อนำข้อมูลลายเซนต์พร้อมทั้งชื่อผู้เซนต์นี้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล ดังรูปที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



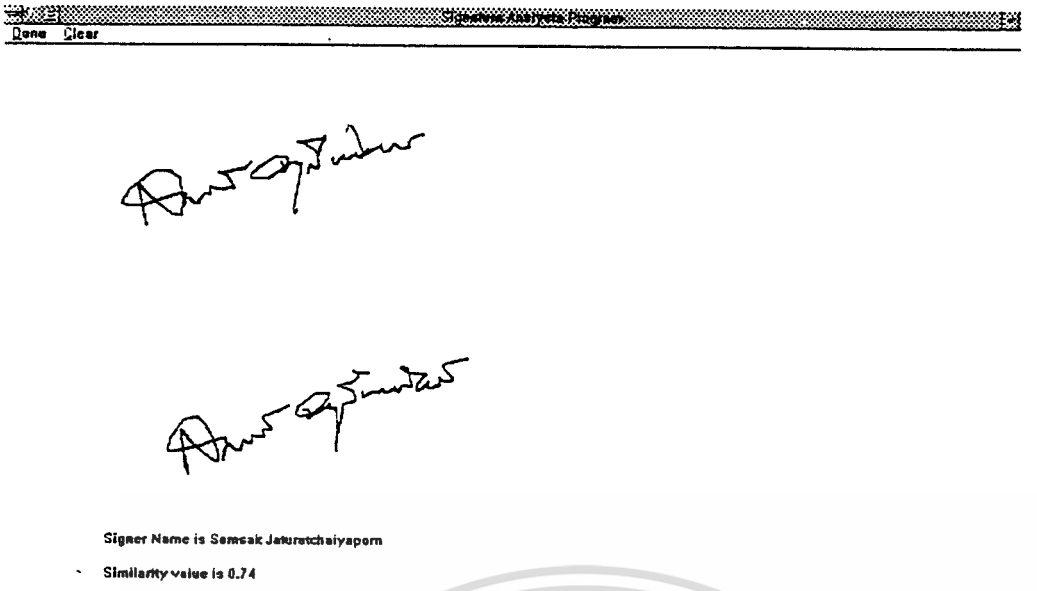
รูปที่ 7.2 จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลลายเซนต์เข้าสู่ฐานข้อมูล

ตัวเลือกที่สองจะเป็นการวิเคราะห์ลายเซนต์ เมื่อคลิกที่ตัวเลือกนี้ จะปรากฏจอภาพว่างๆให้เซนต์ลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบลงไป ดังรูปที่ 7.3 (ก) โดยไม่ต้องใส่ข้อมูลชื่อผู้เซนต์



รูปที่ 7.3 (ก) จอภาพสำหรับป้อนข้อมูลลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ

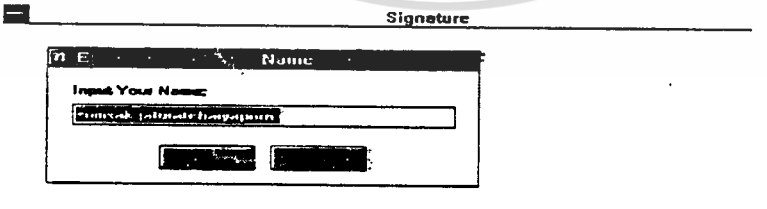
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 (ข) จอภาพแสดงผลการวิเคราะห์ลายเซนต์

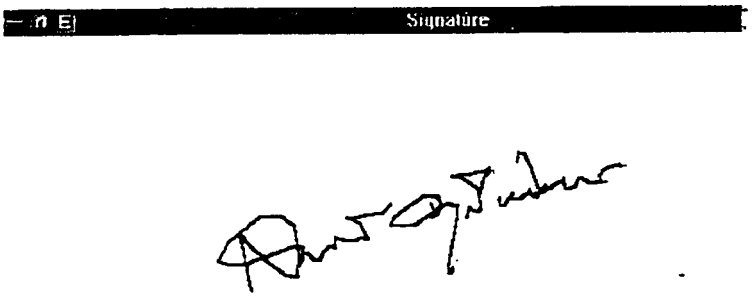
โปรแกรมจะคำนวณลักษณะเด่นของลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบนี้กับลายเซนต์ในฐานข้อมูล และจะแสดงลายเซนต์ที่ต้องการตรวจสอบ ลายเซนต์ในฐานข้อมูลที่ตรงกับลายเซนต์ที่ตรวจสอบ พร้อมทั้งรายชื่อของเจ้าของลายเซนต์และค่าความคล้ายของลายเซนต์ทั้งสอง ดังในรูปที่ 7.3 (ข)

ตัวเลือกในช่องสุดท้ายจะเป็นการพิมพ์ตัวอย่างลายเซนต์ในฐานข้อมูล และกราฟของลักษณะเด่นของลายเซนต์ทั้งทางจอภาพและเครื่องพิมพ์ โดยจะมีไดอะล็อกบ๊อกซ์ให้ใส่ชื่อเจ้าของลายเซนต์ที่ต้องการพิมพ์ตัวอย่างลายเซนต์หรือตัวอย่างกราฟ ดังในรูปที่ 7.4 (ก) แล้วจากนั้นโปรแกรมจะแสดงตัวอย่างลายเซนต์ หรือกราฟที่ต้องการ ดังในรูปที่ 7.4 (ข) และ (ค) ตามลำดับ



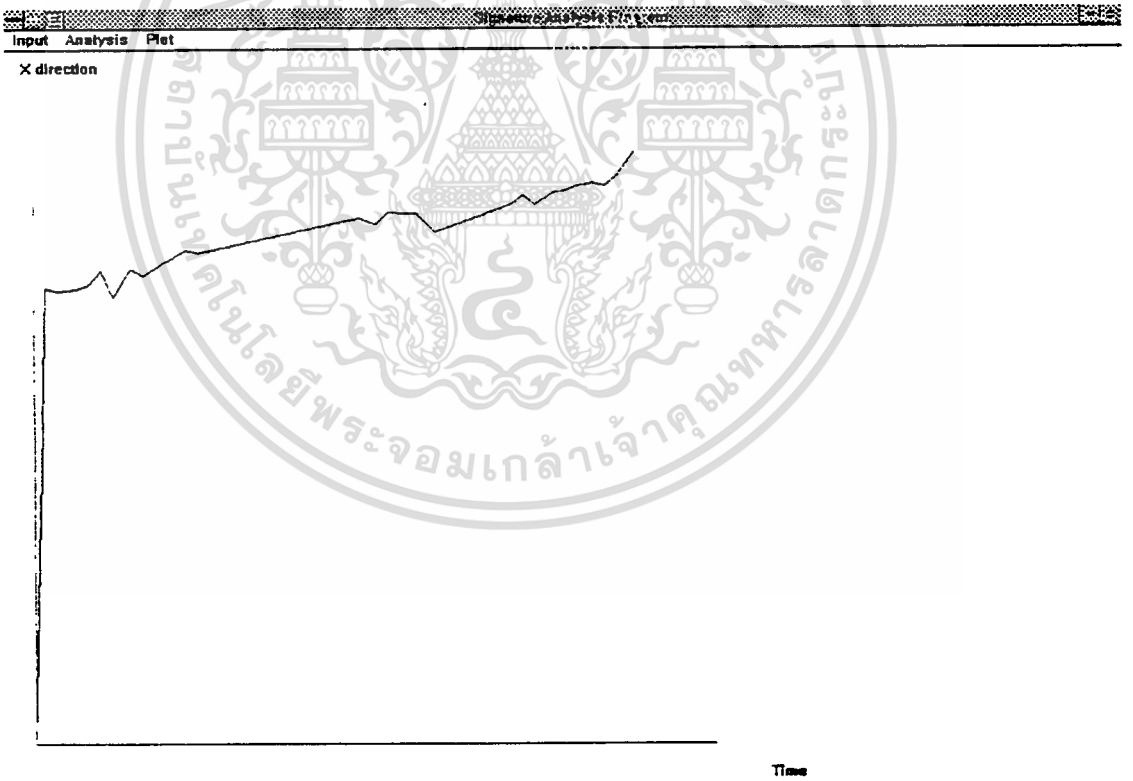
(ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Signer Name somsak jaturatchaiyapom

(ข)



(ค)

รูปที่ 7.4 ตัวอย่างลายเซนต์และกราฟลักษณะเด่นของลายเซนต์ (ต่อ)

(ก) จอภาพสำหรับใส่ชื่อเจ้าของลายเซนต์

(ข) ตัวอย่างลายเซนต์ (ค) ตัวอย่างกราฟค่าพิกัดตามแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองโดยใช้ผู้เซนต์ลายเซนต์ 20 คน เซนต์ชื่อเก็บไว้ในฐานข้อมูลคนละ 20 ครั้ง และทดลองเซนต์ลายเซนต์เพื่อตรวจสอบคนละ 10 ครั้ง ให้ผู้เซนต์บางคนทดลองปลอมลายเซนต์ของผู้อื่น ลายเซนต์ละ 5 ครั้ง โดยให้เจ้าของลายเซนต์เซนต์ให้ดูเป็นตัวอย่าง สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 สรุปผลการวิเคราะห์ลายเซนต์

