

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็นประเภทออนไลน์

AN ON-LINE SIGNATURE VERIFICATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AN ON-LINE SIGNATURE VERIFICATION**



**BY**

**MISS CHIRAPAT WONGSAPHAK**

**MR. SIRIPONG EKMAHARAJ**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2006**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท การตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็นประเภทออนไลน์  
TITLE AN ON-LINE SIGNATURE VERIFICATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวจิรภัทร วงศาภักย์ รหัสนักศึกษา 46010116  
นายสิริพงษ์ เอกมหาราช รหัสนักศึกษา 46012206

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.พิทักษ์ ชรรมวาริน

ระดับการศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2549

ปริญญาโทฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบัง



(ดร.พิทักษ์ ชรรมวาริน)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็นประเภทออนไลน์	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวจิรภัทร วงศาภักย์	รหัสนักศึกษา 46010116
	นายสิริพงศ์ เอกมหาราช	รหัสนักศึกษา 46012206
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2549	

### บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์ โดยเริ่มต้นจากการแทนจุดปากกาจริง ด้วยจุดบาร์เซ็นเตอร์ ซึ่งเป็นจุดที่คำนวณได้จากจุดปลายปากกาสองจุดที่ติดกัน และจุดศูนย์กลางของลายเซ็น เพื่อลดความเบี่ยงเบนในการเคลื่อนที่ของปลายปากกา ในโครงการนี้พิจารณาว่า คุณลักษณะเด่นของลายเซ็นสามารถแสดงได้ด้วยคุณสมบัติสำคัญของชนิด คือ วิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของจุดบาร์เซ็นเตอร์ นอกจากนี้ในโครงการนี้ได้้นำการประมาณค่าแบบอนุกรมฟูเรียร์มาใช้ เพื่อดึงคุณลักษณะเด่นซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของลายเซ็นแต่ละบุคคลโดยคุณลักษณะเด่นดังกล่าว สามารถแสดงได้ด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ที่ได้จากการกระจายวิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของจุดบาร์เซ็นเตอร์ลงบนอนุกรมฟูเรียร์ และสุดท้ายการตรวจสอบลายเซ็นสามารถกระทำได้โดยการคำนวณระยะแบบยูคลิดระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ดังกล่าวที่คำนวณได้จากลายเซ็นอ้างอิงและลายเซ็นที่นำมาตรวจสอบ ประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอสามารถแสดงได้โดยการทดลองตรวจสอบลายเซ็น ซึ่งกระทำบนฐานข้อมูลที่ประกอบไปด้วยข้อมูลลายเซ็นจำนวน 1200 ลายเซ็น จาก 12 บุคคล ผลที่ได้จากการทดลองมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดประเภทที่ 1 (อัตราการใช้ตัวจริง) และ 2 (อัตราการใช้ตัวปลอม) เท่ากับร้อยละ 8.37 และ 3.88 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Thesis Title** An Online Signature Verification  
**Student** Miss Chirapat Wongsaphak ID. 46010116  
Mr. Siripong Ekmaharaj ID. 46012206  
**Advisor** Dr.Pitak Thumwarin  
**Graduate Level** Bachelor Degree of Information Engineering  
**Department** Information Engineering  
**Academic Year** 2006

### Abstract

This project presents a method for an on-line signature verification. First, the barycenter obtained from the two adjacent pen-point positions and the center point of signature is used instead of pen-point position to reduce the sensitive of handwriting motion. It is considered that the handwriting feature can be described by two features, the barycenter trajectory and the velocity of the barycenter. The in order to extract the feature of handwriting the two above features are expanded into Fourier series. The obtained Fourier coefficients of the trajectory and velocity of the barycenter are used as individual features for signature verification. Signature verification experiments are performed on a database consists of 1200 signatures sign by 12 persons. The average of Type I (FRR) and type II (FAR) are 8.37% and 3.88%, respectively.

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดาเป็นอย่างสูงที่ทำให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ในทุกเรื่องเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา อบรมสั่งสอนทั้งความรู้ในด้านวิชาการและจริยธรรม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่เสียสละเวลามาช่วยทำการเก็บข้อมูลตายเซ็นเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

และความสำเร็จในครั้งนี้คงจะสูญสลายไปไม่ได้ หากปราศจาก อาจารย์ที่ปรึกษา คือ ดร. พัทธ์ชรรณวาริน ที่ได้กรุณา ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ คณะผู้จัดทำ ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ณ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการงาน	1
1.3 ขอบเขตของ โครงการงาน	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.5 ระบบการทำงาน	1
1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการงาน	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ลายเซ็น	3
2.1.1 ความหมาย	3
2.1.2 ประเภทของลายเซ็น	3
2.1.3 การเปลี่ยนแปลงลายเซ็น	4
2.2 ทฤษฎีและวิธีการทางคณิตศาสตร์	5
2.2.1 การทำงานมาตรฐาน	5
2.2.2 การทำตำแหน่งมาตรฐาน	5
2.2.3 จุดบริรีเซ็นเตอร์	6
2.2.4 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันพิสโวลลิเนียร์	6
2.2.5 ฟังก์ชันคาบ	7
2.2.6 การประมาณค่าด้วยฟูเรียร์	9
2.2.6.1 อนุกรมฟูเรียร์	9
2.2.6.2 ฟังก์ชันคู่	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

2.2.6.3	อนุกรมฟูเรียร์ของฟังก์ชันคู่ คาบเท่ากับ T	11
2.2.7	การวิเคราะห์แบบขุดลิต	13
2.2.8	การวัดประสิทธิภาพของระบบ	13
<b>บทที่ 3 การออกแบบ</b>		
3.1	กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล	15
3.1.1	การทำขนาดมาตรฐาน	16
3.1.2	การตำแหน่งมาตรฐาน	17
3.1.3	แทนพิกัดข้อมูลด้วยจุดบารีเซ็นเตอร์	17
3.1.4	การกำหนดจำนวนข้อมูลมาตรฐาน	19
3.2	กระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น	20
3.3	กระบวนการตรวจสอบลายเซ็น	22
<b>บทที่ 4 การทดลองและการวิเคราะห์</b>		
4.1	ฐานข้อมูล	26
4.2	การทดลอง	26
4.2.1	ตัวอย่างลายเซ็น	26
4.2.2	ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบลายเซ็น โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของลายเซ็น	27
4.2.3	ประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่ และความเร็วของลายเซ็น	27
4.2.3.1	การใช้ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว ในการตรวจสอบลายเซ็น	27
4.2.3.2	การใช้ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่และความเร็ว ในการตรวจสอบลายเซ็น	28
4.2.4	ผลการทดลองตรวจสอบลายเซ็น โดยใช้วิธีการเคลื่อนที่ และความเร็วของลายเซ็น	29
4.3	สรุปผลการทดลอง	40
<b>บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ</b>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	4.1	ผลการตรวจสอบลายเซ็น B โดยใช้การเคลื่อนที่	28
ตารางที่	4.2	ผลการตรวจสอบลายเซ็น B โดยใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่และความเร็ว	28
ตารางที่	4.3	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น A	29
ตารางที่	4.4	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น A	30
ตารางที่	4.5	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น B	30
ตารางที่	4.6	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น B	31
ตารางที่	4.7	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น C	31
ตารางที่	4.8	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น C	32
ตารางที่	4.9	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น D	32
ตารางที่	4.10	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น D	33
ตารางที่	4.11	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น E	33
ตารางที่	4.12	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น E	34
ตารางที่	4.13	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น F	34
ตารางที่	4.14	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น F	35
ตารางที่	4.15	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น G	35
ตารางที่	4.16	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น G	36
ตารางที่	4.17	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น H	36
ตารางที่	4.18	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น H	37
ตารางที่	4.19	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น I	37
ตารางที่	4.20	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น I	38
ตารางที่	4.21	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น J	38
ตารางที่	4.22	ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น J	39
ตารางที่	4.23	แสดงการสรุปค่าข้อมูลทั้งหมด	39
ตารางที่	4.24	สรุปผลการทดลองการตรวจสอบลายเซ็น	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ณ

## สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	ไดอะแกรมแสดงระบบการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์	2
รูปที่ 2.1	ขั้นตอนการวิเคราะห์ลายเซ็นประเภทออฟไลน์ (ก) การเซ็นลายเซ็นลงบนกระดาษ(ข) การรับภาพลายเซ็นเข้าสู่คอมพิวเตอร์ (ค) ตัวอย่างกระบวนการวิเคราะห์ภาพ	3
รูปที่ 2.2	ตัวอย่างข้อมูลของลายเซ็นประเภทออนไลน์ (ก) การเซ็นลายเซ็นลงบนแท็บเล็ต (ข) กราฟแสดงพิกัดการเคลื่อนที่ของลายเซ็น ณ เวลาต่างๆ (ค) กราฟแสดงพิกัดข้อมูลที่ถูกลบ (ง) กราฟแสดงแรงกดปากกา ณ เวลาต่างๆ	4
รูปที่ 2.3	ลักษณะการปลอมแปลงลายเซ็น (ก) ลายเซ็นคั่นแบบ (ข) ลายเซ็นปลอมทั่วไป(Casual Forgery) (ค) ลายเซ็นปลอมจากผู้เชี่ยวชาญ (Skilled or Traced Forgery)	5
รูปที่ 2.4	(ก) ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (ข) ข้อมูลแบบต่อเนื่อง	7
รูปที่ 2.5	ฟังก์ชันคาบ	8
รูปที่ 2.6	(ก) ศึกษานามฟังก์ชันโคไซน์และไซน์คาบครบรอบเท่ากับ $2\pi$ (ข) ศึกษานามไซน์ที่ฮาร์โมนิก $n = 1, 2$ และ 3	9
รูปที่ 2.7	(ก) ศึกษานาม 1 คาบ (ข) ฟังก์ชันคู่ (Even periodic function)	11
รูปที่ 2.8	ฟังก์ชันคู่ $f_1(x)$ และ $f_2(x)$ สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ และการประมาณค่าด้วยฟูเรียร์	12
รูปที่ 2.9	การวัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบลายเซ็น	14
รูปที่ 3.1	แสดงกระบวนการหลักของการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออฟไลน์	15
รูปที่ 3.2	(ก) อุปกรณ์การเก็บข้อมูลที่ใช้ในโรงงาน (ข) ข้อมูลแสดงการเคลื่อนที่ของปากกาในแนวแกน X และแกน Y (ค) ข้อมูลแสดงการเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับเวลา (ง) ข้อมูลที่ได้จากการเซ็นของบุคคลเดียวกันทั้งหมด 8 ครั้ง	16
รูปที่ 3.3	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนการทำขนาดมาตรฐาน (ก) กับข้อมูลหลังผ่านการ ทำขนาดมาตรฐานแล้ว (ข)	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.4	การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนการทำขนาดมาตรฐาน (ก) กับข้อมูลหลังผ่านการ ทำขนาดมาตรฐานแล้ว (ข)	17
รูปที่ 3.5	แสดงการแทนพิกัดข้อมูลด้วยจุดบาร์เซ็นเตอร์	18
รูปที่ 3.6	ภาพการเปรียบเทียบระหว่างลายเซ็นที่เกิดของจุดปากกา (ก) จริง กับลายเซ็นที่เกิดจากจุด บาร์เซ็นเตอร์ (ข)	18
รูปที่ 3.7	ภาพการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนทำจำนวนจุดข้อมูลมาตรฐาน(ก) และข้อมูลหลังการทำจำนวนจุดมาตรฐาน (ข)	20
รูปที่ 3.8	แสดงผลการประมาณค่าด้วยฟูเรียร์	21
รูปที่ 3.9	เส้นสีแดง คือ ข้อมูลลายเซ็นอ้างอิง และเส้นสีน้ำเงิน คือ ข้อมูลลายเซ็นทดสอบ (ก) ข้อมูลการเคลื่อนที่ของปากกา (ข) ข้อมูลความเร็ว	22
รูปที่ 3.10	แสดงระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์	23
รูปที่ 3.11	ผังงานแสดงขั้นตอนการลงทะเบียนลายเซ็นของสมาชิก	24
รูปที่ 3.12	ผังงานแสดงขั้นตอนการตรวจสอบลายเซ็น	25
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างลายเซ็นจริง A	26
รูปที่ 4.2	ตัวอย่างลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ A	26
รูปที่ 4.3	ตัวอย่างลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป A	26
รูปที่ 4.4-4.23	ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข) ของลายเซ็นแต่ละบุคคล	27

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในยุคปัจจุบันที่มีการติดต่อสื่อสารและดำเนินธุรกรรมต่างๆเกิดขึ้นมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการทำสัญญา การเบิกถอนเงินจากธนาคาร การรับรองเอกสารต่างๆ ทำให้ความจำเป็นในการระบุตัวบุคคลนั้นเพิ่มขึ้น ลายเซ็นถือเป็นสิ่งหนึ่งที่ยอมรับใช้เพื่อแสดงตัวบุคคล โดยเฉพาะในประเทศไทย แต่ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นจากการใช้ลายเซ็นก็ คือ ปัญหาการปลอมแปลงลายเซ็น ดังนั้นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็น จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้การระบุตัวบุคคลมีความถูกต้อง

โดยทั่วไปวิธีที่ง่ายที่สุดในการตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็นคือ การเปรียบเทียบกับตาเปล่า ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของผู้ตรวจสอบเป็นหลัก ไม่มีหลักการตายตัว ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้มาก รวมทั้งใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างนาน

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้เกิดแนวคิดในการจัดทำโครงการตรวจสอบลายเซ็นขึ้นมา โดยเลือกพิจารณาจากลายเซ็นประเภทออนไลน์ เพราะสามารถทำการดึงและตรวจสอบคุณลักษณะเด่นเฉพาะตัวของลายเซ็นจากข้อมูลที่มีรายละเอียดสัมพันธ์กับเวลาและข้อมูลที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้

### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎี หลักการ และ วิธีการเกี่ยวกับการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ให้มีประสิทธิภาพ โดยนำทฤษฎีที่ได้ศึกษาในคอนค้นมาใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 สามารถค้นหาและดึงคุณลักษณะเด่นของลายเซ็นประเภทออนไลน์ของแต่ละบุคคลได้

1.3.2 สามารถแยกแยะลายเซ็นจริงที่เซ็น โดยเจ้าของกับลายเซ็นปลอมที่เซ็น โดยบุคคลอื่นได้

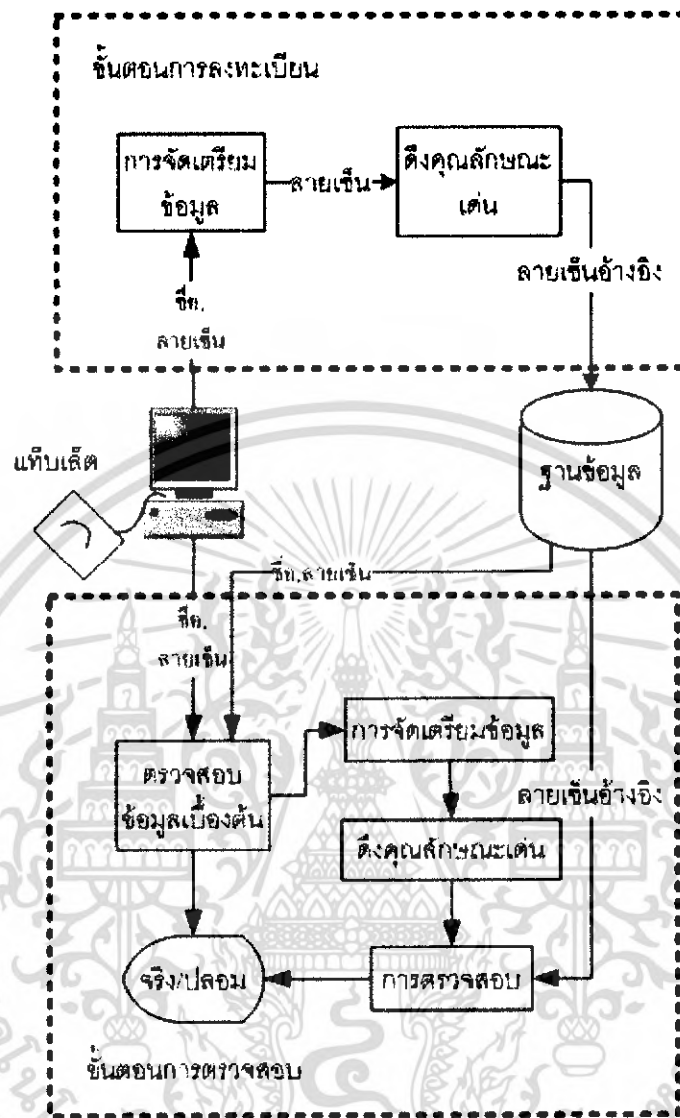
### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการตรวจสอบลายเซ็นที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.4.2 สามารถนำวิธีที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการรู้จำสิ่งอื่นๆหรือพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์