ผู้เซนต์คนที่	ยอมรับ ลายเซนต์จริง	ปฏิเสธ ลายเซนต์ปลอม
1	9	5
2	10	5
3	9	5
4	10	5
5	8	4
6	10	5
7	9	5
8	10	4
9	9	5
10	8	4
11	10	5
12	10	4
13	9	5
14	8	5
15	7	4
16	9	5
17	8	4
18	9	4
19	8	5
20	10	4
รวม	180	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 7.1 พบว่า อัตราความถูกต้องในการวิเคราะห์เท่ากับ 82 เปอร์เซนต์ ความผิดพลาดในการปฏิเสธลายเซนต์จริงเท่ากับ 10 เปอร์เซนต์ และความผิดพลาดในการยอมรับลายเซนต์ปลอมเท่ากับ 8 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
บทสรุป

8.1 สรุปผลการทำงานของระบบ

จากผลการทดลองพบว่า ลักษณะเด่นที่เลือกใช้สามารถแทนข้อมูลลายเซนต์ได้ ทำให้ระบบการวิเคราะห์ลายเซนต์นี้สามารถใช้งานได้ดีพอสมควร โดยสามารถตรวจสอบลายเซนต์ปลอมได้เกือบทั้งหมด แต่มีการปฏิเสธลายเซนต์จริงในฐานข้อมูลพอสมควร ซึ่งก็ถือว่า ผลที่ได้นี้ให้ความปลอดภัยค่อนข้างสูง เนื่องจากมีโอกาสในการยอมรับลายเซนต์ปลอมน้อยมาก แต่ก็มีการปฏิเสธลายเซนต์จริงพอสมควร ส่วนปัญหาหลักที่พบก็คือความไม่คุ้นเคยในการใช้กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ แม้แต่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ที่อยู่วงการคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว ก็พบปัญหาในการเซนต์เป็นอย่างมาก เนื่องจากไม่สามารถเซนต์ด้วยความเร็วเท่ากับการเซนต์ลงบนกระดาษธรรมดาได้ เมื่อผ่อนแรงกดปากกา ก็เกิดปัญหาเส้นขาด ไม่ต่อเนื่อง รวมทั้งขนาดของลายเซนต์บนจอภาพก็มีขนาดเล็กกว่าเมื่อเซนต์ลงบนกระดาษธรรมดาด้วย ทำให้ผู้ทดลองต้องเซนต์ลายเซนต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ ซึ่งต้องใช้ความตั้งใจมากเป็นพิเศษ มีผลทำให้ระยะเวลาในการเซนต์มากกว่าปกติ

8.2 ข้อจำกัดของระบบ

1. กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ยังไม่สะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากต้องใช้แรงกดปากกามากกว่าการเซนต์ลงบนกระดาษธรรมดา ทำให้เกิดปัญหาแก่ผู้ใช้ ซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ถึงแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นผู้ที่มีความคุ้นเคยกับคอมพิวเตอร์อยู่แล้วก็ตาม

2. วิทยานิพนธ์นี้ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ 20 คนเท่านั้น และผู้ทดลองนี้ก็ล้วนแล้วแต่เป็นผู้ที่มีการศึกษา และอยู่ในวงการคอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น ยังไม่มีการนำไปทดลองใช้กับบุคคลทั่วไป ซึ่งยังไม่คุ้นเคยกับการใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง

8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต

1. ในการวิจัยต่อไป ควรมีการพัฒนาอุปกรณ์ต่อพ่วงหรือเลือกใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงที่มีเทคโนโลยีที่ ทันสมัยมากขึ้น เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ใช้มากขึ้น

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองควรมีขนาดใหญ่กว่านี้ และควรเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายทั้งในด้านระดับการศึกษาและสาขาอาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ควรมีการนำทฤษฎีขั้นสูงในด้านการรู้จำ (Pattern Recognition) มาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย เพื่อให้ ระบบการวิเคราะห์ลายเซนต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การเปรียบเทียบลักษณะเด่นที่เลือกใช้ด้วยวิธีอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนมากกว่านี้ และ ระบบการเรียนรู้เพื่อเลือกค่าขอบเขตในการตัดสินใจที่เหมาะสม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. J.R. ULLMANN, Pattern Recognition Techniques', Butterworth & Co (Publishers) Ltd., 1973.

2. JULIUS T.TOU and RAFAEL C.CONZALEZ, Pattern Recognition Principle, Addison-Wesley Publishing Company, 1974.

3. K.S. FU, Digital Pattern Recognition, New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1976.

4. K.S. FU, Syntactic Methods in Pattern Recognition', Academic Press, 1974.

5. RICHARD G.SHIAVI and JOHN R.BOURNE, 'Handbook of Pattern Recognition and Image Processing', Academic Press Inc., 1986.

6. ROBERT M.GLORIOSO, 'Engineering Cybernetics', Prentice Hall Inc., 1975.

7. ปิยมาศ โง้วมณี และ ผศ.ดร. บุญวัฒน์ อัตชู, 'การวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย', การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ธันวาคม 2537.

8. CHAN F. LAM AND DAVID KAMIN, 'Signature Recognition Through Spectral Analysis, Pattern Recognition, Vol.22 No.1, pp. 39-44, 1989.

9. CHANG KENG LIN, KO-CHIN FAN AND FRANK TZE-PA LEE, 'On-Line Recognition by Deviation–Expansion Model and Dynamic Pprogrammnig Matching',.Pattern Recognition, Vol.26, No.2, pp. 259-268, 1993

10. K.P. ZIMMERMANN AND M.J. VARADY, 'Handwriter Identification From One-bit Quantized Pressure Patterns, Pattern Recognition, Vol.18 No.1, pp. 63-72, 1985.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ROGER N.NAGEL AND AZRIEL ROSENFELD, 'Computer Detection of Freehand Forgeries, IEEE Transacitons on Computer, Vol.C-26 No.9, September 1977.

12. SEONG-WHAN LEE and JEONG-SEON PARK, 'Nonlinear Shape Normalization Method For the Recognition of Large-Set Handwritten Characters', Pattern Recognition, Vol.27 No.7 op.895-902, 1994

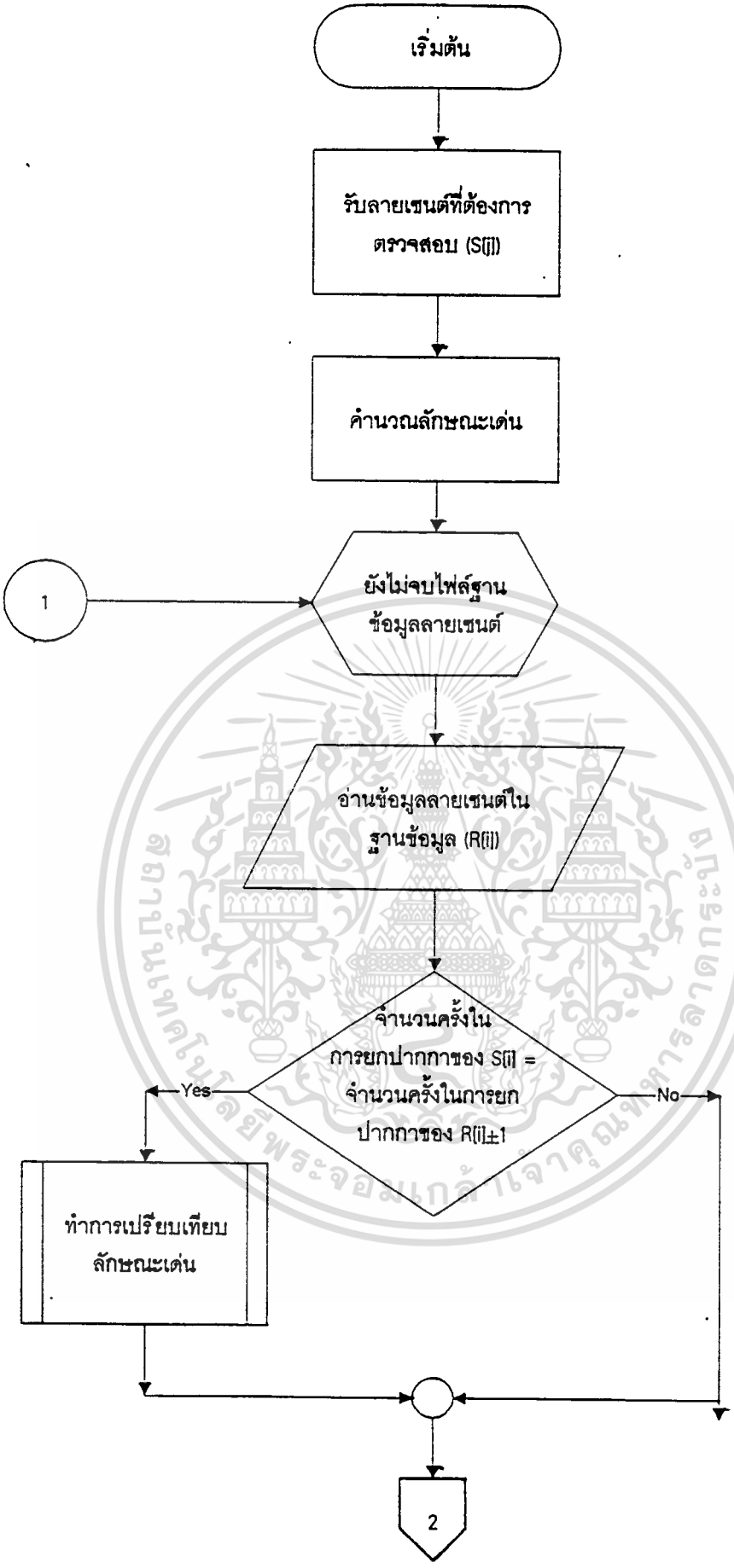
13. THOMAS S.SHEPHERD, WILLIAM UTTAL, SRIRAM DAYANAND and ROBB LOVELL, 'A Method For Shift, Rotate and Scale Invariant Pattern Recognition Using the Form and Arrangement of Pattern Specific Features', Pattern Recognition, Vol.25 No.4 pp.343-356, 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

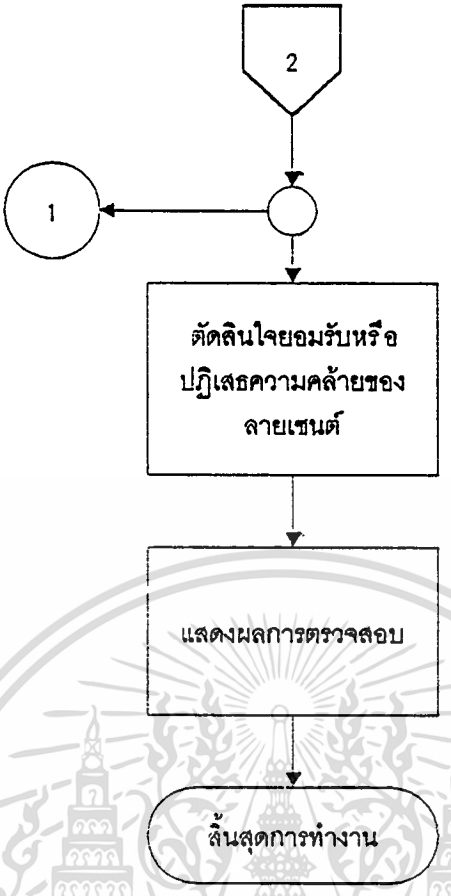
ผังงานการวิเคราะห์ลายเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



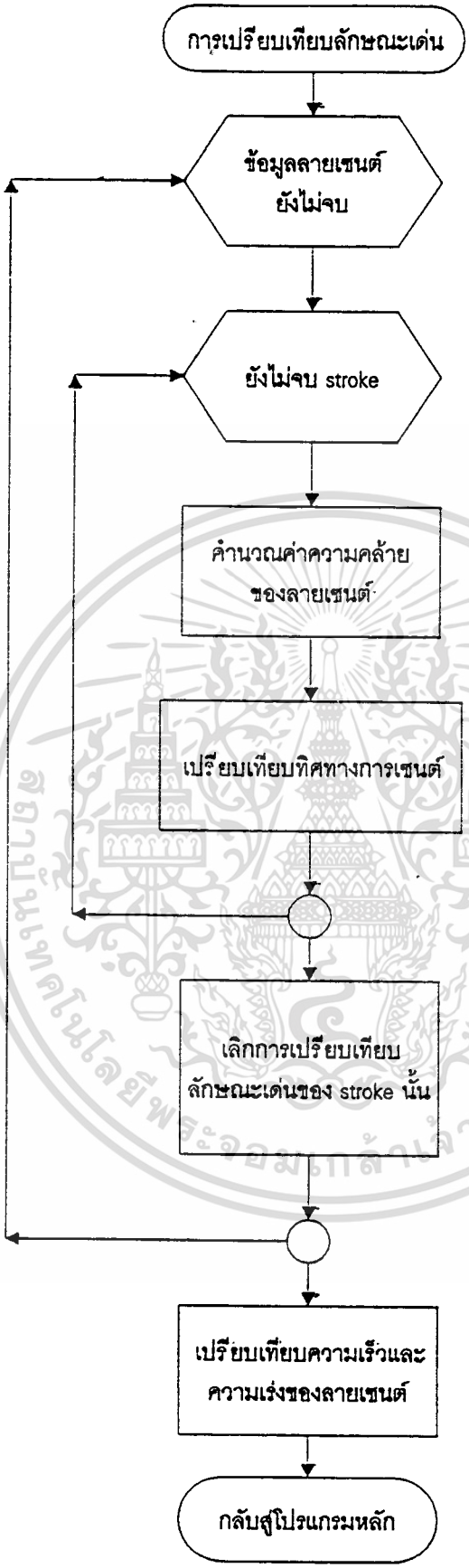
รูปที่ ก.1 ผังงานระบบการวิเคราะห์ลายเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ผังงานระบบวิเคราะห์ลายเซนต์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ผังงานการเปรียบเทียบลักษณะเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมการวิเคราะห์ลายเซนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program MyProgram;
{$R main.res}

uses WinDos, Strings, WinTypes, WinProcs, WObjects, StdDlgs,wincrt;
const
   id_menu = 100;
   cm_save  = 101;
   cm_clear = 102;
   cm_Analysis = 201;
   cm_SPlot = 301;
   cm_SDraw = 302;
   cm_GPlot = 401;
   cm_GDraw = 402;

type xy = record
          x : Integer;
          y : integer;
          end;

      reco = record
           na : string[25];  {array[0..25] of char;  }
           sc, co : real;
           end;

type
  TMyApplication = object(TApplication)
    procedure InitMainWindow; virtual;
  end;

type
  PMyWindow = ^TMyWindow;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TMyWindow = object(TWindow)
  line:array[0..3000] of char;
  codinate :array[1..2000] of xy;
  buf:Array[0..3000] of char;
  DragDC: HDC;
  ButtonDown,CheckWrite: Boolean;
  ThePen: HPen;
  PenSize: Integer;

  f,signdat,temp      :text;
  flag, found_s : string;

  name : string[25];
  n : array [0..25] of char;
  t_stroke, c_stroke,b : array [0..1] of char;
  cx, cy, x_temp, y_temp : array [0..3] of char;
  ct, t_temp : array [0..6] of char;

  rt_stroke, rx_temp, ry_temp, rt_temp : integer;
  stroke, x0,x, y0, y, t0,t, us, as , s0 : integer;
  code1,code2,code3,code4, code5, code6, code7, code8 : integer;
  t_dif, tot_time, x_dif, y_dif, s_dif, i_radi, s_flag, t_flag : integer;
  x_temp0, y_temp0, t_temp0 : integer;
  xco, yco : integer;
  rs, m, radi, tot_sx, tot_sy, tot_v, tot_a : real;
  total_sx, total_sy, total_v, total_a : real;
  sx, sy, v, a : integer;
  d, temp_d,i : integer;
  temp_x, temp_y, temp_v, temp_a, tot_score : real;
  s : array[0..1] of char;
  rx, ry, rv, ra : array[0..16] of char;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    w_flag,r_flag : string;
    direct : array[1..1000] of integer;

    res : array[1..20] of  reco;

    constructor Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
    destructor Done; virtual;

    procedure cmInput(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + cm_Input;
    procedure cmAnaly(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + cm_Analysis;
    procedure cmSPlot(var Msg: TMessage);
      virtual cm_First + cm_SPlot;
    procedure cmSDraw(var Msg:TMessage);
      virtual cm_First + cm_SDraw;
    procedure cmGPlot(var Msg: TMessage);
      virtual cm_First + cm_GPlot;
    procedure cmGDraw(var Msg:TMessage);
      virtual cm_First + cm_GDraw;

  end;
var Hr, Min, Sec, Hund : WORD;

{-------------------------------}
{ TMyWindow's method implementations:          }
{-------------------------------}

constructor TMyWindow.Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
begin
  TWindow.Init(AParent, ATitle);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  ButtonDown := False;
  Checkwrite := False;
   Attr.Menu := LoadMenu(HInstance, PChar(id_Menu));
  ThePen := CreatePen(ps_Solid, 2, 0);
end;

destructor TMyWindow.Done;
begin
  DeleteObject(ThePen);
  TWindow.Done;
end;
{-------------------------------}
{ TMyApplication's method implementations:      }
{-------------------------------}
procedure TMyApplication.InitMainWindow;
begin
  MainWindow := New(PMyWindow, Init(nil, 'Signature Analysis Program'));
end;
{-------------------------------}
{ Main program:                 }
{-------------------------------}
Var  MyApp : TMyApplication;
begin
  MyApp.Init('MyProgram');
  MyApp.Run;
  MyApp.Done;
end.