### 1.5 ระบบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 โค้ดแกรมแสดงระบบการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

- 1.6.1 ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.6.2 ทำการวิเคราะห์และออกแบบระบบการตรวจสอบ
- 1.6.3 เก็บรวบรวมตัวอย่างข้อมูลลายเซ็น
- 1.6.4 พัฒนาระบบตรวจสอบลายเซ็น
- 1.6.5 ทดสอบ ประเมินประสิทธิภาพ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของระบบ
- 1.6.6 สรุปผลการทดลองและจัดทำปฏิญานินพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ลายเซ็น (Signature)

#### 2.1.1 ความหมาย

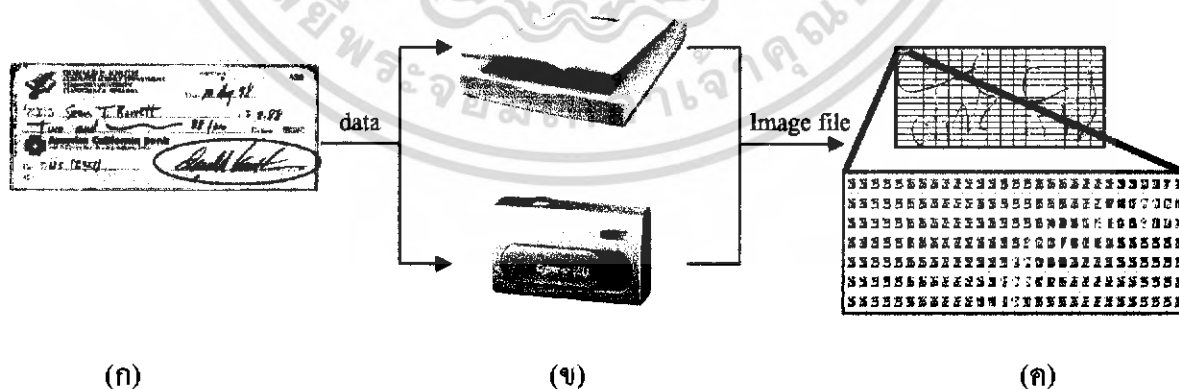
ลายเซ็นหรือการเซ็นชื่อถือเป็นลักษณะทางพฤติกรรมเฉพาะตัวของบุคคลอย่างหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เพื่อระบุตัวบุคคล ทั้งนี้เนื่องจากความง่ายในการใช้งาน ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ราคาสูงเหมือนเช่น การใช้ม่านตา(Iris) หรือ เรตินา (Retina) ภายในดวงตา การใช้ลายนิ้วมือ(Fingerprint) เป็นต้น นอกจากนี้ลายเซ็นยังมีความน่าเชื่อถือสูง และมีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาน้อย

#### 2.1.2 ประเภทของลายเซ็น

ลายเซ็นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

##### (1) ลายเซ็นออฟไลน์ (Off-line signature)

คือ ลายเซ็นทั่วไปที่ใช้ปากกาเซ็นลายเซ็นลงบนกระดาษ ซึ่งข้อมูลของลายเซ็นที่ได้จะปรากฏบนกระดาษ การจะนำลายเซ็นนี้มาวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบด้วยคอมพิวเตอร์ ทำได้โดยการใช้เครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) หรือ กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital camera) รับข้อมูลเข้ามา ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นไฟล์รูปภาพ (image file) จากนั้นจึงนำไปเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ภาพ (image processing) ต่อไป

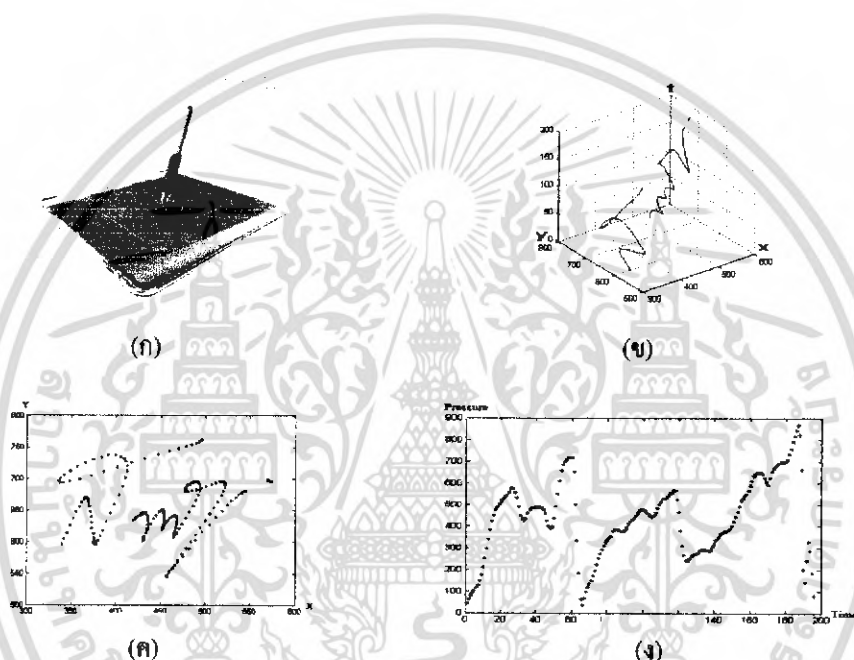


รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ลายเซ็นออฟไลน์ (ก) ลายเซ็นออฟไลน์ (ข) การรับภาพลายเซ็นเข้าสู่คอมพิวเตอร์ (ค) ตัวอย่างกระบวนการวิเคราะห์ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## (2) ลายเซ็นออนไลน์ (On-line signature)

คือ ลายเซ็นที่เกิดจากการเซ็นลายเซ็นลงบนอุปกรณ์พิเศษ ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง เช่น แท็บเล็ต (Tablet) เป็นต้น ข้อมูลที่ได้จะมีจุดเด่นกว่าลายเซ็นออฟไลน์ตรงที่มีรายละเอียดสัมพันธ์กับเวลา ตัวอย่างข้อมูล เช่น ทิศทางและความเร็วในขณะที่เซ็น ณ ที่เวลาต่างๆ และข้อมูลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ตัวอย่างข้อมูล เช่น แรงกดของปากกา



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างข้อมูลของลายเซ็นออนไลน์ (ก) การเซ็นลายเซ็นลงบนแท็บเล็ต (ข) กราฟแสดงพิกัดการเคลื่อนที่ของลายเซ็น ณ ที่เวลาต่างๆ (ค) กราฟแสดงพิกัดข้อมูลที่ถูกลูก (ง) กราฟแสดงแรงกดปากกา ณ ที่เวลาต่างๆ

### 2.1.3 การปลอมแปลงลายเซ็น

การปลอมแปลงลายเซ็นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ

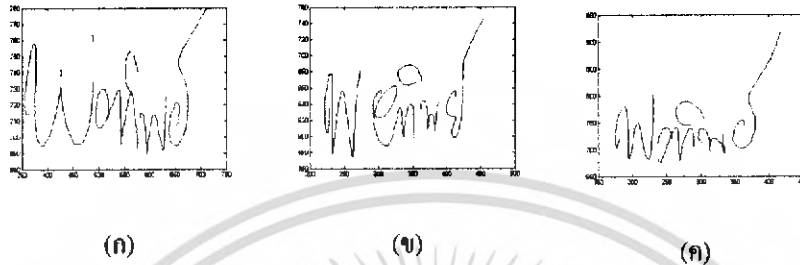
#### (1) การปลอมแปลงทั่วไป (Casual Forgeries)

คือ การปลอมแปลงอย่างหยาบ ผู้ที่ทำการปลอมแปลงไม่มีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดส่วนสำคัญ หรือคุณลักษณะเด่นของลายเซ็นเจ้าของจริงที่จำเป็นต้องมี การปลอมแปลงลักษณะนี้จึงเป็นการปลอมแปลงที่พบได้ทั่วไป (รูปที่ 2.3 ข)

#### (2) การปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ (Skilled or Traced Forgeries)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ การปลอมแปลงอย่างเชี่ยวชาญ ผู้ที่ทำการปลอมแปลงมีความคุ้นเคยกับลายเซ็นที่จะทำการปลอมแปลงเป็นอย่างดี และมีการฝึกฝนจนชำนาญ การแยกความแตกต่างของลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมในลักษณะนี้จะทำได้ยาก (รูปที่ 2.3 ค)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างลักษณะการปลอมแปลงลายเซ็น (ก) ลายเซ็นต้นแบบ (ข) ลายเซ็นปลอมทั่วไป (Casual Forgery) (ค) ลายเซ็นปลอมจากผู้เชี่ยวชาญ (Skilled or Traced Forgery)

## 2.2 ทฤษฎีและวิธีการทางคณิตศาสตร์

### 2.2.1 การทำขนาดมาตรฐาน (Normalized of size)

เป็นวิธีในการทำให้พิกัดข้อมูลทั้งหมดอยู่ในขอบเขตเดียวกัน คือ อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ทั้งในแนวแกน x และ y สมการทั่วไปที่ใช้สำหรับการทำขนาดมาตรฐาน คือ

$$\hat{z}(t_n) = \frac{z(t_n) - z_{\min}}{z_{\max} - z_{\min}}, (z = x, y) \quad (2.1)$$

โดยที่

$z(t_n)$  คือ พิกัดข้อมูลเดิมที่ต้องการทำขนาดมาตรฐาน

$\hat{z}(t_n)$  คือ พิกัดข้อมูลที่ได้จากการทำขนาดมาตรฐาน

$z_{\min}$  คือ พิกัดข้อมูลเดิมที่มีค่าต่ำสุด

$z_{\max}$  คือ พิกัดข้อมูลเดิมที่มีค่าสูงสุด

### 2.2.2 การทำตำแหน่งมาตรฐาน (Normalized of location)

เป็นวิธีในการทำจุดศูนย์กลางซึ่งสมมติฐานได้ว่าเป็นจุดที่สมมาตรของพิกัดข้อมูลแต่ละชุดให้เป็นจุดจุดเดียวกัน เริ่มจากการหาจุดศูนย์กลางของลายเซ็น โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ของปากกาตามแนวแกน  $x(t_n)$  และ  $y(t_n)$  โดยใช้สมการ(2.2) จากนั้นย้ายพิกัดข้อมูลต่างๆ ไปยังตำแหน่งใหม่ โดยให้จุดศูนย์กลางดังกล่าวอยู่ที่จุดกำเนิด (0,0) ดังสมการที่(2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_z = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \hat{z}(t_n), \quad (\hat{z} = \hat{x}, \hat{y}) \quad (2.2)$$

$$\hat{z}'(t_n) = \hat{z}(t_n) - c_z, \quad (\hat{z}' = \hat{x}', \hat{y}') \quad (2.3)$$

โดยที่

$C_z$  คือ จุดศูนย์กลางของข้อมูลที่คำนวณได้

$z(t_n)$  คือ พิกัดข้อมูลเดิมที่ต้องการทำตำแหน่งมาตรฐาน

$\hat{z}(t_n)$  คือ พิกัดข้อมูลที่ได้จากการทำตำแหน่งมาตรฐาน

$N$  คือ จำนวนพิกัดข้อมูลทั้งหมด

### 2.2.3 จุดบารีเซ็นเตอร์ (barycenter point)

จุดบารีเซ็นเตอร์ คือ จุดศูนย์กลางของรูปสามเหลี่ยม ซึ่งเกิดจากจุดยอดมุมสามจุด โดยคำนวณจุดศูนย์กลางได้จากสมการ

$$\left. \begin{aligned} r_x(t_n) &= \frac{x(t_n) + x(t_{n+1}) + x(t_{n+2})}{3} \\ r_y(t_n) &= \frac{y(t_n) + y(t_{n+1}) + y(t_{n+2})}{3} \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

โดยที่

$r_x(t_n), r_y(t_n)$  คือ จุดศูนย์กลางของรูปสามเหลี่ยม ตามแนวแกน X, Y

$x(t_n), y(t_n)$  คือ จุดยอดมุมของรูปสามเหลี่ยม ตามแนวแกน X, Y

### 2.2.4 การประมาณค่าด้วยฟังก์ชันพีสโวลินีเยร์ (piecewise-linear function: PLF)

ฟังก์ชันพีสโวลินีเยร์เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการประมาณค่าที่อยู่ระหว่างจุดต่อจุดด้วยการลากเส้นตรงเชื่อมจุดเหล่านั้นเข้าด้วยกัน โดยสามารถคำนวณหาจุดบนเส้นตรงได้ด้วยสมการ

$$z(t) = \sum_{n=1}^N z(t_n) \phi_n(t), \quad (z = x, y) \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi_n(t) = \begin{cases} \frac{t-t_{(n-1)}}{t_n-t_{(n-1)}}, & t \in [t_{(n-1)}, t_n] \\ \frac{t_{(n+1)}-t}{t_{(n+1)}-t_n}, & t \in [t_n, t_{(n+1)}] \\ 0, & t \notin [t_{(n-1)}, t_{(n+1)}] \end{cases} \quad (2.6)$$

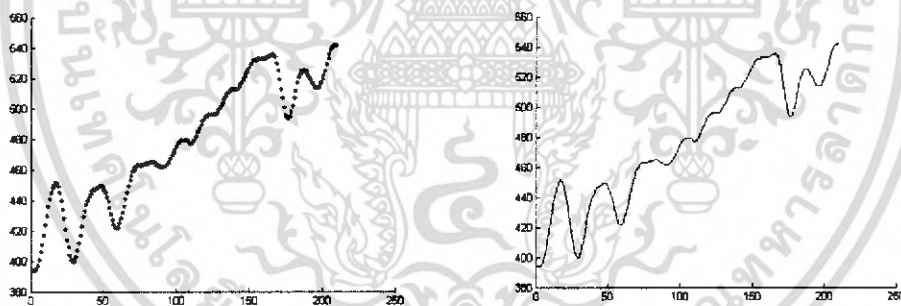
โดยที่

$z(t)$  คือ ข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่า

$z(t_n)$  คือ ข้อมูลเดิม ณ ที่เวลาต่างๆ

$\phi_n(t)$  คือ ตัวคูณซึ่งหาได้จากเส้นไขว้ต่างๆข้างต้น

ฟังก์ชันพีส ไวลินเนียร์ทำให้สามารถประมาณค่าข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้ทุกจุดบนเส้นตรง หรือกล่าวได้อีกอย่างว่าเป็นการแปลงค่าข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งเป็นแบบไม่ต่อเนื่องให้เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 2.4 (ก) ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (ข) ข้อมูลแบบต่อเนื่อง

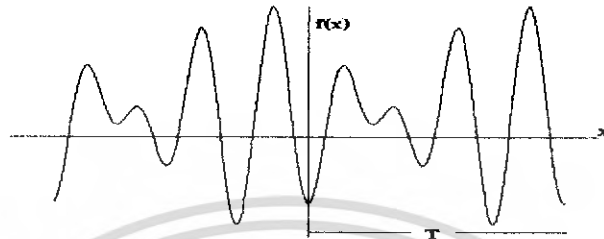
### 2.2.5 ฟังก์ชันคาบ (Periodic function)