procedure cmInput(var Msg: TMessage);
{$R patt.res}
const
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    cm_save  = 100;
    cm_clear = 101;
type xy = record
          x : Integer;
          y : integer;
          end;
type
  TMyApplication = object(TApplication)
    procedure InitMainWindow; virtual;
  end;
type
  PMyWindow = ^TMyWindow;
  TMyWindow = object(TWindow)
    line:array[0..3000] of char;
    f       :text;
    codinate :array[1..2000] of xy;
    buf:Array[0..3000] of char;
    i,stroke :integer;
    DragDC: HDC;
    ButtonDown,CheckWrite: Boolean;
    ThePen: HPen;
    PenSize: Integer;
    n : array[0..25] of char;

    constructor Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
    destructor Done; virtual;
    function CanClose: Boolean; virtual;
    procedure WMLButtonDown(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_LButtonDown;
    procedure WMLButtonUp(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_LButtonUp;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    procedure WMMouseMove(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_MouseMove;
    procedure WMRButtonDown(var Msg: TMessage);
      virtual cm_First + cm_save;
    procedure clear(var Msg:TMessage);
  } virtual cm_First + cm_clear;
 end;
var Hr, Min, Sec, Hund : WORD;

{-------------------------------}
{ TMyWindow's method implementations:          }
{-------------------------------}

constructor TMyWindow.Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
begin
  TWindow.Init(AParent, ATitle);
  stroke := 0;
  ButtonDown := False;
  Checkwrite := False;
   Attr.Menu := LoadMenu(HInstance, 'menu');
  ThePen := CreatePen(ps_Solid, 2, 0);
  strcopy(line,'');
  i := 1;
  assign(f,'fullsign.dat');
  append(f);
  strcopy(n,'No name');
end;

destructor TMyWindow.Done;
begin
  DeleteObject(ThePen);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TWindow.Done;
  end;

  function TMyWindow.CanClose: Boolean;
  var
    Reply: Integer;
  begin
    CanClose := True;
    Reply := MessageBox(HWindow, 'Do you want to exit?' ,
      'Signature Analysis', mb_YesNo or mb_IconQuestion);
    if Reply = id_No then
      begin
        CanClose := False;
        close(f);
      end;
  end;

  procedure TMyWindow.WMLButtonDown(var Msg: TMessage);
  begin
    if not ButtonDown. then
    begin
      ButtonDown := True;
      SetCapture(HWindow);
      DragDC := GetDC(HWindow);
      SelectObject(DragDC, ThePen);
      MoveTo(DragDC, Msg.LParamLo, Msg.LParamHi);
      SetTime (0, 0, 0, 0);
    end;
  end;

  procedure TMyWindow.WMMouseMove(var Msg: TMessage);
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var s:array[0..10] of char;
    time, d:integer;
    t:array[0..7] of char;
begin
  if ButtonDown then
   begin
    if (i mod 4) = 0 then
      begin
        GetTime(Hr, Min, Sec, Hund);
        wvsprintf(S,'%4d%4d',Msg.lparam);
        strcat(Line,S);
        time := (Hr*36000)+(Min*6000)+(Sec*100)+Hund;
        wvsprintf(t,'%7d',time);
        strcat(Line,t);
      end;
    LineTo(DragDC, Integer(Msg.LParamLo), Integer(Msg.LParamHi));
    i := i + 1;
   end;
end;

procedure TMyWindow.WMLButtonUp(var Msg: TMessage);
begin
  if ButtonDown then
    begin
      ButtonDown := False;
      ReleaseCapture;
      ReleaseDC(HWindow, DragDC);
      stroke := stroke + 1;
    end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TMyWindow.WMRButtonDown(var Msg: TMessage);
var j, n_size :integer;
    r : array[0..1] of char;
    s : array[0..10] of char;
{   n : array[0..25] of char;      }

begin
    if strcomp(line,'') <> 0 then
    begin
     strcopy(n, 'No name');

     if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
        init(@Self,'Name','Input Your Name:',
        N,sizeof(N)))) = id_OK then
        begin
          if sizeof(N) < 25 then
          begin
             n_size := 25-sizeof(N);
             while n_size > 0 do
             begin
                strcat(n, ' ');
                n_size := n_size-1;
             end;
          end;
          wvsprintf(r,'%2d',stroke);
          strcat(buf,n);
          strcat(buf,r);
          strcat(buf,line);
          writeln(f,buf);
          strcopy(line,'');
          strcopy(buf,'');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            i := 1;
            InvalidateRect(HWindow, nil, True);
          end;
          stroke := 0;  .
      end;
end;
procedure TMyWindow.clear(var Msg: TMessage);
begin
        strcopy(line,'');
        strcopy(buf,'');
        i := 1;
        stroke := 0;
        invalidaterect(Hwindow,nil,True);
end;


procedure cmAnaly(var Msg: TMessage);
{$R tempinp.res}

implementation
    constructor Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
    destructor Done; virtual;
    function CanClose: Boolean; virtual;
    procedure WMLButtonDown(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_LButtonDown;
    procedure WMLButtonUp(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_LButtonUp;
    procedure WMMouseMove(var Msg: TMessage);
      virtual wm_First + wm_MouseMove;
    procedure Analysign(var Msg: TMessage);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      virtual cm_First + cm_analyst;
    procedure clear(var Msg:TMessage);
      virtual cm_First + cm_clear;
    end;

{-------------------------------}
{ TMyWindow's method implementations:          }
{-------------------------------}

constructor TMyWindow.Init(AParent: PWindowsObject; ATitle: PChar);
begin
  TWindow.Init(AParent, ATitle);
  stroke := 0;
  ButtonDown := False;
  Checkwrite := False;
   Attr.Menu := LoadMenu(HInstance, 'menu');
  ThePen := CreatePen(ps_Solid, 2, 0);
  strcopy(line,'');
  assign(signdat,'c:signdat.dat');
  assign(f,'t_sign.dat');
  assign(temp,'temp.dat');
  assign(result,'result.dat');
  reset(signdat);
  rewrite(f);
  rewrite(temp);
  rewrite(result);
end;

destructor TMyWindow.Done;
begin
  DeleteObject(ThePen);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  TWindow.Done;
end;

procedure TMyWindow.Analysign(var Msg: TMessage);
var n_size :integer;
    r : array[0..1] of char;
    j,max_j,h,k : integer;
begin
    rewrite(temp);
    if strcomp(line,'') <> 0 then
    begin
      rewrite(f);
      strcopy(n,'No name');
      if sizeof(N) < 25 then
      begin
        n_size := 25-sizeof(N);
        while n_size > 0 do
        begin
         strcat(n, ' ');
         n_size := n_size-1;
        end;
      end;
      strcat(buf,#$0D);
      wvsprintf(r,'%2d',stroke);
      strcat(buf,r);
      strcat(buf,line);
      writeln(f,buf);
      stroke := 0;
      strcopy(line,'');
      strcopy(buf,'');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
i := 1;
close(f);
reset(f);
read(f,b,t_stroke,b);
flag := 'f';
val(t_stroke, rt_stroke, code1);
read(f, x_temp, b, y_temp, b, t_temp, b);
val(x_temp, x0, code3);
val(y_temp, y0, code4);
val(t_temp, t0, code5);
writeln('x ', x_temp,' y ',y_temp, ' t ', t_temp);
h := 1; k := 1;
while not eof(f) do
begin
  read(f, x_temp, b, y_temp, b, t_temp, b);
  val(x_temp, x, code3);
  val(y_temp, y, code4);
  val(t_temp, t, code5);
  x_dif := x-x0;                                    {sx}
  y_dif := y-y0;                                    {sy}
  t_dif := t-t0;
  us :=(sqr(abs(x_dif)))+(sqr(abs(y_dif)));
  rs := sqrt(abs(us));                              {v}
  as := round(rs);
  s_dif := as-s0;                                   {a}
  if t_dif >= 0  then
  begin
     sx := sx + x_dif;
     sy := sy + y_dif;
     v  := v  + as;
     a  := a  + s_dif;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
    tot_time  := tot_time  + t_dif;
    if x_dif = 0 then
    begin
      if y_dif >= 0 then
        d := 1
      else
        d := 5;
    end
    else
    begin
      m := abs(y_dif/x_dif);
      radi := (((arctan(m))*20)/Pi)*9;
      i_radi := round(radi);
      case i_radi of
        0..20     : d := 3;
        21..70    : d := 2;
        71..110   : d := 1;
        111..160  : d := 8;
        161..200  : d := 7;
        201..250  : d := 6;
        251..290  : d := 5;
        291..340  : d := 4;
        341..360  : d := 3;
      end;
    end;
    direct[k] := d;
    writeln(resuit, d);
    k := k+1;
  end
  else
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    d := 9;
    writeln(result, d);
    direct[k] := d;
      k := k+1;
  end;
  x0 := x;
  y0 := y;
  t0 := t;
  s0 := as;
  flag := 't';
end;
total_sx := sx/tot_time;
total_sy := sy/tot_time;
total_v  := v/tot_time;
total_a  := a/tot_time;
close(f);
close(result);
w_flag := 'f';
reset(signdat);
append(result);
while not eof(signdat) do
begin
   read(signdat, n,b);
   read(signdat, c_stroke,b);
   val(c_stroke, stroke, code2);
if ((stroke <= rt_stroke+1) and (stroke >= rt_stroke-1)) then
   begin
      s_flag := 0;       t_flag := 0;   flag := 't';
      t_dif := 0;       h:=1;       k:=1;
       read (signdat, cx,b, cy,b, ct,b);
       val(cx, x0, code6);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
val(cy, y0, code7);
val(ct, t0, code8);
 init_x := x0;
 init_y := y0;
 while not eoln(signdat) do
begin
   read (signdat, cx,b, cy,b, ct,b);
   val(cx, x, code6);
   val(cy, y, code7);
   val(ct, t, code8);
   x_dif := x-x0;
   y_dif := y-y0;
   t_dif := t-t0;
   us := (sqr(abs(x_dif))) + (sqr(abs(y_dif)));
   rs := sqrt(abs(us));
   as := round(rs);
   s_dif := as-s0;