ฟังก์ชันคาบ  $f(x)$  เรียกว่า เป็นฟังก์ชันที่มีคาบครบรอบ  $T$  ถ้า  $T$  เป็นจำนวนจริงใดๆ และไม่เท่ากับศูนย์ ดังนั้น

$$f(x+T) = f(x) \quad \text{ตลอดทุกค่าของ } x \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง  $T$  คือคาบของฟังก์ชัน  $f(x)$  เช่น  $\sin x$  และ  $\cos x$  มีคาบครบรอบเท่ากับ  $2\pi$  (1รอบ วงกลม: ครบ1รอบ)



รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันคาบ

จากสมการที่ (2.7) และรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าสัญญาณมีคาบครบรอบเท่ากับ  $T$  และเกิดขึ้นซ้ำๆ กันทุกๆค่าของ  $T$  ถ้า  $n$  เป็นเลขจำนวนเต็ม สามารถกำหนดได้ว่า

$$f(x + nT) = f(x) \text{ ตลอดทุกค่าของ } x \quad (2.8)$$

ดังนั้นถ้า  $nT = 2T, 3T, 4T, \dots$  เป็นคาบของฟังก์ชัน  $f(x)$  ซึ่งสัญญาณก็จะเกิดขึ้นซ้ำกันตามจำนวนรอบหรือค่าของ  $n$  ในตอนแรกนี้จะพิจารณาฟังก์ชันต่างๆ ที่มีคาบ  $2\pi$  ในเทอมของฟังก์ชันง่ายๆ ได้แก่

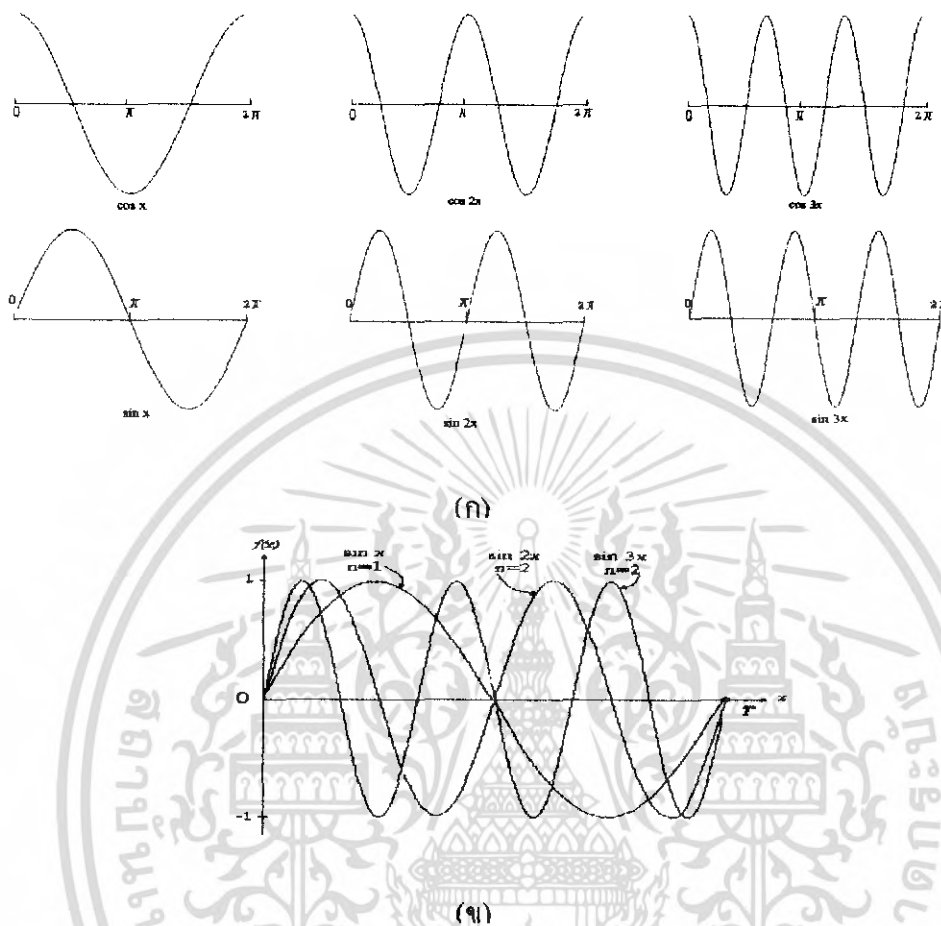
$$1, \cos x, \sin x, \cos 2x, \sin 2x, \dots, \cos nx, \sin nx, \dots \quad (2.9)$$

ซึ่งมีคาบครบรอบเป็น  $2\pi$  ดังรูปที่ 2.7(ก) และอนุกรมจะเกิดขึ้นในรูปแบบ

$$a_0 + a_1 \cos x + b_1 \sin x + a_2 \cos 2x + b_2 \sin 2x + \dots + a_n \cos nx + b_n \sin nx \quad (2.10)$$

เมื่อ  $a_0, a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots$  เป็นค่าคงที่จำนวนจริง อนุกรมในสมการ(2.10) เรียกว่าอนุกรมตรีโกณมิติ (Trigonometric series) ซึ่ง  $a_n$  และ  $b_n$  เรียกว่าเป็นสัมประสิทธิ์ (coefficient) ของอนุกรมสัญญาณโคไซน์ (Cosine) และไซน์ (Sine) ที่มีฮาร์โมนิก  $n = 1, 2$  และ 3 แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 (ก) และเฉพาะสัญญาณไซน์ที่  $n = 1, 2$  และ 3 แสดงไว้บนแกน  $x$  เดียวกัน ดังรูปที่ 2.6 (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 (ก) สัญญาณฟังก์ชันโคไซน์และไซน์คาบครบรอบเท่ากับ  $2\pi$   
 (ข) สัญญาณไซน์ที่ฮาร์โมนิก  $n=1,2$  และ 3

## 2.2.6 การประมาณค่าด้วยฟูรีเยร์ (Fourier Approximation)

### 2.2.6.1 อนุกรมฟูรีเยร์ (Fourier series)

อนุกรมฟูรีเยร์เป็นอนุกรมซึ่งสื่อถึงฟังก์ชันคาบ โดยมีการอธิบายในรูปของฟังก์ชันโคไซน์ และไซน์ เพื่อให้ตัวฟังก์ชันคาบอยู่ในรูปทั่วไป

ให้  $f(x)$  คือฟังก์ชันคาบ ที่มีคาบเท่ากับ  $T$  และ  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  แสดงให้  $f(x)$  อยู่ในรูปของฟังก์ชัน โคไซน์ และ ไซน์(Sine) ได้ว่า

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega x) + b_n \sin(n\omega x)] \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \cos(n\omega x) dx ; n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.12)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(x) \sin(n\omega x) dx ; n = 1, 2, \dots \quad (2.13)$$

$a_n$  และ  $b_n$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ (Fourier Coefficients) เป็นค่าที่แสดงคุณสมบัติความถี่ของสัญญาณ ซึ่งถึงความถี่ที่สำคัญของสัญญาณ ได้จากการกำหนดจำนวนสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฟูรีเยร์นี้

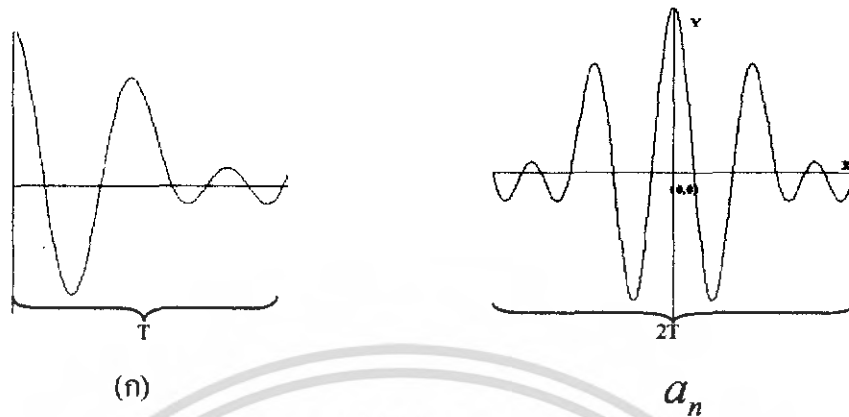
เนื่องจากอนุกรมนี้เป็นอนุกรมไม่รู้จัก (Infinite series) ดังนั้นการประยุกต์ใช้อนุกรมกับฟังก์ชันคาบอื่นๆ จึงมีประโยชน์มาก ทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว เพราะผลลัพธ์ที่ได้จากสมการจะมีขนาดลดลง แต่ยังคงคุณลักษณะเดิมไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ การวิเคราะห์ด้วยอนุกรมฟูรีเยร์จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของข้อมูล และสื่อออกมาด้วยรูปสมการอย่างง่าย ดังนั้นจึงถือว่าอนุกรมฟูรีเยร์ (Fourier series) นั้นมีประโยชน์อย่างมากในการประมาณค่า (Approximation) ของฟังก์ชันคาบ (Periodic function)

### 2.2.6.2 ฟังก์ชันคู่ (Even Function)

นิยาม ฟังก์ชัน  $y = g(x)$  เรียกว่าเป็น ฟังก์ชันคู่ ถ้า  $g(-x) = g(x)$  สำหรับทุกๆ ค่าของ  $x$  ตัวอย่าง เช่น  $f(x) = \cos x$  เป็นฟังก์ชันคู่ สามารถพิสูจน์โดยการแทน  $x$  ด้วย  $-x$  จะได้ว่า

$$f(x) = \cos(-x) = \cos x \quad (2.14)$$

จึงเรียก  $\cos x$  ว่าเป็น ฟังก์ชันคู่ หรือพิจารณาจากรูปที่ 2.7 เมื่อพับหน้ากระดาษตามแกนแนวตั้ง  $y$  สัญญาณด้านซ้ายก็จะทับกับด้านขวา ดังนั้นลักษณะนี้จึงเรียกสัญญาณใดๆ หรือ ฟังก์ชันนั้นๆ ว่า ฟังก์ชันคู่



รูปที่ 2.7 (ก) สัญญาณ 1 คาบ (ข) ฟังก์ชันคู่ (Even periodic function)

### คุณสมบัติของฟังก์ชันคู่

1. ฟังก์ชันคู่  $\times$  ฟังก์ชันคู่ = ฟังก์ชันคู่
2.  $\int_{-T/2}^{T/2} f(x) dx = 2 \int_0^{T/2} f(x) dx$

### 2.2.6.3 อนุกรมฟูเรียร์ของฟังก์ชันคู่คาบเท่ากับ T

จากสมการ (2.14) เมื่อ  $f(x)$  เป็นฟังก์ชันคู่ และเนื่องจาก  $\cos(nax)$  เป็นฟังก์ชันคู่ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นตามคุณสมบัติตามข้อที่ 1 และคุณสมบัติข้อที่ 2 เมื่อทำการอินทิเกรตฟังก์ชันคู่จะได้

$$a_n = 2 \times \left[ \frac{2}{T} \int_0^{T/2} f(x) \cos(nax) dx \right] = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} f(x) \cos(nax) dx \quad (2.15)$$

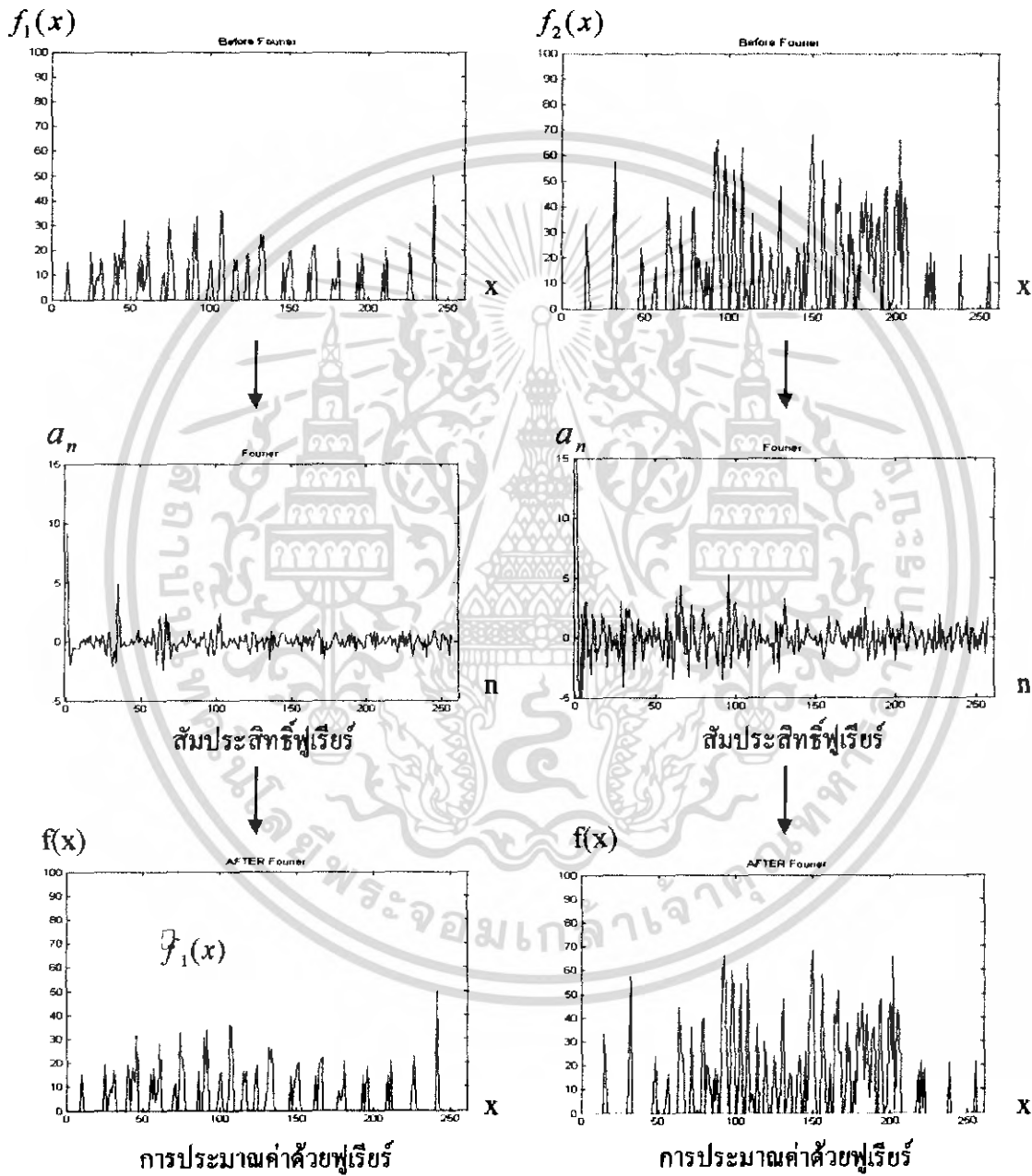
โดยที่  $b_n = 0 ; n = 0, 1, 2, \dots$

และจากสมการที่ (2.11) จะได้

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nax)] \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (2.16) เรียกว่า อนุกรมฟูเรียร์โคไซน์ (Fourier cosine series) ซึ่งจากสมการ จะเห็นว่า ถ้าฟังก์ชัน  $f(x)$  นั้นเป็น ฟังก์ชันคู่ ก็ไม่จำเป็นต้องคำนวณหาค่า  $b_n$  เพราะ  $b_n = 0$  อยู่แล้วสำหรับ ฟังก์ชันคู่



รูปที่ 2.8 ฟังก์ชันคู่  $f_1(x)$  และ  $f_2(x)$  สัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ และการประมาณค่าด้วยฟูเรียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.7 การวัดระยะแบบยูคลิด (Euclidean distance)

การวัดระยะแบบยูคลิด คือ วิธีการทั่วไปในการวัดระยะทางระหว่างจุด 2 จุดบนระนาบ ถ้ากำหนดให้  $u = (x_1, y_1)$  และ  $v = (x_2, y_2)$  เป็นจุด 2 จุดบนระนาบ การวัดระยะแบบยูคลิดจะได้เท่ากับ

$$\text{Distance } (d) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2} \quad (2.17)$$

ดังนั้นหากต้องการหาระยะทางระหว่าง  $A$  และ  $B$  ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \text{ และ } B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$$

จาก (2.17) จะได้ระยะทางยูคลิดจาก  $f_1$  ไป  $f_2$

$$\text{Distance } (d) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2} \quad (2.18)$$

เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาระยะทางหรือมุมได้ ไม่ว่าจะเป็นเวกเตอร์ หรือ สัญญาณข้อมูล

### 2.2.8 การวัดประสิทธิภาพของระบบ

การวัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบลายเซ็น มีค่าที่ต้องพิจารณา 2 ประเภท คือ

#### (1) อัตราการปฏิเสธตัวจริง (False Rejection Rate – FRR : Type I)

อัตราการปฏิเสธตัวจริง คือ ค่าอัตราการหลุดรอดของผู้ปลอมปลอมจากการตรวจจับ ซึ่งหากมีค่าต่ำแสดงว่าอัตราการปฏิเสธต่ำ นั่นคือไม่ว่าตัวจริงหรือตัวปลอมก็มีโอกาสได้รับอนุญาตให้ผ่านเข้าสู่ระบบได้ง่าย ระบบมีความปลอดภัยต่ำ

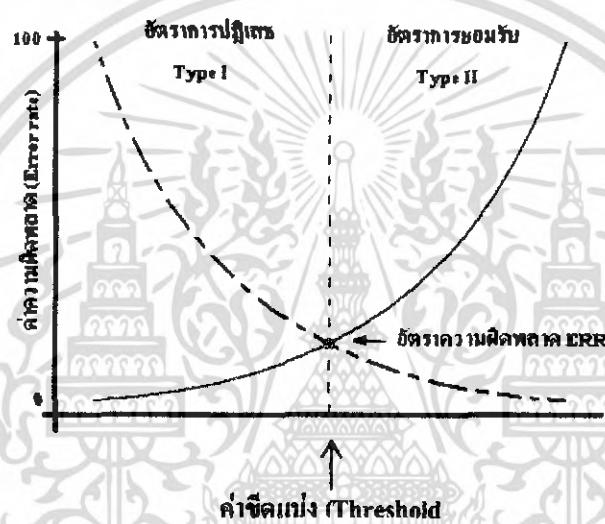
$$\text{อัตราการปฏิเสธตัวจริง} = \frac{\text{จำนวนลายเซ็นจริงที่ปฏิเสธ}}{\text{จำนวนลายเซ็นจริงที่ทดสอบทั้งหมด}} \times 100 \quad (2.19)$$

#### (2) อัตราการยอมรับตัวปลอม (False Acceptance Rate – FAR : Type II)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการยอมรับตัวปลอม คือ ค่าอัตราการปฏิเสธการผ่านแก่ผู้ใช้ที่ถูกต้อง [5] หากมีค่านี้ในอัตราที่ต่ำ ก็จะหมายถึงอัตราการยอมให้ผ่านเข้าสู่ระบบต่ำ ไม่ว่าจะตัวจริงหรือตัวปลอมก็มีโอกาสถูกปฏิเสธสูง ระบบจะมีความปลอดภัยสูง

$$\text{อัตราการยอมรับตัวปลอม} = \frac{\text{จำนวนลายเซ็นปลอมที่ยอมรับ}}{\text{จำนวนลายเซ็นปลอมที่ทดสอบทั้งหมด}} \times 100 \quad (2.20)$$



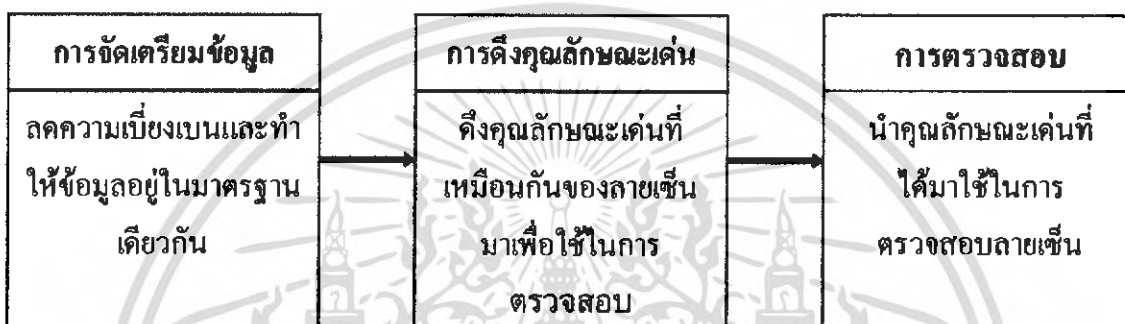
รูปที่ 2.9 การวัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบลายเซ็น

จากรูป 2.9 แสดงให้เห็นถึงอัตราความผิดพลาด (Error Rate : อัตราความผิดพลาด) ซึ่งได้จากการปรับแต่งอัตราการปฏิเสธตัวจริง (FRR) และอัตราการยอมรับตัวปลอม (FAR) การปรับแต่งทั้งสองค่านี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่ต้องการให้ได้ผลออกมาในรูปแบบใด กล่าวคือ หากต้องการให้ระบบค่อนข้างเข้มงวด ควรปรับให้ค่าอัตราการยอมรับต่ำ แต่หากว่าอัตรานี้มีค่าต่ำมากจนเกินไป ลายเซ็นจริงที่มีความเบี่ยงเบนมากอาจถูกคิดว่าเป็นลายเซ็นปลอมได้ ในทางกลับกันหากต้องการให้ระบบสามารถยอมรับลายเซ็นจริงที่มีความเบี่ยงเบนได้ ควรปรับค่าอัตราการยอมรับตัวปลอมให้สูงขึ้น แต่หากอัตรานี้มีค่าสูงจนเกินไป ระบบก็จะหละหลวมและมียอมรับลายเซ็นปลอมมากขึ้น

### บทที่ 3

#### การออกแบบ

ในการออกแบบระบบการตรวจสอบลายเซ็นแบบออนไลน์ แบ่งระบบการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการหลักดังรูปที่ 3.1



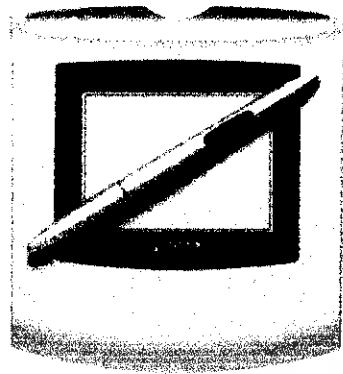
รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการหลักของการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออฟไลน์

โดยรายละเอียดในแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังนี้

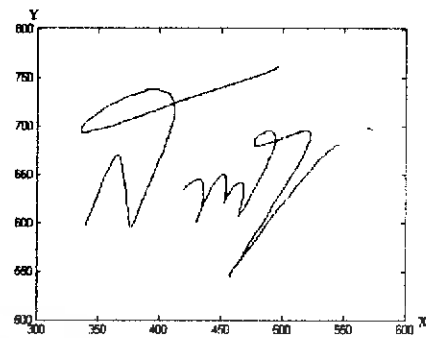
#### 3.1 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล

การเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งสองสิ่ง จำเป็นต้องจัดการให้สิ่งที่จะนำมาเปรียบเทียบกันอยู่ในขอบเขตหรือมาตรฐานเดียวกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยเฉพาะในขั้นตอนการเก็บข้อมูลหรือบันทึกข้อมูลของวัตถุหรือสิ่งของที่จะนำมาจำหรือตรวจสอบนั้น จำเป็นต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมของวัตถุหรือสิ่งของให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

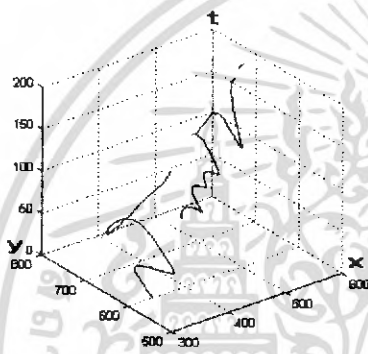
สำหรับโครงการนี้ ได้กำหนดอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลลายเซ็นให้เป็นชิ้นเดียวกัน คือ แท็บเล็ต (Tablet) ยี่ห้อ WACOM รุ่น Pen Partner , size 147.5X160.2 mm , Active area 81.2X58 mm, pressure sensitive 512 levels แสดงดังรูป 3.2 (ก) ซึ่งข้อมูลลายเซ็นที่ถูกเก็บโดยแท็บเล็ตนี้ จะเป็นข้อมูลที่แสดงการเคลื่อนที่ของปากกาในทิศทางตามแนวแกนนอนและแกนตั้ง ณ เวลาที่  $t(n)$  ,  $(n = 1,2,3,...)$  โดยแสดงด้วยค่าพิกัด  $x$  และ  $y$  ตามลำดับ ดังรูป 3.2 (ข)



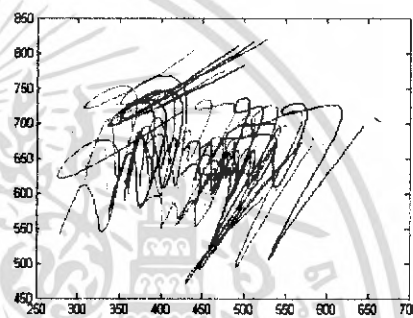
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3.2 (ก) อุปกรณ์การเก็บข้อมูลที่ใช้ในโครงการ (ข) ข้อมูลแสดงการเคลื่อนที่ของปากกาในแนวแกน X และแกน Y (ค) ข้อมูลแสดงการเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับเวลา (ง) ข้อมูลที่ได้จากการเซ็นของบุคคลเดียวกันทั้งหมด 8 ครั้ง

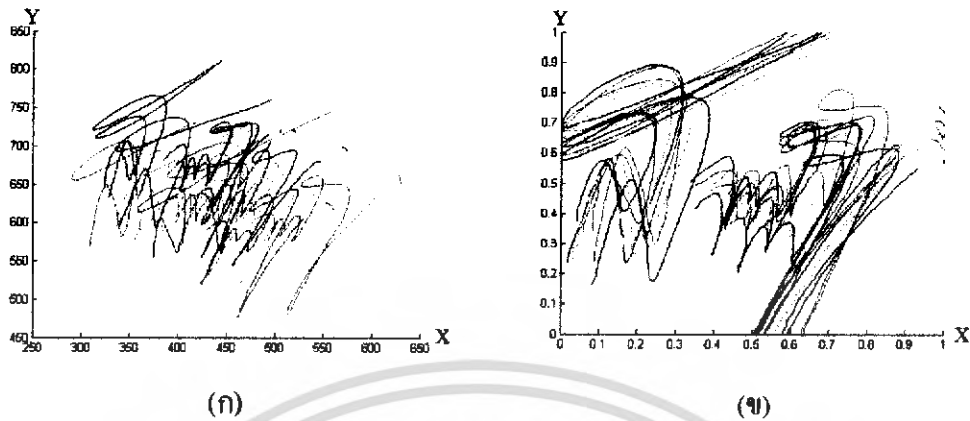
อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการควบคุมอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลแล้ว แต่เราก็ไม่สามารถที่จะควบคุมหรือกำหนดข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันได้อย่างสมบูรณ์ จะเห็นได้จากการพิจารณารูปที่ 3.2(ง) พบว่า แม้จะเป็นบุคคลคนเดียวก็ตาม ข้อมูลที่เก็บมาได้ก็ยังสามารถเกิดการเซ็นที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะสามารถลดความเบี่ยงเบนของข้อมูลที่ได้มา (fluctuation) ซึ่งในที่นี้ได้ทำการออกแบบกระบวนการจัดเตรียมข้อมูลโดยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนตามลำดับ คือ

### 3.1.1 การทำขนาดมาตรฐาน (Normalized of size)

เมื่อเราพิจารณา ลายเซ็นของบุคคลคนเดียว พบว่า ขนาดของลายเซ็นที่เซ็นแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน แสดงได้ดังรูปที่ 3.3(ก) ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวสามารถนำ สมการ (2.1) ที่ใช้ในการทำขนาดมาตรฐานมาใช้ได้ โดยผลจากการทำขนาดมาตรฐานแสดงได้ดังรูปที่ 3.3(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

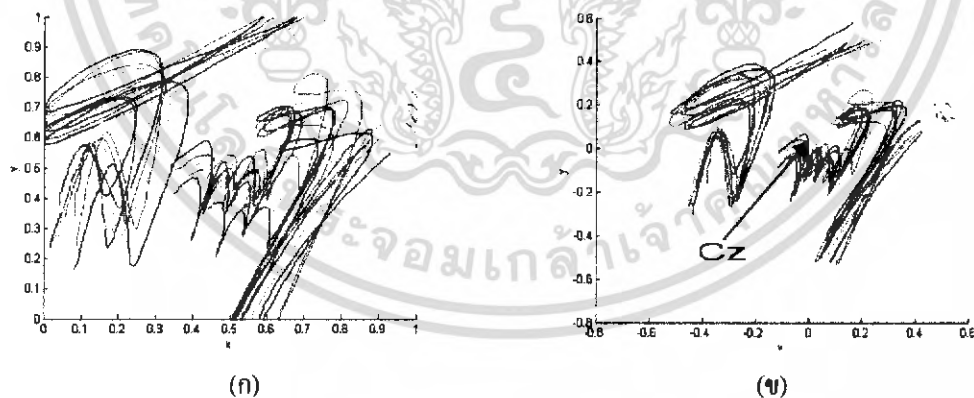
## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.3 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนการทำขนาดมาตรฐาน (ก) กับข้อมูลหลังผ่านการ  
ทำขนาดมาตรฐานแล้ว (ข)

### 3.1.2 การตำแหน่งมาตรฐาน

จากสมมติฐานที่ว่า ลายเซ็นที่เซ็นโดยบุคคลเดียวกัน จุดศูนย์กลางของลายเซ็นควรจะเป็นจุดที่  
สมมาตรจุดเดียวกัน เราจึงทำการคำนวณหาจุดศูนย์กลางของลายเซ็น โดยทำการหาค่าเฉลี่ยการ  
เคลื่อนที่ของปากกาตามแนวแกน  $x(r_n)$  และ  $y(r_n)$  จากสมการที่(2.2) และ (2.3)  
ผลจากการหาค่าตำแหน่งมาตรฐาน แสดงได้ดังรูป 3.4

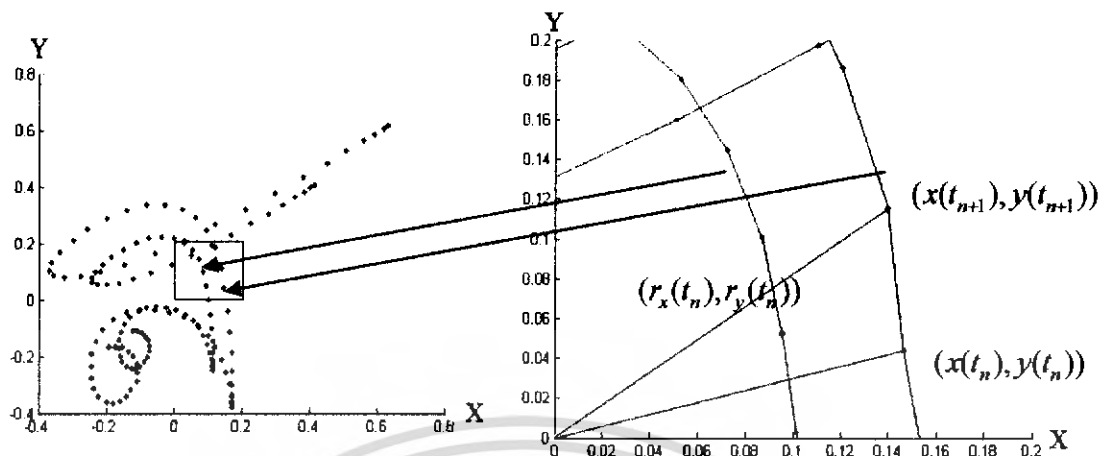


รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนการทำตำแหน่งมาตรฐาน (ก) กับข้อมูลหลังผ่านการ  
ทำตำแหน่งมาตรฐานแล้ว (ข)