   if (t_dif >= 0) then
   begin
      sx := sx + x_dif;
      sy := sy + y_dif;
      v  := v  + as;
      a  := a +s_dif;
      tot_time := tot_time + t_dif;
      if x_dif = 0 then
      begin
        if y_dif >= 0 then
                d := 1
      else
          := 5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end
 else
 begin
    m := abs(y_dif/x_dif);
    radi := (((arctan(m))*20/Pi)*9);
    i_radi := round(radi);
    case i_radi of
      0..20      : d := 3;
      21..70     : d := 2;
      71..110    : d := 1;
      11..160    : d := 8;
      161..200   : d := 7;
      201..250   : d := 6;
      251..290   : d := 5;
      291..340   : d := 4;
      341..360   : d := 3;
    end;
   if (((x-init_x) >(temp_x-temp_ix-10)) and ((x-init_x)<(temp_x-temp_ix+10))) then
     s_flag := s_flag+1;
  t_flag := t_flag+1;
   if direct[k] <> 9 then
   begin
     if (direct[k]>=d-1) and (direct[k]<=d+1) then
       s_flag := s_flag+1;
     k := k+1;
    end
     t_flag := t_flag + 1;
 end;
end
else
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            begin
                res[j].sc := res[j].sc+tot_score;
                res[j].co := res[j].co+1;
                r_flag := 't'
            end;
        end;
        j := 1;
        if r_flag = 'f' then
        begin
          while (j <= 20) and (w_flag = 'f') do
            begin
             if res[j].na = '                ' then
             begin
              res[j].na := name;
              res[j].sc := tot_score;
              res[j].co := 1;
              w_flag := 't';
             end;
            end;
        end;
      end;
          w_flag := 'y';
       end;
    end
    else
      readln(signdat);
  end;
 for j := 1 to 20 do
begin
   if res[j].co <> 0 then
      res[j].sc := res[j].sc/res[j].co
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else
        res[j].sc := 0;
  end;
  max_j := 1;
  for j := 2 to 20 do
  begin
    if res[max_j].sc < res[j].sc then
        max_j := j;
 end;
 if res[max_j].na = '                    ' then
    writeln(temp,'No Signer match          ')
 else
 begin
  scr := string(res[max_j].sc;
 flag := 'f';
 while (not eof(signdat)) and (flag = 'f') do
 begin
   readln(signdar,n,b);
   if n = res[max_j].na then
   begin
   DragDC := GetDC(HWindow);
   SelectObject(DragDC, ThePen);
    read(signdat, c_stroke,b);
    val(c_stroke, stroke, code1);
    t0 := 999;
    while not eoln(signdat) do
    begin
        read (signdat, cx,b, cy,b, ct,b);
        val(cx, x, code2);
        val(cy, y, code3);
        val(ct, t, code4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{-------------------------------}
Procedure TMyWindow.Paint(PaintDC : HDC;   var PaintInfo : TPaintStruct);
begin
  if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
    init(@Self,'Name','Input Your Name:',
    N,sizeof(N)))) = id_OK then
   begin
    f_flag := 'f';
    assign(f,'c:signdat.dat');
    reset(f);
    t0 := 99;
    while not eof(f) and (f_flag = 'f') do
    begin
      read(f, name,b);
      if  N=name then
      begin
        s := name;
        read(f, c_stroke,b);
        val(c_stroke, stroke, code1);
        while not eoln(f) do
        begin
          read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
          val(cx, x, code2);
          val(cy, y, code3);
          val(ct, t, code4);
          if t<t0 then
            moveto(PaintDC,x,y)
          else
            lineto(PaintDC,x,y);
          t0 := t;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{————————————————————}
{ TMyWindow's method implementations:                    }
{————————————————————}
Procedure TMyWindow.PlotX(PaintDC : HDC;   var PaintInfo : TPaintStruct);
begin
  t_dif := 0;    t_tot := 0;   x_dif := 0;    x := 0;   t:= 0;
  if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
    init(@Self,'Name','Input Your Name:',
    N,sizeof(N)))) = id_OK then
   begin
    f_flag := 'f';
    assign(f,'c:signdat.dat');
    reset(f);
    t0 := 99;
    while not eof(f) and (f_flag = 'f') do
    begin
     read(f, name);
     if  N=name then
     begin
       read(f, b);
       read(f, c_stroke,b);
       val(c_stroke, stroke, code1);
       s := 'X direction';
       TextOut(PaintDC,15,8,@s[1],Length(s));
       MoveTo(PaintDC,25,25);
       LineTo(PaintDC,25,640);
       MoveTo(PaintDC,25,640);
       LineTo(PaintDC,650,640);
       TextOut(PaintDc,700,660,'Time',4);
       xco := 25;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      yco := 640;
      MoveTo(PaintDC,xco,yco);
      while not eoln(f) do
      begin
        t0 := t;
        x0 := x;
        read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
        val(cx, x, code2);
        val(ct, t, code4);

        x_dif := 900-x;
        yco := yco - x_dif; }
        x_dif := round((900-x)*(1/3));
      if t<t0 then
      begin
        t_dif := t0-t;
        xco := xco + t_dif;
        LineTo(PaintDc,xco,x_dif);
      end
      else
      begin
        t_dif := t-t0;
        xco := xco + t_dif;
        LineTo(PaintDC,xco,x_dif);
      end;
      t0 := t;
      x0 := x;
    end;
    f_flag := 't';
  end
  else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            readln(f);
        end;
    end;
    close(f);
end;

Procedure TMyWindow.PlotY(PaintDC : HDC;   var PaintInfo : TPaintStruct);
begin
    t_dif := 0;    t_tot := 0;   y_dif := 0;    y := 0;   t:= 0;
    if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
       init(@Self,'Name','Input Your Name:',
       N,sizeof(N)))) = id_OK then
     begin
       f_flag := 't';
       assign(f,'c:signdat.dat');
       reset(f);
       t0 := 99;
       while not eof(f) and (f_flag = 't') do
       begin
         read(f, name);
         if  N=name then
         begin
            read(f, b);
            read(f, c_stroke,b);
            val(c_stroke, stroke, code1);
            s := 'Y direction';
            TextOut(PaintDC,15,8,@s[1],Length(s));
            MoveTo(PaintDC,25,25);
            LineTo(PaintDC,25,640);
            MoveTo(PaintDC,25,640);
            LineTo(PaintDC,650,640);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TextOut(PaintDc,700,660,'Time',4);
xco := 30;
yco := 640;
read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
val(cy, y0, code3);
val(ct, t0, code4);
y_dif := round((600-y0)*(1/3));
MoveTo(PaintDC,xco,y_dif);
while not eoln(f) do
begin
   read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
   val(cy, y, code3);
   val(ct, t, code4);
{   y_dif := y-y0;   }
   y_dif := round((600-y)*(1/3));
   if t<t0 then
   begin
      t_dif := t0-t;
      xco := xco + t_dif;
      LineTo(PaintDc,xco,y_dif);
   end
   else
   begin
      t_dif := t-t0;
      xco := xco + t_dif;
      lineto(PaintDC,xco,y_dif);
   end;
   t0 := t;
   y0 := y;
end;
f_flag := 't';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          end
          else
            readln(f);
        end;
    end;
    close(f);
end;

Procedure TMyWindow.PlotV(PaintDC : HDC;   var PaintInfo . TPaintStruct);
begin
    t_dif := 0;    t_tot := 0;   x_dif := 0;    y_dif := 0;
    if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
       init(@Self,'Name','Input Your Name:',
       N,sizeof(N)))) = id_OK then
     begin
       f_flag := 'f';
       assign(f,'signdat.dat');
       reset(f);
       t0 := 99;
       while not eof(f) and (f_flag = 'f') do
       begin
         read(f, name);
         if  N=name then
         begin
            read(f, b);
            read(f, c_stroke,b);
            val(c_stroke, stroke, code1);
            TextOut(PaintDC,15,8,'Velocity', 8);
            MoveTo(PaintDC,25,25);
            LineTo(PaintDC,25,640);
            MoveTo(PaintDC,25,640);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LineTo(PaintDC,650,640);
TextOut(PaintDC,700, 660,'Time',4);
xco := 30;
yco := 640;
old_rs := 0;
MoveTo(PaintDC,xco,yco);
read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
val(cx, x0, code2);
val(cy, y0, code3);
val(ct, t0, code4);
while not eoln(f) do
begin
   read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
   val(cx, x, code2);
   val(cy, y, code3);
   val(ct, t, code4);
   x_dif := sqr(abs(x-x0));
   y_dif := sqr(abs(y-y0));
   us    := x_dif + y_dif;
   rs    := abs(us);
   rs    := sqrt(rs);
   us    := round(rs);
   yco := yco - us;
   if t< t0 then
   begin
      t_dif := t0-t;
      xco := xco  + t;
      Lineto(PaintDc,xco,yco);
   end
   else
   begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
  read(f, name);
  if  N=name then
  begin
     read(f, b);
     read(f, c_stroke,b);
     val(c_stroke, stroke, code1);
     TextOut(PaintDC,15,8,'Acceleration',12);
     MoveTo(PaintDC,25,25);
     LineTo(PaintDC,25,640);
     MoveTo(PaintDC,25,640);
     LineTo(PaintDC,650,640);
     TextOut(PaintDC,700,660,'Time',4);
     xco := 25;
     yco := 640;
     MoveTo(PaintDC,xco,yco);
     read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
     val(cx, x0, code2);
     val(cy, y0, code3);
     val(ct, t0, code4);
     while not eoln(f) do
     begin
        read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
        val(cx, x, code2);
        val(cy, y, code3);
        val(ct, t, code4);
        x_dif := sqr(abs(x-x0));
        y_dif := sqr(abs(y-y0));
        us    := x_dif + y_dif;
        rs    := abs(us);
        rs    := sqrt(rs);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            us    := round(rs);
            if t<t0 then
            begin
               t_dif := t0-t;
               xco := xco + t_dif;
               s_dif := us-s0;
               yco := yco - abs(s_dif);
               Lineto(PaintDC,xco,yco);
            end
            else
            begin
               t_dif := t-t0;
               s_dif := us-s0;
               xco := xco + t_dif;
               yco := yco - abs(s_dif);
               lineto(PaintDC,xco,yco);
            end;
            if t_dif <> 0 then
            old_us := (old_us+us)/t_dif;
            t0 := t;
            s0 := us;
            x0 := x;
            y0 := y;
          end;
          f_flag := 't';
        end
        else
          readln(f);
      end;
  end;
  close(f);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

Procedure TMyWindow.PlotD(PaintDC : HDC;   var PaintInfo : TPaintStruct);
begin
  t_dif := 0;
  if application^.ExecDialog(New(PinputDialog,
    init(@Self,'Name','Input Your Name:',
    N,sizeof(N)))) = id_OK then
     begin
     f_flag := 'f';
     assign(f,'c:signdat.dat');
     reset(f);
     while not eof(f) do
     begin
       read(f, name);
       if  N=name then
       begin
          read(f, b);
          read(f, c_stroke,b);
          val(c_stroke, stroke, code1);
          TextOut(PaintDC,15,8,'Direction',9);
          MoveTo(PaintDC,25,25);
          LineTo(PaintDC,25,640);
          MoveTo(PaintDC,25,640);
          LineTo(PaintDC,600,640);
          TextOut(PaintDC,650,660,'Time',4);
          xco := 25;
          yco := 640;
          MoveTo(PaintDC,xco,yco);
          read (f, cx,b, cy,b, ct,b);
          val(cx, x0, code2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
val(cy, y0, code3);
val(ct, t0, code4);
while not eoln(f) and (f_flag = 'f') do
begin
  read (f, cx.b, cy.b, ct.b);
  val(cx, x, code2);
  val(cy, y, code3);
  val(ct, t, code4);
  if (x-x0) = 0 then
  begin
    if (y-y0) >= 0 then
      d := 1
    else
      d := 5;
  end
  else
  begin
    m := (y-y0)/(x-x0);
   radi := (((arctan(m))*180)/Pi);
   i_radi := round(radi);
   case i_radi of
     0..20        : d := 3;
     21..70       : d := 2;
       71..110      : d := 1;
     111..160     : d := 8;
     161..200     : d := 7;
     201..250     : d := 6;
     251..290     : d := 5;
     291..340     : d := 4;
     341..360     : d := 3
   end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                end;
                if t<t0 then
                begin
                   xco := xco + t;
                   lineTo(PaintDc,xco,yco-(d*10));
                end
                else
                begin
                   t_dif := t-t0;
                   xco := xco + t_dif;
                   lineto(PaintDC,xco,yco-(d*10));
                end;
                t0 := t;
             {   x0 := x;    }
             {   y0 := y;    }
             end;
             f_flag := 't';
          end
          else
             readln(f);
       end;
  {     InvalidateRect(HWindow, nil, True);     }
   end;
   close(f);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

บทความเรื่องการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย

Thai Signature Analysis

ปิยมาศ ไว้วนณี * ดร. บุญวัฒน์ อัศรุ **

* นักศึกษาปริญญาโทหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ. บทความวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทยโดยการพิจารณาลักษณะเฉพาะของลายเซนต์ โดยข้อมูลลายเซนต์จะถูกบันทึกในระบบออนไลน์ผ่านกระดานอิเล็กทรอนิกส์เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งและเวลา จากนั้นจะนำมาผ่านการประมวลผลเบื้องต้น และวิเคราะห์หาค่าความ สัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้ง ความเร็ว ความเร่ง และทิศทางในการเซนต์กับเวลา รวมทั้งจำนวนครั้งในการยกปากกา จากผลของการวิเคราะห์พบว่า ลายเซนต์ภาษาไทยของแต่ละคนมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทั้งความเร็ว ความเร่ง ทิศทาง และจำนวนครั้งในการยกปากกา ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยเรื่องการแยกแยะ หรือรู้จำลายเซนต์ภาษาไทยได้ต่อไป

Abstract. This paper proposes Thai Signature Analysis using an identification of signature. Signature data are on-line recorded via tablet as functions of space and time, and then process in preprocessing procedure. Finally, we calculated x-direction, y-direction, velocity, accereleration, direction of movement and number of strokes from the preprocessed data. From the result, we found that the Thai signature of different person has the different characteristics even velocity, accereleration, direction and number of strokes. These data can be used as primary data in the Thai signature recognition research in the future.

1. บทนำ

การตรวจสอบลายเซนต์ เป็นวิธีพิสูจน์ตัวบุคคลที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ในปัจจุบันยังกระทำโดยวิธีการเปรียบเทียบด้วยสายตา ซึ่งในบางกรณีอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นเพื่อความสะดวกและความถูกต้องในการตรวจสอบ จึงควรนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ และตรวจสอบลายเซนต์ โดยอาศัยกระบวนการรู้จำ (Pattern Recognition)

บทความนี้ เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทยแบบออนไลน์ (On-line) ซึ่งเป็นวิธีการนำข้อมูลเกี่ยวกับเวลามาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งจะได้ทั้งข้อมูลตำแหน่งและเวลาในการเซนต์ ทำให้สามารถพิจารณาพารามิเตอร์เกี่ยวกับระยะเวลาในการเซนต์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการแยกแยะและตรวจสอบความถูกต้องในการเซนต์ได้ด้วย จึงทำให้ระบบนี้มีความน่าเชื่อถือ มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีการแบบออฟไลน์ (Off-line) ซึ่งจะเป็นการนำลายเซนต์ที่เซนต์ลงกระดาษไว้ก่อนแล้ว มาประมวลผล โดยการสแกนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยสแกนเนอร์ (Scanner) ที่จะได้เฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ซึ่งสามารถปลอมแปลงได้ง่าย และในการสแกนเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ก็อาจเกิดความผิดพลาดหรือสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ง่าย ทำให้ต้องนำข้อมูลที่ได้ไปทำการประมวลผลเบื้องต้นเพิ่มเติมอีก

2. การนำข้อมูลลายเซนต์เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

ข้อมูลลายเซนต์ที่เซนต์ลงในกระดานอิเล็กทรอนิกส์สามารถอธิบายได้ด้วยระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate System) โดยเมื่อ t เป็นพารามิเตอร์ จะได้ฟังก์ชันเชิงซ้อนของลายเซนต์ [4] เป็น

$$z(t) = x(t) + iy(t) \qquad (1)$$

$$; t \in [0,T]$$

โดย $z(t)$ คือ ฟังก์ชันแสดงการลากปากกา

x คือ ตำแหน่งในแนวนอน

y คือ ตำแหน่งในแนวตั้ง

T คือ ช่วงเวลาที่เซนต์

จากข้อมูลลายเซนต์ที่ได้ จะนำมาประมวลผลเบื้องต้นโดยทำการ

- Filtering [3] โดยการเก็บข้อมูลทุกๆ 4 จุด เพื่อลดขนาดของข้อมูลในฐานข้อมูล

- Minor element removal [1] โดยจะทำการตัดส่วนของลายเซนต์ที่สั้นมากๆ เช่น จุด (.) ท้ายลายเซนต์ออก

- Normalization โดยจะทำการ rotation และ position ลายเซนต์ เพื่อให้ลายเซนต์อยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น และทิศทางเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบลายเซนต์ทำได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การประมวลผล