### 3.1.3 แทนพิกัดข้อมูลด้วยจุดบารีเซ็นเตอร์

จุดบารีเซ็นเตอร์คือ จุดศูนย์กลางของรูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากจุดสามจุด ได้แก่ จุดศูนย์กลาง  
ข้อมูลซึ่งถูกย้ายไปที่จุดกำเนิดแล้ว กับจุดข้อมูลสองจุดที่อยู่ติดกัน แสดงได้ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบ 72222 ะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



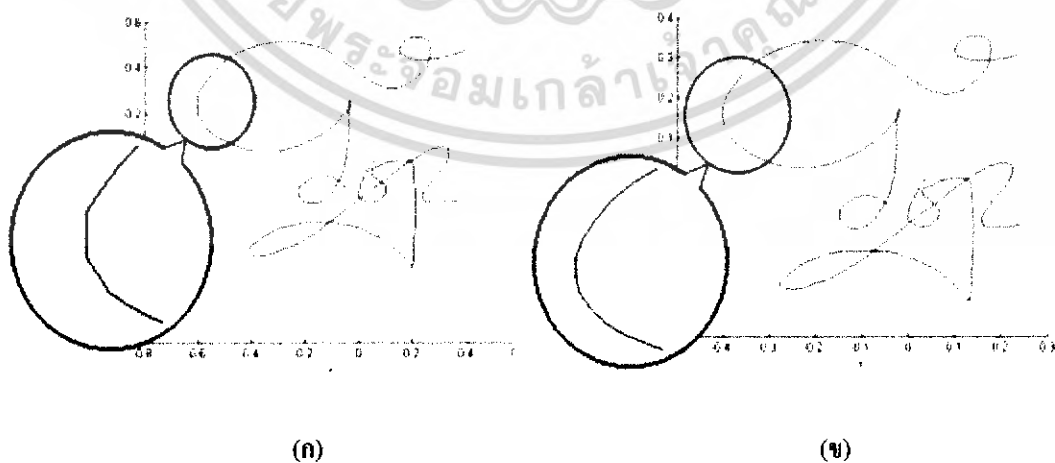
รูปที่ 3.5 แสดงการแทนพิกัดข้อมูลด้วยจุดบารีเซ็นเตอร์

คำนวณได้จากสมการที่(2.4) ดังนี้

$$r_x(t_n) = \frac{\hat{x}(t_n) + \hat{x}(t_{n+1}) + 0}{3}$$

$$r_y(t_n) = \frac{\hat{y}(t_n) + \hat{y}(t_{n+1}) + 0}{3}$$

โดยจะนำจุดบารีเซ็นเตอร์นี้มาใช้เป็นข้อมูลแทนจุดที่เกิดของปากกาจริงเพราะข้อมูลมีความราบเรียบมากขึ้น แสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพการเปรียบเทียบระหว่างลายเส้นที่เกิดของจุดปากกา (ก) จริง กับลายเส้นที่เกิดจากจุดบารีเซ็นเตอร์ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ได้หลังจากการแทนด้วยจุดบารีเซ็นเตอร์นี้ จะนำมาวิเคราะห์หาคุณลักษณะเด่นก่อนเข้าสู่กระบวนการขั้นต่อไป คือ การกำหนดจำนวนจุดข้อมูลมาตรฐาน เนื่องจากป้องกันการสูญเสียข้อมูลที่สำคัญไป

สำหรับโครงการนี้ คุณลักษณะเด่นที่เราสนใจ คือ วิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของจุดบารีเซ็นเตอร์ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ค่อนข้างคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลาหรือสภาวะแวดล้อมน้อย และพิจารณาข้อมูลได้ง่าย กำหนดสมการเพื่อพิจารณาวิธีการเคลื่อนที่ของจุดบารีเซ็นเตอร์ในแนวแกน X และแกน Y ได้ดังนี้

$$z(t_n) = r_x(t_n) + jr_y(t_n) \quad (3.1)$$

และสมการความเร็ว คือ

$$v(t_n) = z(t_{n+1}) - z(t_n) \quad (3.2)$$

โดยที่

$$j = \sqrt{-1}$$

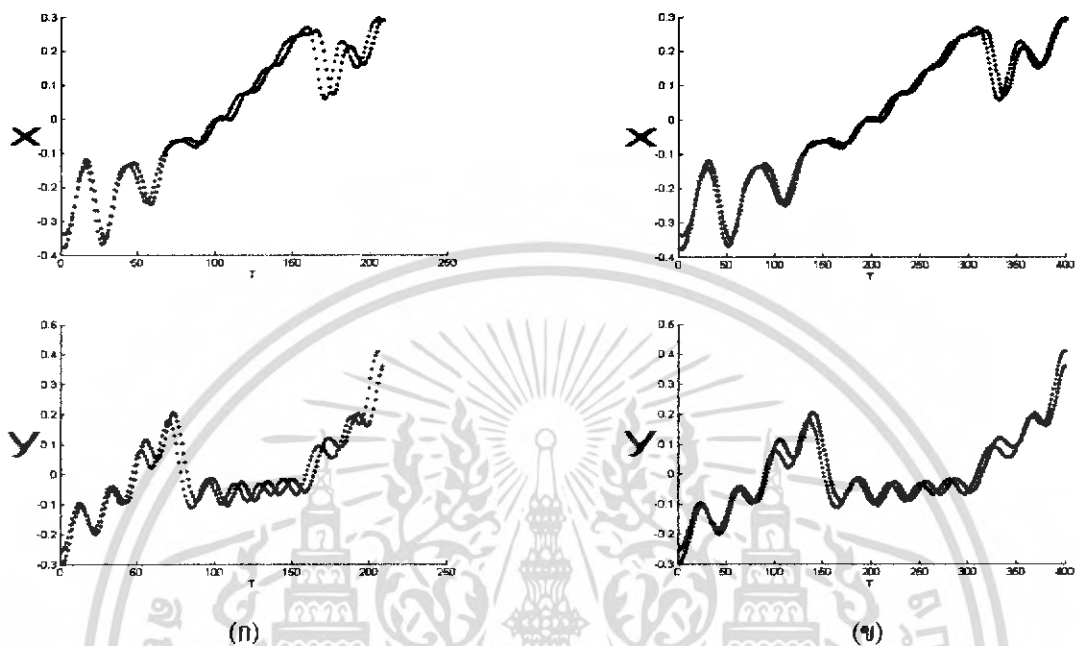
### 3.1.4 การกำหนดจำนวนข้อมูลมาตรฐาน (Normalization of duration time)

สำหรับข้อมูลหรือสัญญาณใดๆ ที่วัดได้มาจากสิ่งที่จะทำการรู้จำและเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปฟังก์ชันของเวลาแล้ว โดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณหรือข้อมูลที่ถูกสุ่มมาจากของข้อมูลจริง ซึ่งกำหนดให้ช่วงเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างระหว่างข้อมูลแต่ละตำแหน่ง (sampling time) มีค่าเท่ากัน ดังนั้นข้อมูลที่ได้มาจะเป็นข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง

จากการเก็บข้อมูลหลายเซ็นเซอร์ประเภท ออนไลน์ พบว่าแต่ละลายเซ็นจะใช้ระยะเวลาในการเขียนแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน แม้แต่ว่าเป็นการเซ็นจากบุคคลเดียวกัน จึงทำให้จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน ดังแสดงดังรูป จะเห็นได้ว่าจำนวนข้อมูล  $x(t_n)$  และ  $y(t_n)$  ที่เก็บได้ในแต่ละครั้งมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นดังกล่าวสามารถลดลงได้ โดยทำให้จำนวนจุดที่ได้มีค่าเท่ากัน เรียกว่า การกำหนดจำนวนข้อมูลมาตรฐาน โดยเริ่มจากการเชื่อมต่อระหว่างจุดของข้อมูลที่มีอยู่ด้วยเส้นตรง จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างใหม่โดยจัดให้จำนวนข้อมูลที่สุ่มมีค่าเท่ากัน ด้วยการใส่ฟังก์ชันพีชคณิตเชิงเส้น ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ต่อเนื่อง ดังสมการที่ (2.5) และ (2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทำจำนวนจุดข้อมูลมาตรฐาน แสดงได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ภาพการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลก่อนทำจำนวนจุดข้อมูลมาตรฐาน(ก) และข้อมูลหลังการทำจำนวนจุดมาตรฐาน (ข)

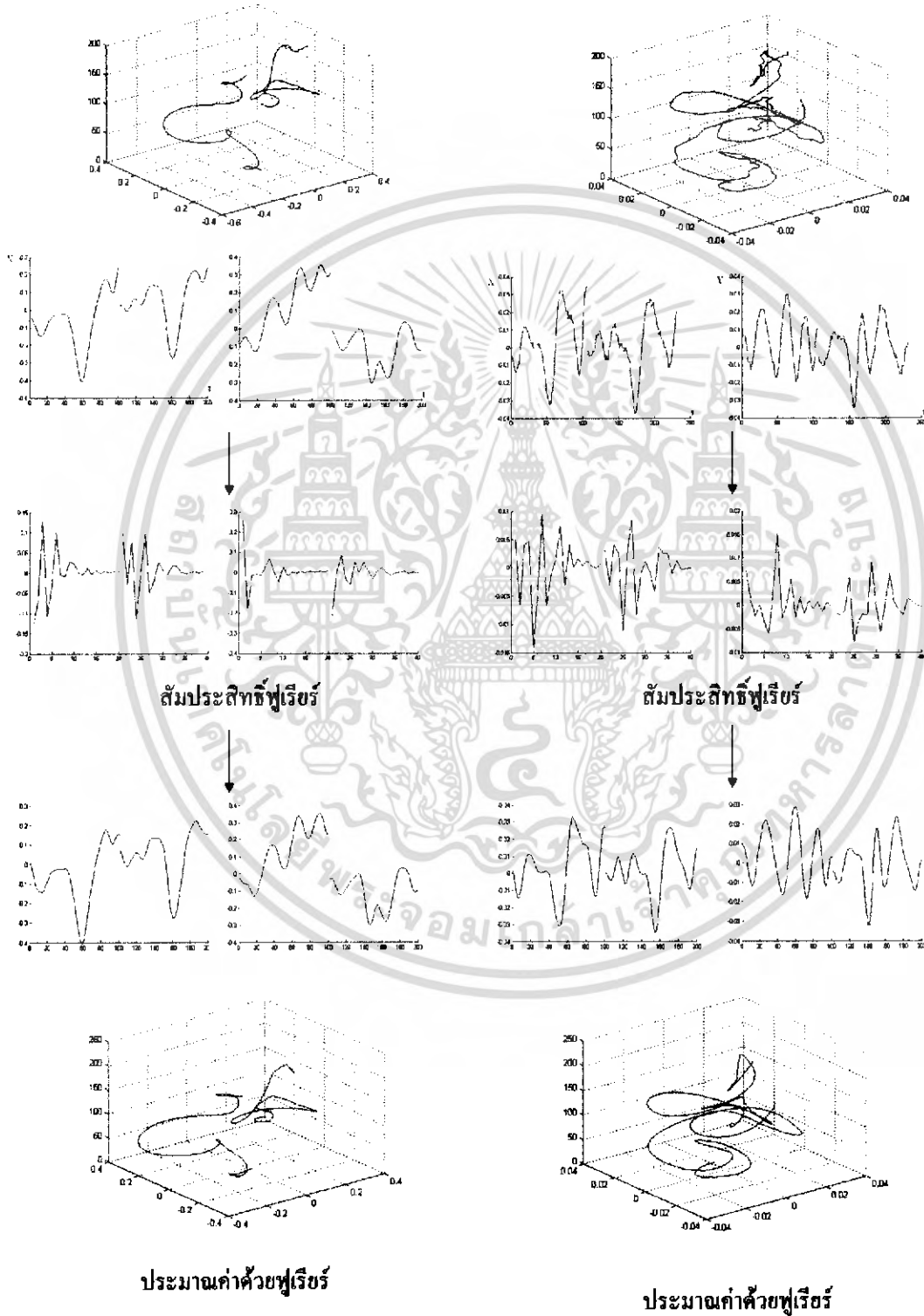
### 3.2 กระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น

หลังจากมีการจัดการข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันแล้ว ในขั้นตอนต่อไปคือการดึงคุณลักษณะเด่นบางส่วนของข้อมูลนั้นๆออกมา เหตุผลที่ต้องมีการดึงคุณลักษณะเด่น เนื่องจากถ้าเราใช้ข้อมูลทั้งหมดมาทำการเปรียบเทียบเลย ผลที่ได้อาจมีเปอร์เซ็นต์การผิดพลาดสูง ถึงแม้ว่าเราจะทำข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันแล้วแต่ก็เป็นเพียงการลดความเบี่ยงเบนของข้อมูลโดยรวมเท่านั้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ จึงต้องทำการค้นหาและดึงคุณลักษณะเด่น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของข้อมูลออกมา ซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแล้วยังเป็นการลดจำนวนข้อมูลได้อีกด้วย

ในการออกแบบกระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น จะใช้ฮอนูกรมฟูเรียร์ของฟังก์ชันคู่ แปลงข้อมูลที่ผ่านกระบวนการจัดเตรียมมาแล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในเชิงเวลา(time domain) ให้เป็นข้อมูลที่อยู่ในเชิงความถี่(frequency domain) การวิเคราะห์ด้วยฮอนูกรมฟูเรียร์ของฟังก์ชันคู่นี้ จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของข้อมูล และตีออกมาด้วยรูปสมการอย่างง่าย ดังสมการที่(2.15)และ(2.16) โดยในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่นี่ กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ (Fourier Coefficients) ซึ่งเป็นที่แสดงคุณสมบัติความถี่ของ สัญญาณ ไว้เท่ากับ 35 ผลที่ได้แสดงดังรูป 3.8



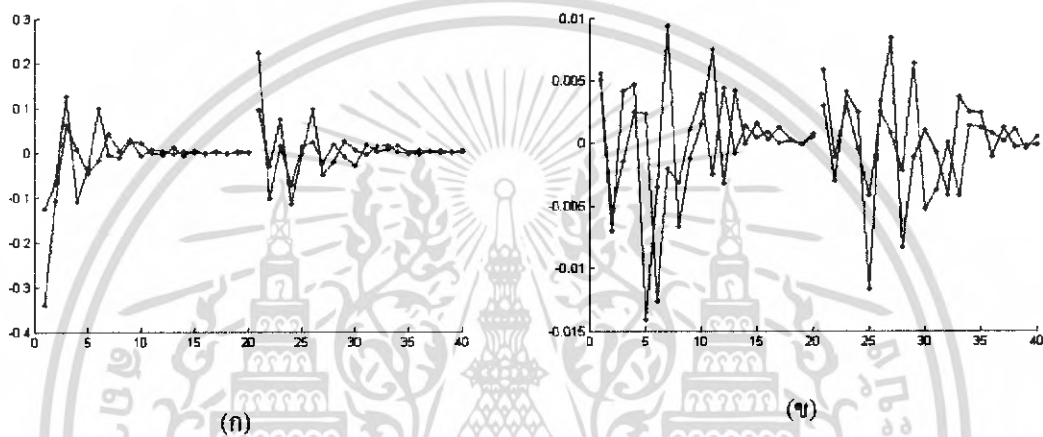
รูปที่ 3.8 แสดงผลการประมาณค่าด้วยฟูรีเยร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกรณศึกษาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกระบวนการดึงคุณลักษณะเด่นนี้ ทำให้เราสามารถประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว โดยที่ยังคงรักษาคุณลักษณะเดิมไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์

### 3.3 กระบวนการตรวจสอบลายเซ็น

ในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการตรวจสอบลายเซ็น โดยเราจะใช้วิธีการวัดระยะแบบยุคลิด เพื่อหาระยะความแตกต่างระหว่างลายเซ็นอ้างอิงกับลายเซ็นทดสอบดังรูปที่ 3.9 ตามสมการที่ (2.18)



รูปที่ 3.9 เส้นสีแดง คือ ข้อมูลลายเซ็นอ้างอิง และเส้นสีน้ำเงิน คือ ข้อมูลลายเซ็นทดสอบ  
(ก)ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่ (ข) ข้อมูลความเร็ว

$$\text{ระยะยูคลิดของการเคลื่อนที่ } (d) = \sqrt{((-0.1252) - (-0.3390))^2 + ((-0.0667) - (-0.1070))^2 + \dots} \\ = 0.3481$$

$$\text{ระยะยูคลิดของความเร็ว } (d) = \sqrt{(0.005 - 0.0055)^2 + ((-0.007) - (-0.0055))^2 + \dots} \\ = 0.0332$$

จากผลการคำนวณที่ได้ พบว่า ระยะยูคลิดของวิธีการเคลื่อนที่และความเร็ว นั้น จะมีน้ำหนักไม่เท่ากัน จำเป็นต้องมีการถ่วงน้ำหนักระยะยูคลิดของทั้งสองให้เท่ากัน เพื่อให้การหาระยะยูคลิดรวมมีความแม่นยำมากขึ้น โดยการนำ 10 ไปคูณค่าระยะยูคลิดของความเร็วดังนั้นสามารถหาระยะยูคลิดรวมได้เท่ากับ

$$\text{ระยะยูคลิดรวม} = 0.3481 + (10 * 0.0332) \\ = 0.6801$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งระยะยุคกลิตนี้จะนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง เพื่อตัดสินลายเซ็นทดสอบว่าจริงหรือปลอม ตามเงื่อนไขดังนี้ ลายเซ็นที่ตรวจสอบจะเป็น

จริง ถ้า  $\|U_k - V_k\| < \eta$  ;  $k=1,2,3,\dots$

เท็จ ในกรณีอื่นๆ

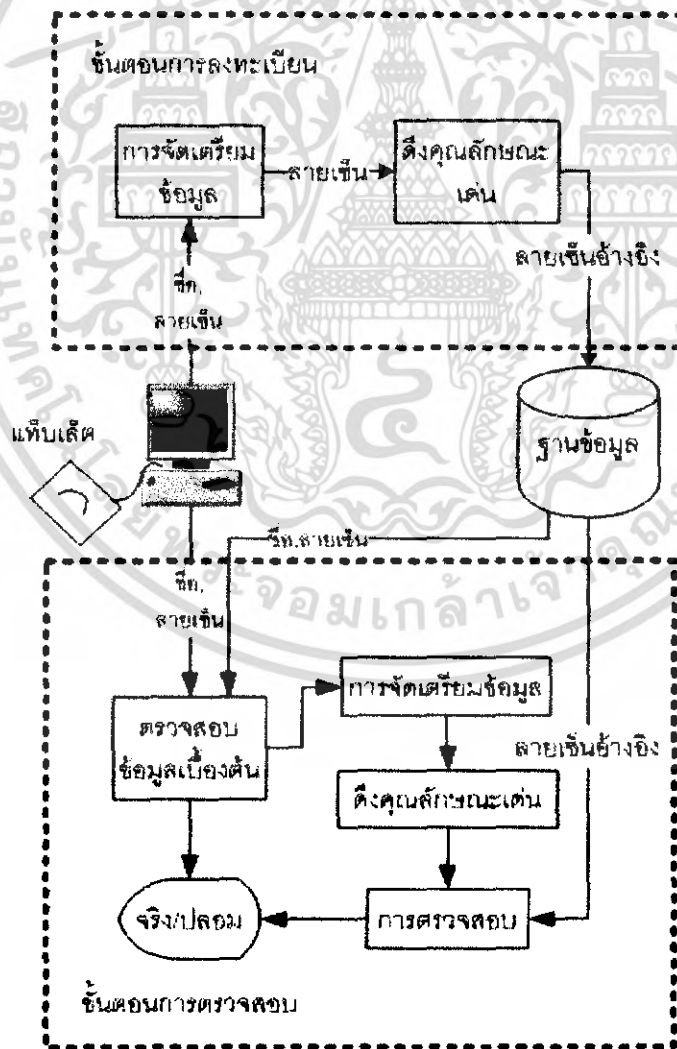
โดย  $\eta$  คือ ค่าขีดแบ่งจากการคำนวณระยะทางแบบยุคกลิตที่เลือก

$U_k$  คือ ค่าระยะยุคกลิตรวมของลายเซ็นอ้างอิง

$V_k$  คือ ค่าระยะยุคกลิตรวมของลายเซ็นทดสอบ

$\| \cdot \|$  คือ ระยะทางแบบยุคกลิต

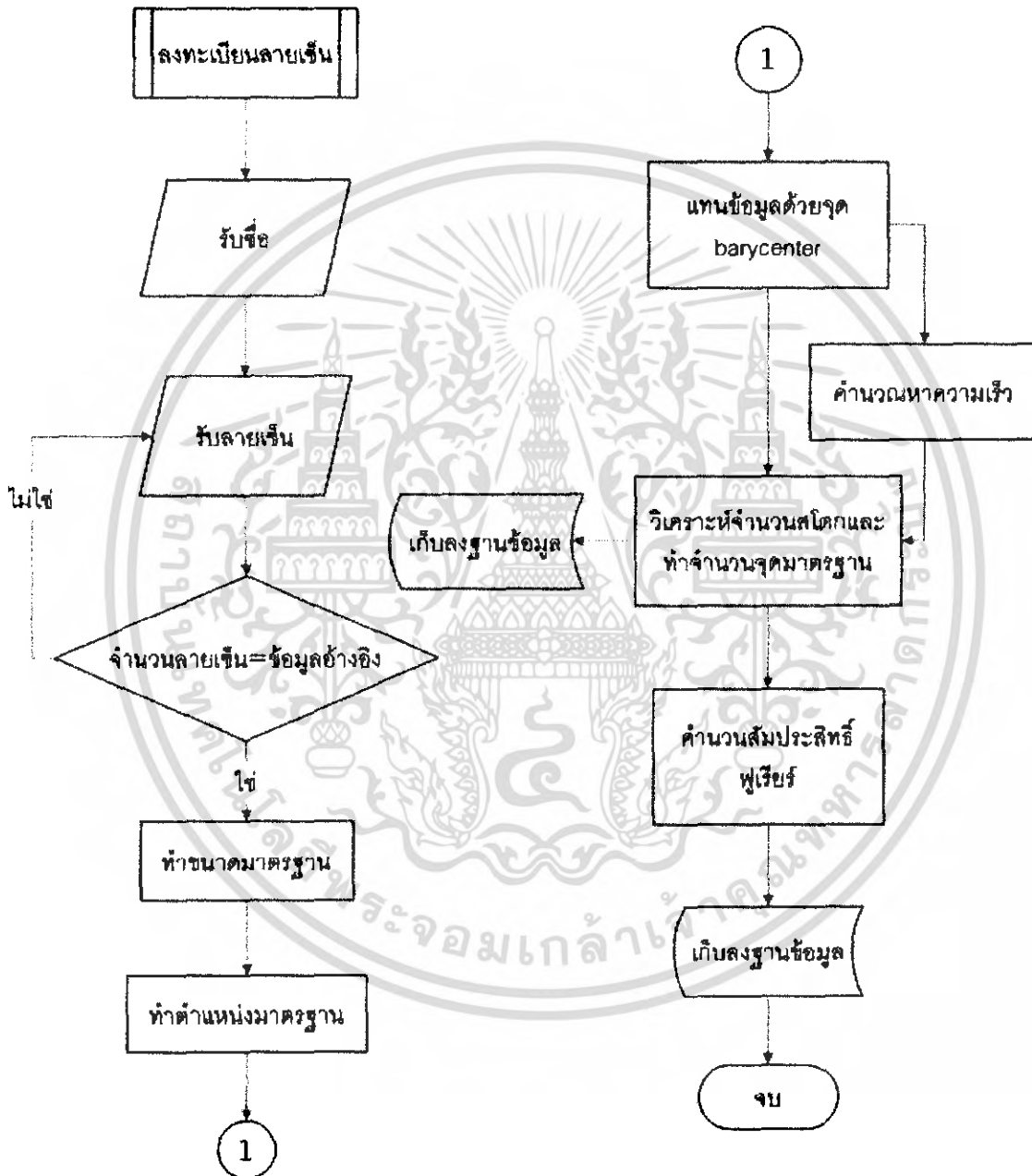
จากการกระบวนการทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถนำมาใช้ในการออกแบบระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจสอบลายเซ็นได้ดัง รูปที่ 3.10



เอกสารนี้รูปที่3.10 แสดงระบบการทำงานทั้งหมดของการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์ เอกสารนี้...  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะแบ่งออกเป็นระบบย่อย 2 ระบบ คือ

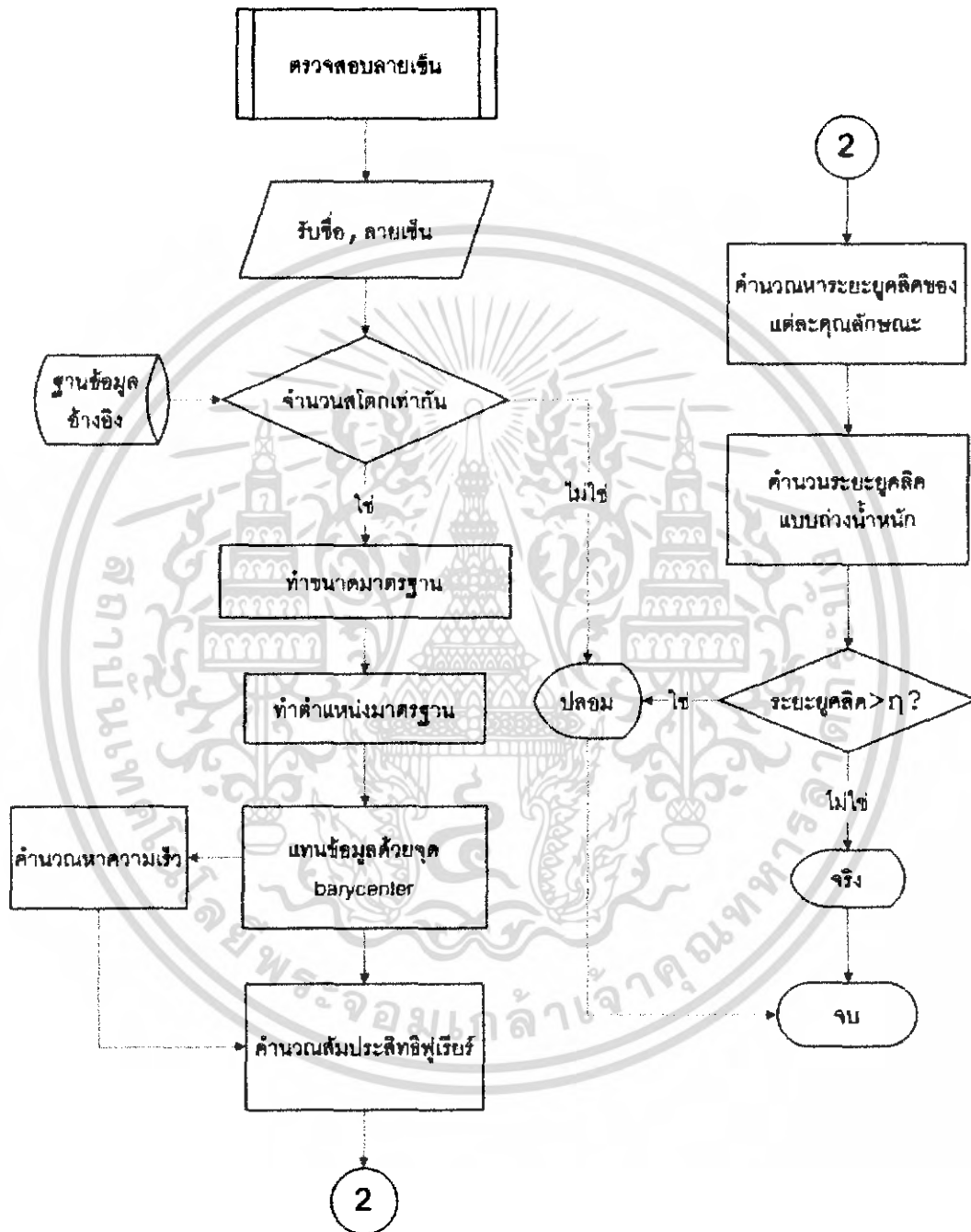
1. ระบบการลงทะเบียน คือ เป็นระบบที่ใช้ในการเก็บลายเซ็นสงวนข้อมูล สามารถแสดงผังงาน ได้ดังนี้



รูปที่ 3.11 ผังงานแสดงขั้นตอนการลงทะเบียนลายเซ็นของสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบการตรวจสอบ คือ เป็นระบบที่ใช้ในการตรวจสอบว่าลายเซ็นที่เข้าทดสอบนั้นเป็นลายเซ็นจริงที่เซ็นโดยเจ้าของหรือเป็นลายเซ็นปลอมที่เซ็นโดยบุคคลอื่น สามารถแสดงฟังก์ชันได้ดังนี้



รูปที่ 3.12 ฟังก์ชันแสดงขั้นตอนการตรวจสอบลายเซ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและการวิเคราะห์

#### 4.1 ฐานข้อมูล

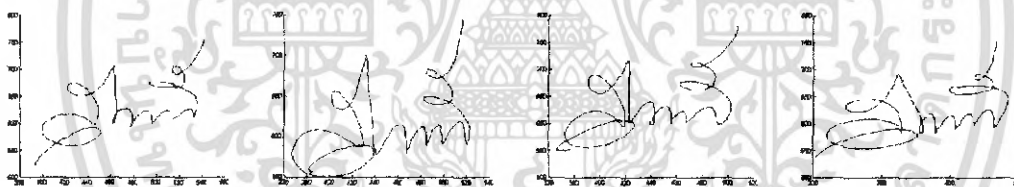
เมื่อทำการเซ็นลายเซ็นลงบนอุปกรณ์ที่เรียกว่าแท็บเล็ตแล้วข้อมูลจะถูกจัดเก็บลงบนฐานข้อมูลในรูปแบบแท็กไฟล์ โดยจะทำการแบ่งกลุ่มของฐานข้อมูลลายเซ็นออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ลายเซ็นจากบุคคลทั่วไปในช่วงระยะเวลาที่ต่างกันจากบุคคล 10 บุคคล บุคคลละ 40 ลายเซ็น รวมทั้งหมด 400 ลายเซ็น

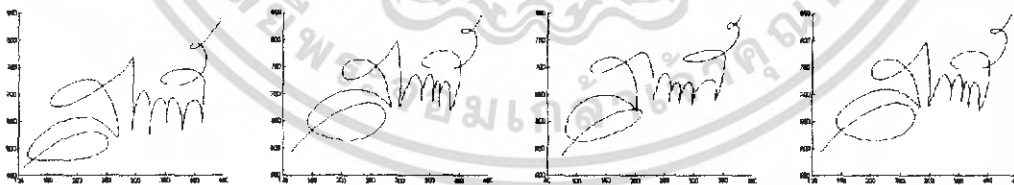
2. ลายเซ็นปลอม 800 ลายเซ็น ซึ่งประกอบด้วยลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป กับ ลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ อย่างละ 400 ลายเซ็น

#### 4.2 การทดลอง

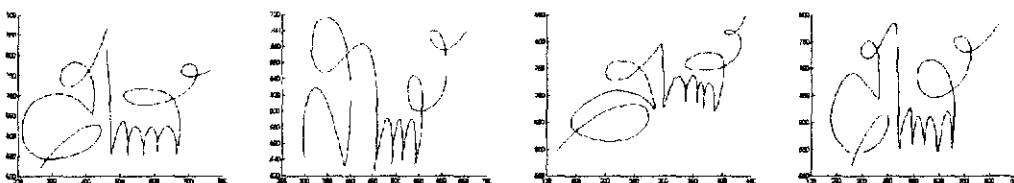
##### 4.2.1 ตัวอย่างลายเซ็น



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างลายเซ็นจริง A



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ A



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ตัวอย่างลายเซ็นของบุคคลอื่นสามารถดูได้ในภาคผนวก