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวนอนและเวลา หาได้จากสมการ

$$sx = \int x\,dt \qquad (2)$$

; t [0,T]

เมื่อ x คือ ระยะทางตามแนวนอน

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวตั้งและเวลา หาได้จากสมการ

$$sy = \int y\,dt \qquad (3)$$

; t [0,T]

เมื่อ y คือ ระยะทางตามแนวตั้ง

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา หาได้จากสมการ

$$v = \int s\,dt \qquad (4)$$

; t [0,T]

$$s = \sqrt{sx^2 + sy^2}$$

เมื่อ s คือ ระยะทางในการลากปากกา

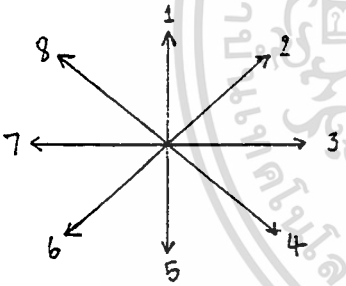
3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งและเวลา หาได้จากสมการ

$$a = \int v\,dt \qquad (5)$$

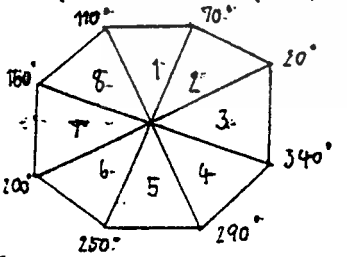
; t [0,T]

เมื่อ v คือ ความเร็วในการลากปากกา

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการเชนด์และเวลา จะพิจารณาโดยแบ่งทิศทางในการเคลื่อนที่ของปากกาเป็น 8 ทิศทาง[5] คือ



ในการวิเคราะห์ จะพิจารณาตามทิศทางการลากเส้น โดยการพิจารณาจากค่าความชัน (slope) ของลายเชนด์ในแต่ละทิศทางและนำมาคำนวณหามุม ซึ่งจะได้ทิศทางตามมุมต่างๆ ดังนี้



เช่น ถ้าเป็นการลากจากบนลงล่างจะแทนด้วยรหัสทิศทาง 5 เป็นต้น

4. การทดลอง

ในการทดลองจะให้เจ้าของลายเชนด์ทดลองเชนด์ลายเชนด์ผ่านกระดานและปากกาอิเล็กทรอนิกส์ (Tablet and Stylus pen) ซึ่งส่งข้อมูลเป็นรหัสแสดงที่ของตำแหน่ง x และ y ณ จุดต่างๆ ด้วยความเร็ว 9600 บิตต่อวินาที ที่ทำงานภายใต้ Windows 3.0 environment และนำข้อมูลเข้ามาประมวลผลด้วยโปรแกรม ซึ่งเขียนด้วย Turbo Pascal for Windows โดยใช้ผู้ทดลอง 50 คน แต่ละคนเชนด์ลายเชนด์คนละ 10 ครั้ง โดยไม่จำกัดขนาดและทิศทางในการเชนด์ ตัวอย่างลายเชนด์ พร้อมทั้งจำนวนครั้งในการยกปากกาแสดงอยู่ในรูปที่ 1

5. ผลการทดลอง

จากตัวอย่างลายเชนด์ในรูปที่ 1 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้งกับเวลาดังในรูปที่ 2 ส่วนในรูปที่ 3 แสดงความเร็วและความเร่งในการเชนด์ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางในการเชนด์และเวลาจะแสดงในรูปที่ 4 จากผลการทดลองสามารถนำมาสรุปจำนวนครั้งในการยกปากกา ความเร็วเฉลี่ย ความเร่งเฉลี่ย และจำนวนเวกเตอร์ของทิศทางในการเชนด์ ได้ดังตารางที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

จำนวนครั้งในการยกปากกา	จำนวนคน
1	3
2	6
3	9
4	8
5	9
6	7
7	2
8	3
>8	3

ตารางที่ 1 สรุปจำนวนครั้งในการยกปากกา

ความเร็วเฉลี่ย	จำนวนคน
1 วินาที	-
2 วินาที	1
3 วินาที	3
4 วินาที	3
5 วินาที	8
6 วินาที	11
7 วินาที	7
8 วินาที	6
9 วินาที	4
10 วินาที	4
>10 วินาที	3

ตารางที่ 2 สรุปความเร็วในการเชนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร่งเฉลี่ย	จำนวนคน
1 วินาที	-
2 วินาที	1
3 วินาที	1
4 วินาที	2
5 วินาที	7
6 วินาที	8
7 วินาที	10
8 วินาที	9
9 วินาที	5
10 วินาที	4
>10 วินาที	3

ตารางที่ 3 สรุปความเร่งในการเซนต์

จำนวนเวกเตอร์ของทิศทาง	จำนวนคน
1	48
2	50
3	49
4	40
5	50
6	30
7	34
8	28

ตารางที่ 4 จำนวนเวกเตอร์ของทิศทาง

6. สรุปและวิจารณ์

บทความนี้ นำเสนอการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย ซึ่งเป็นพื้นฐานของการตรวจสอบลายเซนต์ โดยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้ง ความเร็ว ความเร่ง และทิศทางการเซนต์ กับเวลารวมทั้งจำนวนครั้งในการยกปากกา ซึ่งพบว่า พารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้สามารถใช้ในการแยกแยะลายเซนต์ได้ ถึงแม้ว่าผู้เซนต์จะเซนต์ในทิศทางและขนาดที่แตกต่างไปจากเดิม แต่ในการทดลองนี้พบว่ามีข้อจำกัดในการเซนต์ เนื่องจากการเซนต์ลงบนกระดานอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ปากกาอิเล็คทรอนิกส์ จำเป็นต้องใช้แรงกดมากกว่าการเซนต์ลายเซนต์ลงบนกระดานธรรมดา ผู้ทดลองส่วนใหญ่ยังไม่คุ้นเคยในการใช้งาน ทำให้ไม่สะดวกในการเซนต์

บรรณานุกรม

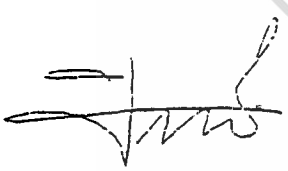
(1) CHANG F. LAM and DAVID KAMINAS ,SIGNATURE RECOGNITION THROUGH SPECTRAL ANALYSIS, Pattern Recognition, Vol 22, No. 1, pp. 33-44 ,1989.

(2) REJEAN PLAMONDON and GUY LORETTE, AUTOMATIC SIGNATURE VERIFICATION AND WRITER IDENTIFICATION - THE STATE OF THE ART, Pattern Recognition, Vol 22, No. 2, pp. 107-131, 1989.

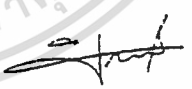
(3) WACEF GUERFAIL and REJEAN PLAMONDON, NORMALIZING AND RESTORING ON-LINE HANDWRITING, Pattern Recognition, Vol 26, No. 2, pp. 419-431, 1993.

(4) YUKIO SATO and KIYOSHI KOGURE, ON-LINE SIGNATURE VERIFICATION BASED ON SHAPE, MOTION AND WRITING PRESSURE, PROC. 6th INT. CONF. ON PATTERN RECOG-NITION, MUNICH, pp. 823-826, 1982.

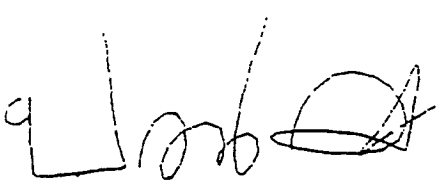
(5) บุญวัฒน์ อัศรุ, วิรัช เลิศบุษบราคาม, การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยโดยพิจารณาลักษณะเฉพาะของรูปแบบลายมือเขียน, ประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 14, หน้า 5-23 - 5-28, 2534