#### 4.2.2 ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบลายเซ็นโดยใช้วิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของลายเซ็น

1. นำข้อมูลที่ได้จากแท็บเล็ตซึ่งจะอยู่ในรูปโคออดิเนต  $XY$  มาผ่านกระบวนการจัดเตรียมข้อมูลโดยในกระบวนการนี้หลังจากจบขั้นตอนการแทนข้อมูลด้วยจุดบาร์เซ็นเตอร์แล้วจะทำการดึงข้อมูลความเร็วออกมาก่อน จากนั้นจึงนำข้อมูลเดิมซึ่งอยู่ในรูปโคออดิเนต  $XY$  กับข้อมูลความเร็วมาทำขั้นตอนการกำหนดจำนวนข้อมูลมาตรฐาน

2. นำข้อมูลมาเข้ากระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น โดยคุณลักษณะเด่นที่ได้จะประกอบด้วยคุณลักษณะเด่นของวิธีการเคลื่อนที่ และ คุณลักษณะเด่นของความเร็ว

3. นำข้อมูลลายเซ็นจริงจำนวน 40 ลายเซ็น ข้อมูลลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปจำนวน 40 ลายเซ็น และ ข้อมูลลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 40 ลายเซ็น มาทำการวิเคราะห์หาแบบยูคลิดกับลายเซ็นอ้างอิง จำนวน 5 ลายเซ็น

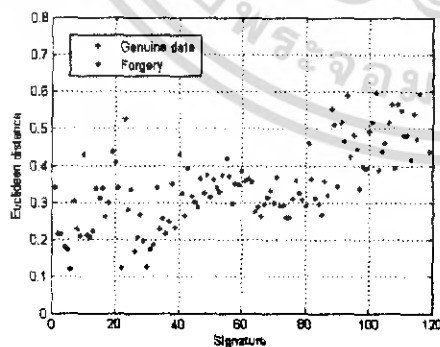
4. นำข้อมูลระยะห่างที่ได้ซึ่งจะอยู่ใน 2 รูปแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น มาทำการปรับออคเตอร์ แล้วจึงนำค่าระยะห่างของวิธีการเคลื่อนที่ กับ ค่าระยะห่างของความเร็ว มาทำการรวมกันเพื่อให้ได้ค่าระยะห่างรวม

5. จากนั้นนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระยะแบบยูคลิด และ ทำการวัดประสิทธิภาพของระบบ

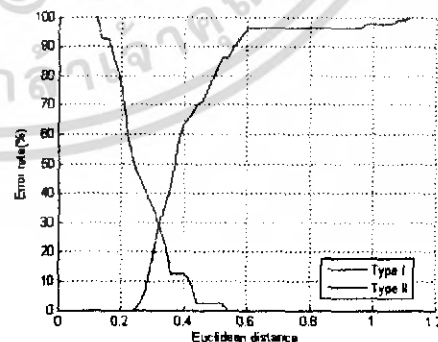
#### 4.2.3 ประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของลายเซ็น

##### 4.2.3.1 การใช้ข้อมูลวิธีการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียวในการตรวจสอบลายเซ็น

ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมของลายเซ็น B



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

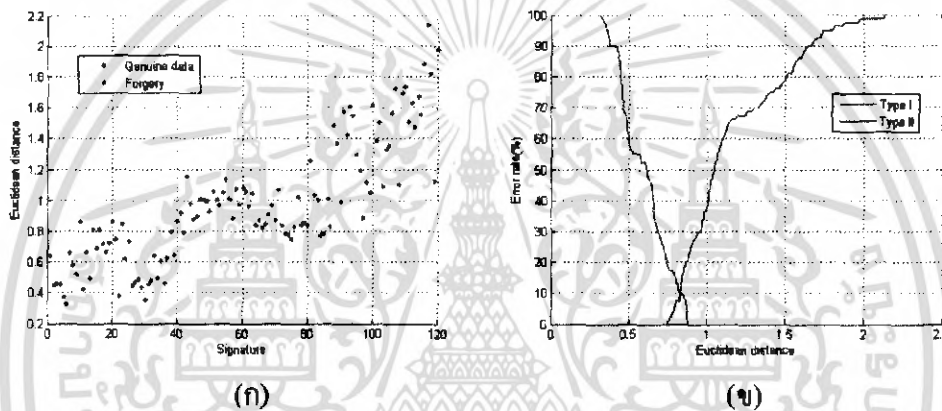
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมลายเซ็น B โดยใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	80	30	28.75	0.32

#### 4.2.3.2 การใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่และความเร็วในการตรวจสอบลายเซ็น

ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมของลายเซ็น B



รูปที่ 4.5 ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมลายเซ็น B โดยใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่และความเร็ว

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	80	10	7.5	0.82

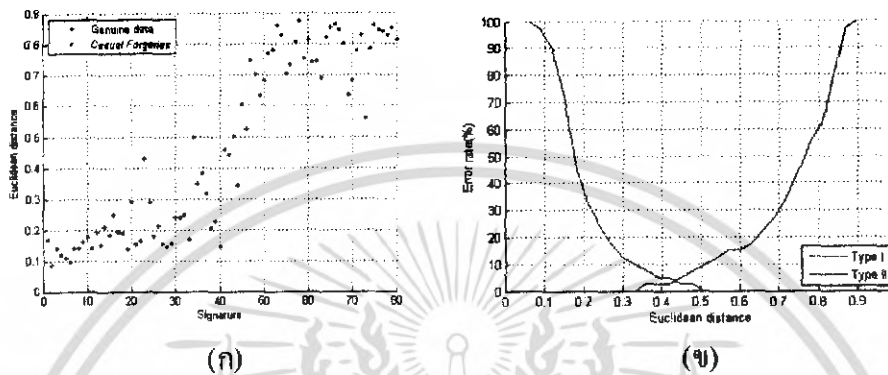
จากตัวอย่างในข้อ 4.2.3.1 กับ 4.2.3.2 จะเห็นได้ว่าค่าผิดพลาดประเภท 1 และ 2 ของลายเซ็น B โดยใช้วิถีการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียวมีค่าเท่ากับร้อยละ 30 กับร้อยละ 28.75 ตามลำดับ ส่วนค่าผิดพลาดประเภท 1 และ 2 ของลายเซ็น B โดยใช้วิถีการเคลื่อนที่และ ความเร็วในการตรวจสอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 10 กับร้อยละ 7.5 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่และ ความเร็วในการตรวจสอบลายเซ็นร่วมกันจะมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียวในการตรวจสอบลายเซ็น ดังนั้น ในโครงการนี้จึงใช้ข้อมูลวิถีการเคลื่อนที่และ ความเร็วในกระบวนการตรวจสอบลายเซ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.4 ผลการทดลองตรวจสอบลายเซ็นโดยใช้วิธีการเคลื่อนที่และความเร็วของลายเซ็น

### 4.2.4.1 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น A

#### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

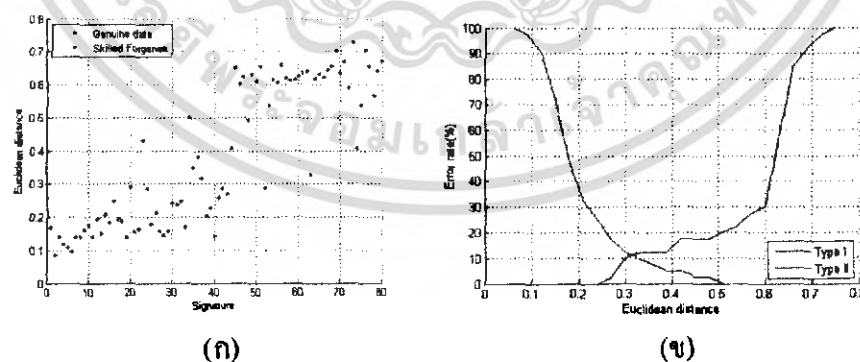


รูปที่ 4.6 ค่าระยะแบบจุดลิต (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

#### ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น A

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	2.5	0.42

#### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.7 ค่าระยะแบบจุดลิต (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

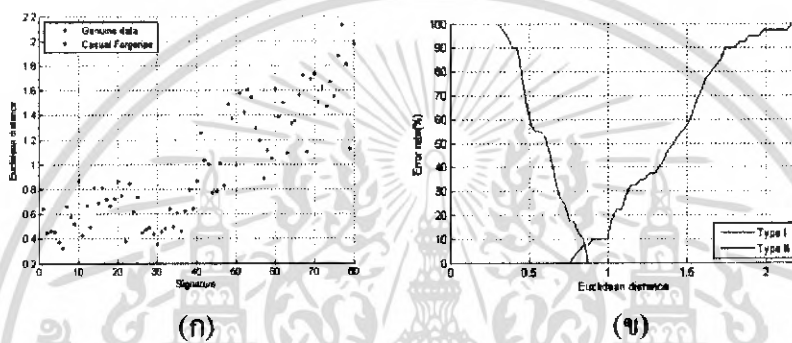
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น A

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	10	0.3

#### 4.2.4.2 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น B

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

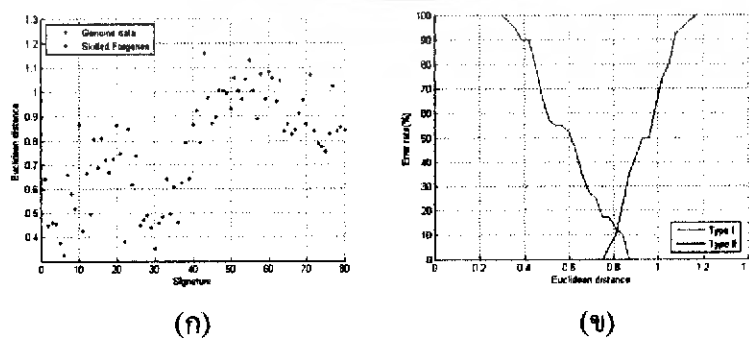


รูปที่ 4.8 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น B

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	10	7.5	0.84

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.9 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

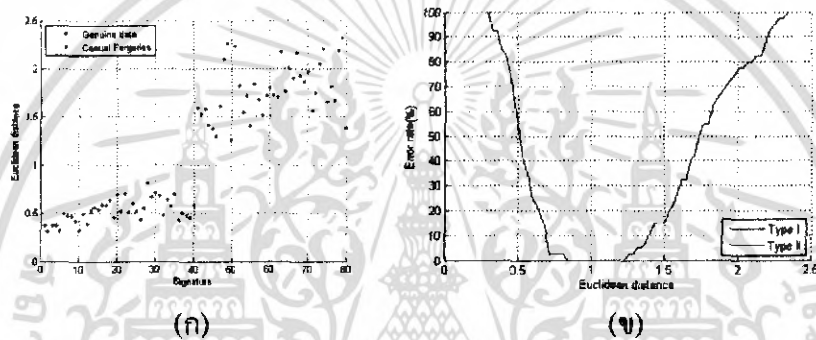
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น B

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	10	0.81

#### 4.2.4.3 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น C

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

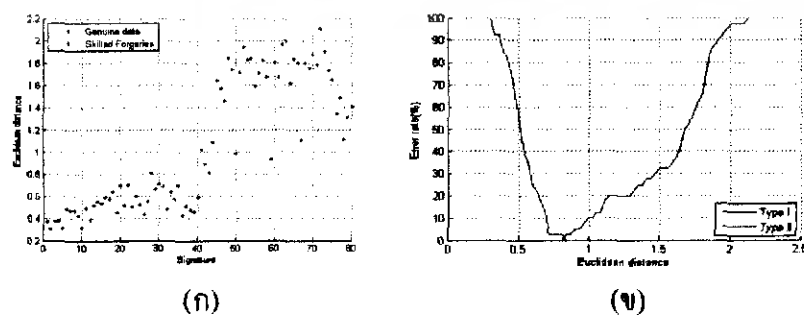


รูปที่ 4.10 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.7 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น C

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	2.5	0	0.81

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.11 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

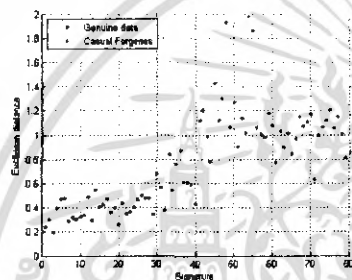
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น C

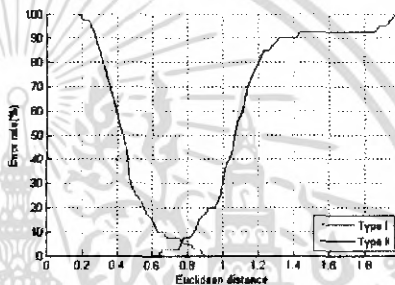
ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	2.5	0	0.81

#### 4.2.4.4 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น D

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป



(ก)



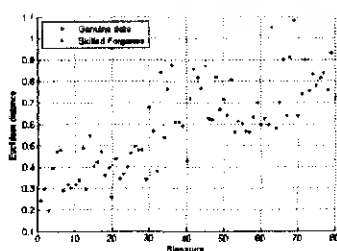
(ข)

รูปที่ 4.12 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

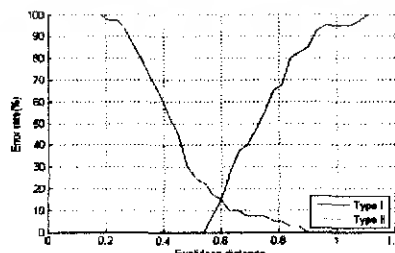
ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น D

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	7.5	2.5	0.75

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.13 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

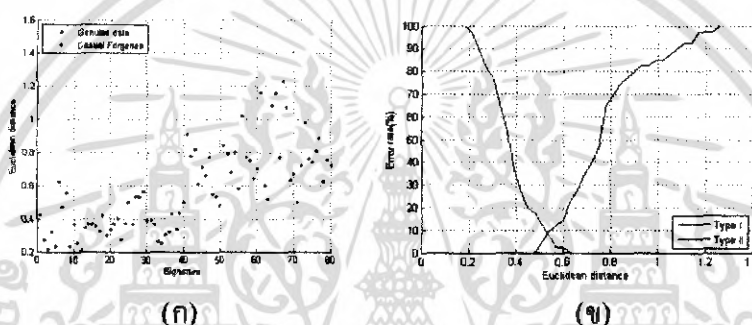
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น D

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	17.5	7.5	0.57

#### 4.2.4.5 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น E

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

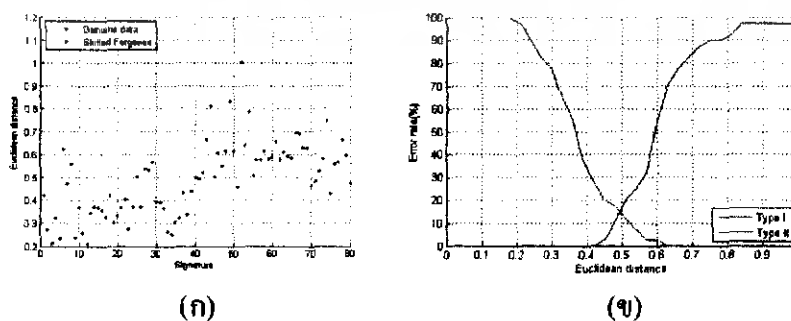


รูปที่ 4.14 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.11 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น E

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		H
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	5	0.51

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.15 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

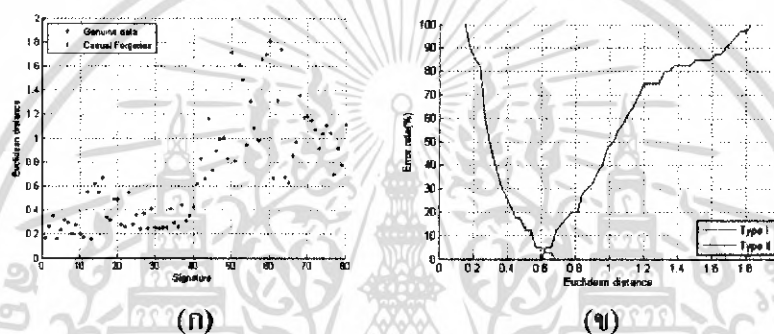
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น E