3. strokes



3. strokes

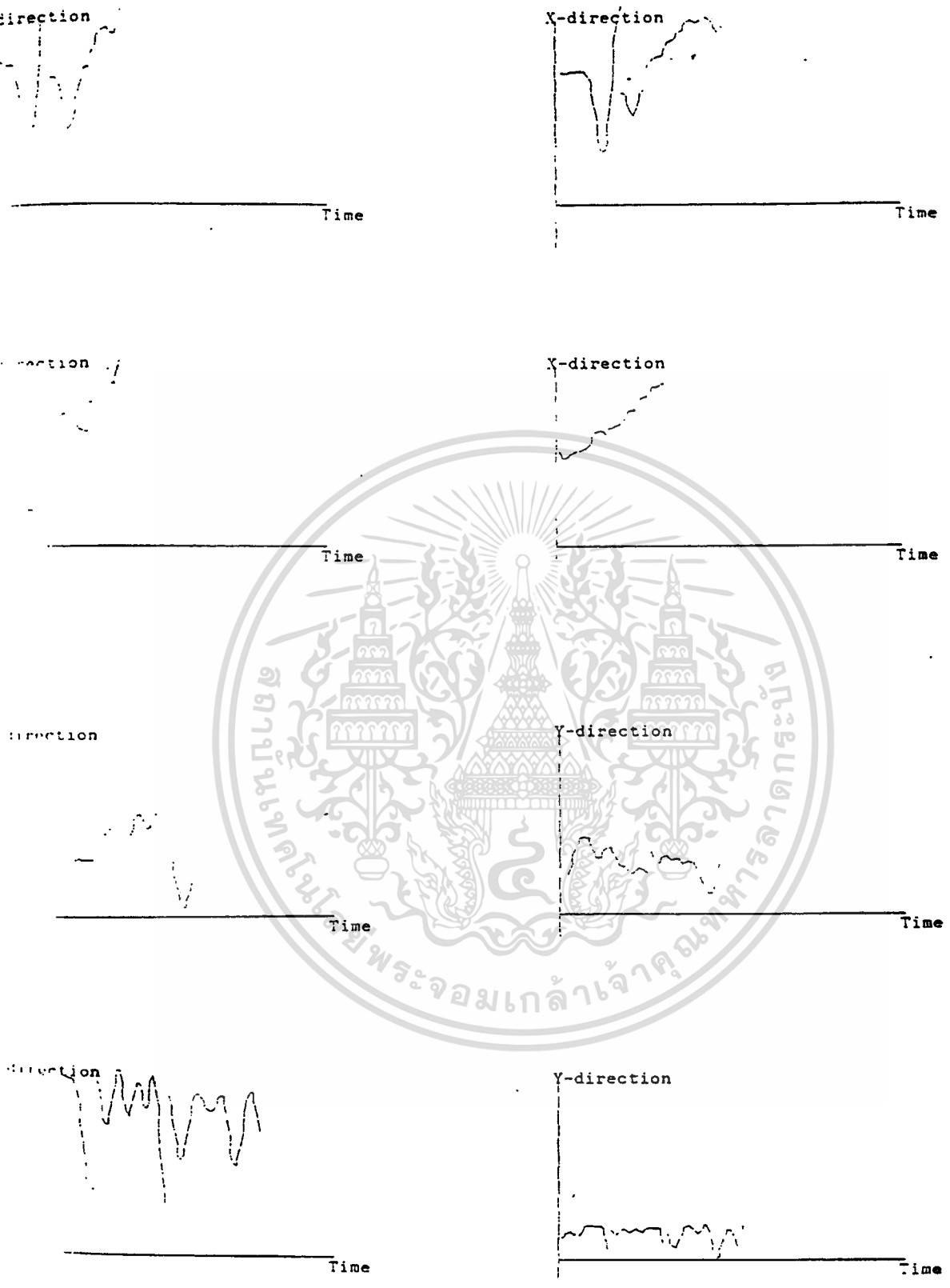


5. strokes

5. strokes

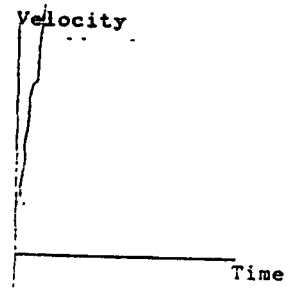
รูปที่ 1 ตัวอย่างลายเซนต์

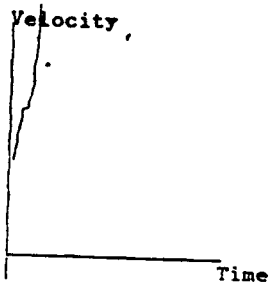
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

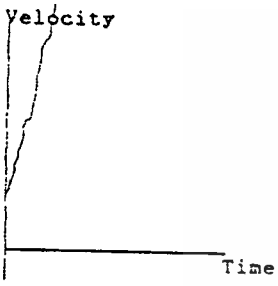


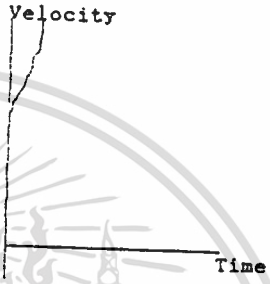
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งในแนวนอนและแนวตั้งกับเวลา

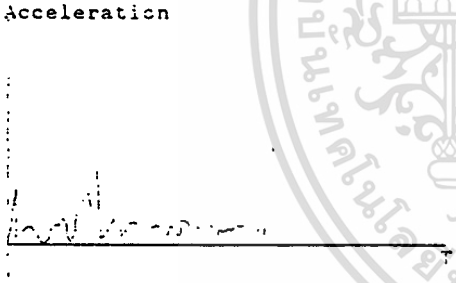
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

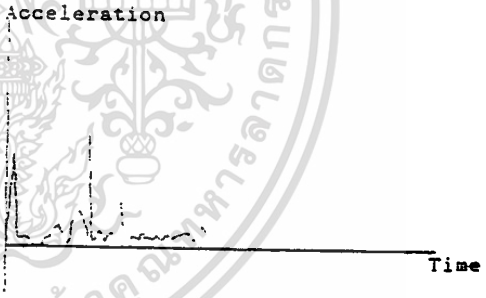


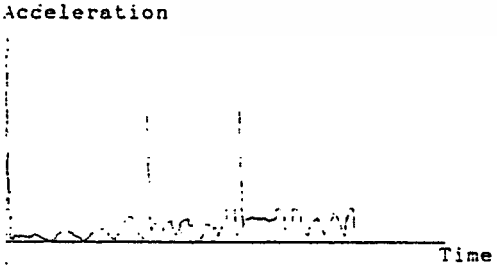


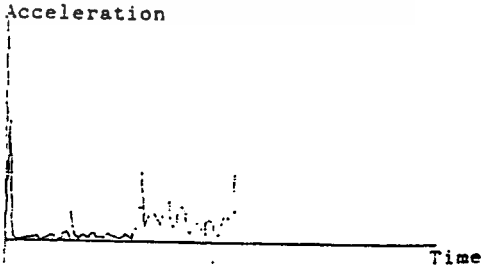






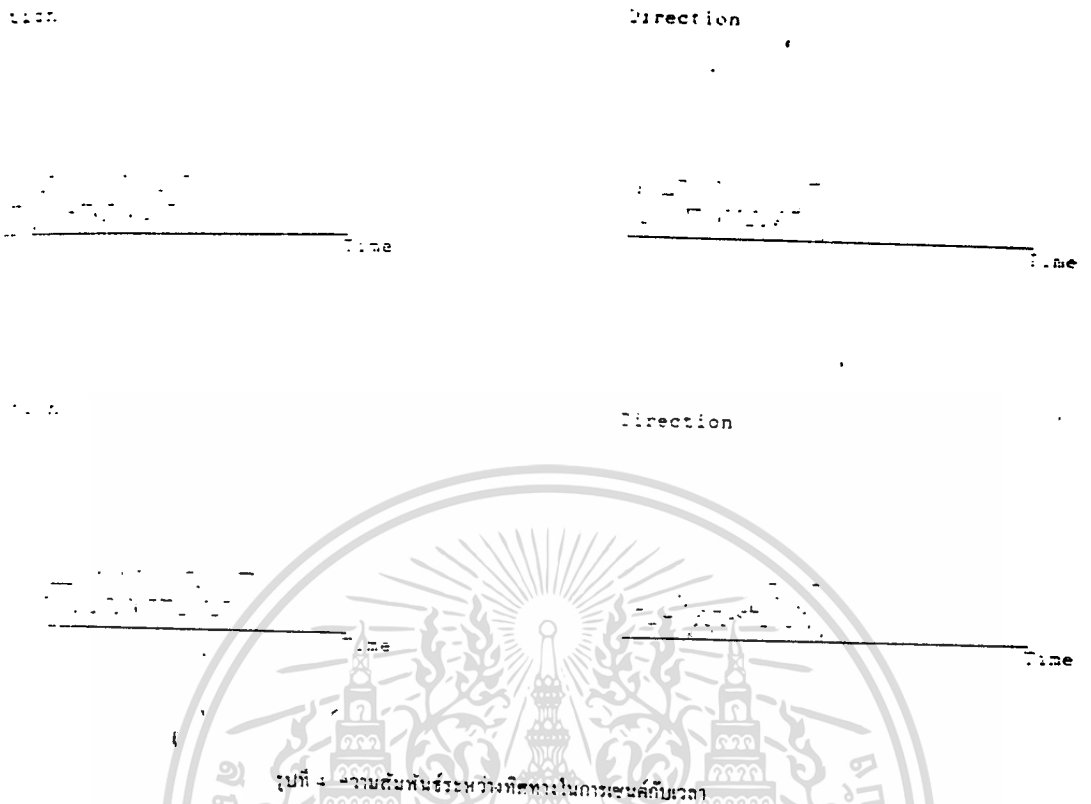






รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความเร่งในการเซนต์กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางในการเคลื่อนที่กับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นางสาว ปิยมาศ โง้วมณี
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2512
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาสถิติประยุกต์
สถานที่สำเร็จการศึกษา	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีที่สำเร็จการศึกษา	ปีการศึกษา 2532
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	เรื่องการวิเคราะห์ลายเซนต์ภาษาไทย
รางวัลหรือทุนที่เคยได้รับ	ทุนบัณฑิตวิทยาลัย
	ทุนมูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร
อาชีพปัจจุบัน	Programmer Analyst บริษัทธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้