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	17.5	10	0.48

#### 4.2.4.6 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น F

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

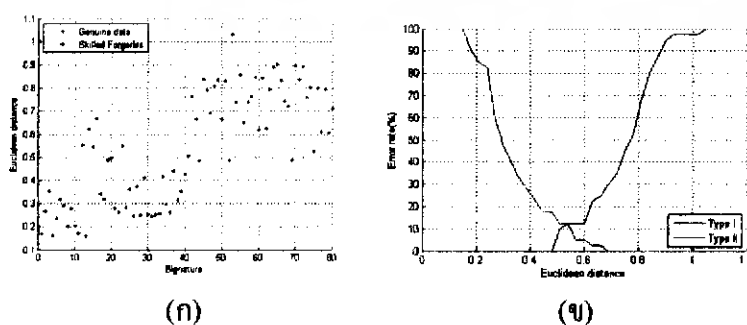


รูปที่ 4.16 ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.13 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น F

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	0	0.6

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.17 ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

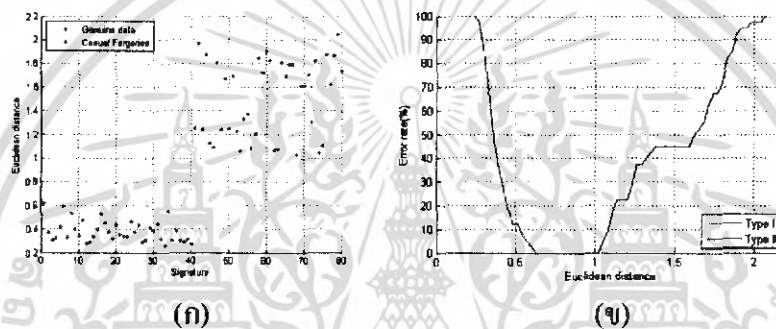
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น F

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	10	0.51

#### 4.2.4.7 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น G

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

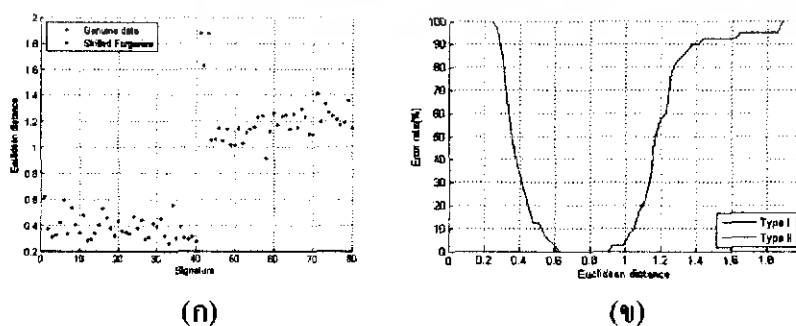


รูปที่ 4.18 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.15 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น G

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	2.5	0	0.6

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.19 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

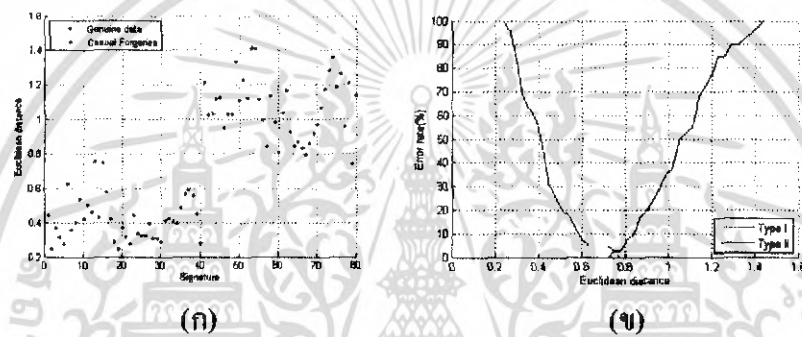
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูยาดไหนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น G

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	2.5	0	0.6

#### 4.2.4.8 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น H

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

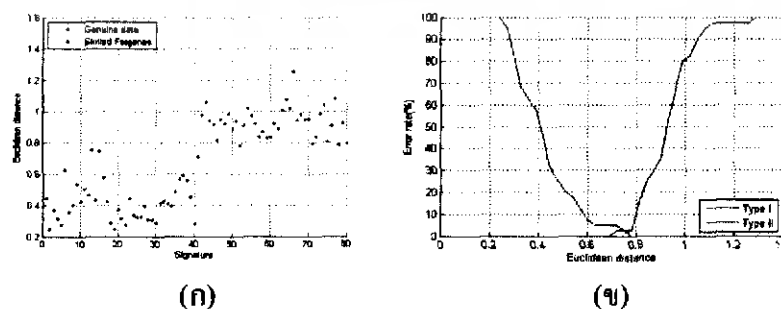


รูปที่ 4.20 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.17 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น H

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		$\eta$
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	0	0.72

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.21 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

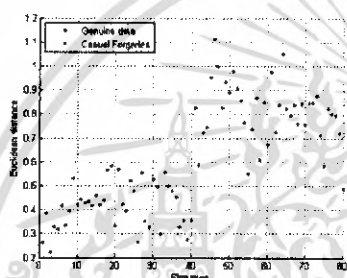
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น H

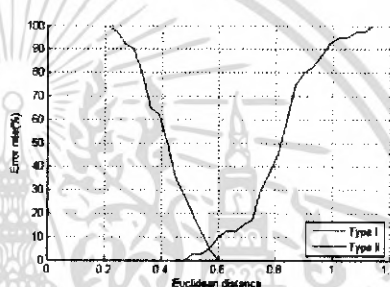
ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	2.5	0.72

#### 4.2.4.9 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น I

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป



(ก)



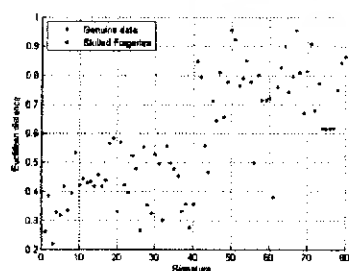
(ข)

รูปที่ 4.22 ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

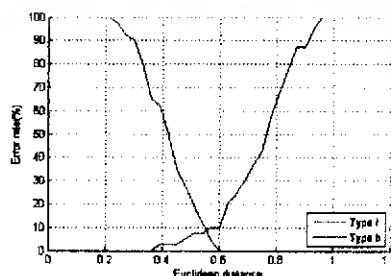
ตารางที่ 4.19 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น I

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	2.5	0.54

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.23 ค่าระยะแบบยุคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

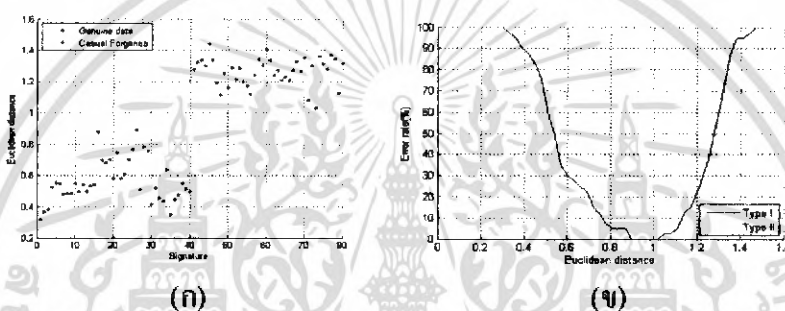
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น I

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	12.5	7.5	0.54

#### 4.2.4.10 ผลการเปรียบเทียบลายเซ็น J

##### 1. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไป

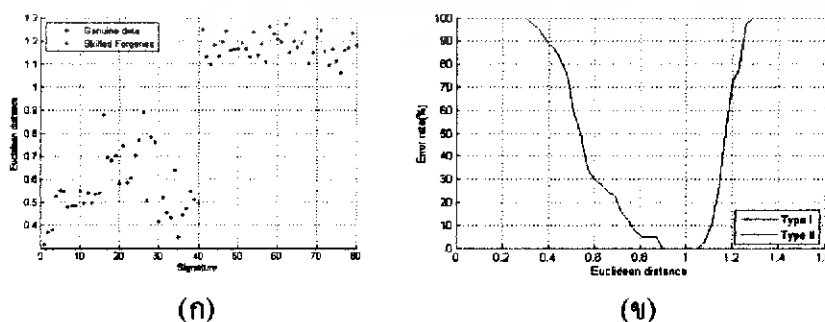


รูปที่ 4.24 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

ตารางที่ 4.21 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงทั่วไปกับลายเซ็น J

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม ทั่วไป	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	0	0.87

##### 2. ผลการเปรียบเทียบลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ



รูปที่ 4.25 ค่าระยะแบบยูคลิด (ก) กับค่าการวัดประสิทธิภาพของระบบ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการตรวจสอบลายเซ็นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญกับลายเซ็น J

ลายเซ็นจริง		ลายเซ็นปลอม จากผู้เชี่ยวชาญ	ค่าผิดพลาด (%)		η
อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
5	40	40	5	0	0.87

ตารางที่ 4.23 แสดงการสรุปค่าข้อมูลทั้งหมด

ลายเซ็น	จำนวนลายเซ็นจริง		จำนวน ลายเซ็นปลอม	ค่าผิดพลาด (%)		η
	อ้างอิง	ทดสอบ		ประเภท 1	ประเภท 2	
<b>ลายเซ็นปลอมทั่วไป</b>						
A	5	40	40	5	2.5	0.42
B	5	40	40	10	7.5	0.84
C	5	40	40	2.5	0	0.81
D	5	40	40	7.5	2.5	0.75
E	5	40	40	12.5	5	0.51
F	5	40	40	5	0	0.6
G	5	40	40	2.5	0	0.6
H	5	40	40	5	0	0.72
I	5	40	40	12.5	2.5	0.54
J	5	40	40	5	0	0.87
<b>ค่าเฉลี่ย</b>				<b>6.75</b>	<b>2</b>	
<b>ลายเซ็นปลอมจากผู้เชี่ยวชาญ</b>						
A	5	40	40	12.5	10	0.3
B	5	40	40	12.5	10	0.81
C	5	40	40	2.5	0	0.81
D	5	40	40	17.5	7.5	0.57
E	5	40	40	17.5	10	0.48
F	5	40	40	12.5	10	0.51
G	5	40	40	2.5	0	0.6
H	5	40	40	5	2.5	0.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงการสรุปค่าข้อมูลทั้งหมด

I	5	40	40	12.5	7.5	0.54
J	5	40	40	5	0	0.87
<b>ค่าเฉลี่ย</b>				<b>10</b>	<b>5.75</b>	

#### 4.3 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเอาคุณลักษณะเด่นของวิธีการเคลื่อนที่และคุณลักษณะเด่นของความเร็วในการเข็นลายเส้นมาใช้ในการตรวจสอบลายเส้นเพื่อให้สามารถตรวจจับลายเส้นปลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าได้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของระบบอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ โดยที่ค่าอัตราความผิดพลาดในการปฏิเสธบุคคลจริงจะมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.75 สำหรับลายเส้นปลอมแบบทั่วไป แต่จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 10 สำหรับลายเส้นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ และ อัตราความผิดพลาดในการยอมรับบุคคลปลอมแปลง จะเท่ากับร้อยละ 2 สำหรับลายเส้นปลอมแปลงทั่วไป แต่จะมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.75 สำหรับลายเส้นปลอมแปลงจากผู้เชี่ยวชาญ โดยเมื่อนำค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดประเภท 1 และ 2 ที่ได้จกลายเส้นปลอมทั่วไปกับลายเส้นปลอมจากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยจะได้เท่ากับร้อยละ 8.37 และร้อยละ 3.88 ตามลำดับ

แต่ค่าอัตราความผิดพลาดที่ได้มานั้นอาจจะยังมีความถูกต้องไม่มากนัก เนื่องจากลายเส้นปลอมบางลายเส้นนั้นผู้ปลอมแปลงขาดความชำนาญในการปลอมแปลงดังจะเห็นได้จากลายเส้นของบุคคล C กับ บุคคล J ซึ่งค่าข้อมูลลายเส้นปลอมของบุคคลทั้ง 2 มีความแตกต่างกับค่าข้อมูลลายเส้นจริงอยู่มาก

ตารางที่ 4.24 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบลายเส้น

ประเภทของลายเส้น	ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาด (%)	
	ประเภท 1	ประเภท 2
ลายเส้นปลอมทั่วไป	6.75	2
ลายเส้นปลอมจากผู้เชี่ยวชาญ	10	5.75
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>8.37</b>	<b>3.88</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินการโครงการ

โครงการนี้ได้นำเสนอระบบตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์ โดยในโครงการนี้ได้นำคุณลักษณะเด่นของลายเซ็น 2 รูปแบบ คือ วิธีการเคลื่อนที่ และ ความเร็ว ของจุดบารีเซ็นเตอร์ มาใช้ในการพิจารณาตรวจสอบลายเซ็น เนื่องจากวิธีการเคลื่อนที่เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อการตรวจสอบจึงได้นำค่าความเร็ว ซึ่งเป็นคุณสมบัติแฝงที่ยากแก่การปลอมแปลงมาใช้ในการตรวจสอบลายเซ็น จึงทำให้ระบบมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น แต่ถึงกระนั้นระบบก็ยังไม่สามารถตรวจสอบระหว่างลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากค่าลายเซ็นของบุคคลแต่ละบุคคลนั้นมีค่าความเบี่ยงเบนสูงจึงจำเป็นต้องนำลายเซ็นที่ได้มาลดความเบี่ยงเบน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ของลายเซ็นซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของลายเซ็นในแต่ละบุคคลแทน และสุดท้ายการตรวจสอบลายเซ็นสามารถกระทำได้โดยการคำนวณระยะแบบยูคลิดระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์ดังกล่าวของลายเซ็นอ้างอิงและลายเซ็นที่นำมาตรวจสอบ โดยจากการทดลองค่าเฉลี่ยความผิดพลาดประเภท 1 และประเภท 2 เท่ากับร้อยละ 8.37 และร้อยละ 3.88 ตามลำดับ

#### 5.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินการ

1. ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับการเซ็นลายเซ็นลงบนแท็บเล็ต จึงทำให้ผลที่ออกมานั้นมีความคลาดเคลื่อนอยู่พอสมควร
2. การออกแบบระบบการตรวจสอบลายเซ็นประเภทออนไลน์จำเป็นต้องศึกษาทฤษฎี และวิธีการของการตรวจสอบลายเซ็นที่ถูกต้องเสียก่อน เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการ
3. อุปกรณ์เกิดการสีกหรือเมื่อใช้งานเป็นระยะเวลาาน จึงทำให้ข้อมูลลายเซ็นที่ได้เกิดความเบี่ยงเบนไปจากเดิม

#### 5.3 แนวทางการพัฒนาโครงการต่อ

1. เพิ่มคุณลักษณะเด่นอื่นๆที่มองไม่เห็นเช่น แรงกด หรือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของปากกา เป็นต้น ลงไปในกระบวนการตรวจสอบลายเซ็นเพื่อให้ระบบสามารถแยกความแตกต่างระหว่างลายเซ็นจริงกับลายเซ็นปลอมได้ดีขึ้น
2. หาวิธีการในการวัดระยะห่างของลายเซ็นที่ได้ผลดีกว่าวิธีการหาระยะแบบยูคลิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการตรวจสอบลายเซ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำระบบการตรวจสอบลายเซ็นที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์อย่างง่าย เพื่อนำไปใช้งานจริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

Pitak Thumawarin, Takenobu Matsuura. 2003. **On-Line Writer Recognition for Thai Numeral Based on Barycenter Trajectory and Handwriting Velocity**. School of Engineering the School of Information Technology and Electronics Tokai University.

Steven C. Chapra and Raymond P. Canale. 1998. **Numerical Methods for Engineers with Programming and Software Applications - 3rd Edition**. McGraw-Hill Book Companies : Singapore.

Banshider Majhi, Y Santhosh Reddy ,D Prasanna Babu. 2006. **Novel Features for Off-line Signature Verification**, *International Journal of Computers, Communications & Control*. Volume I, No. 1, pp. 17-24.

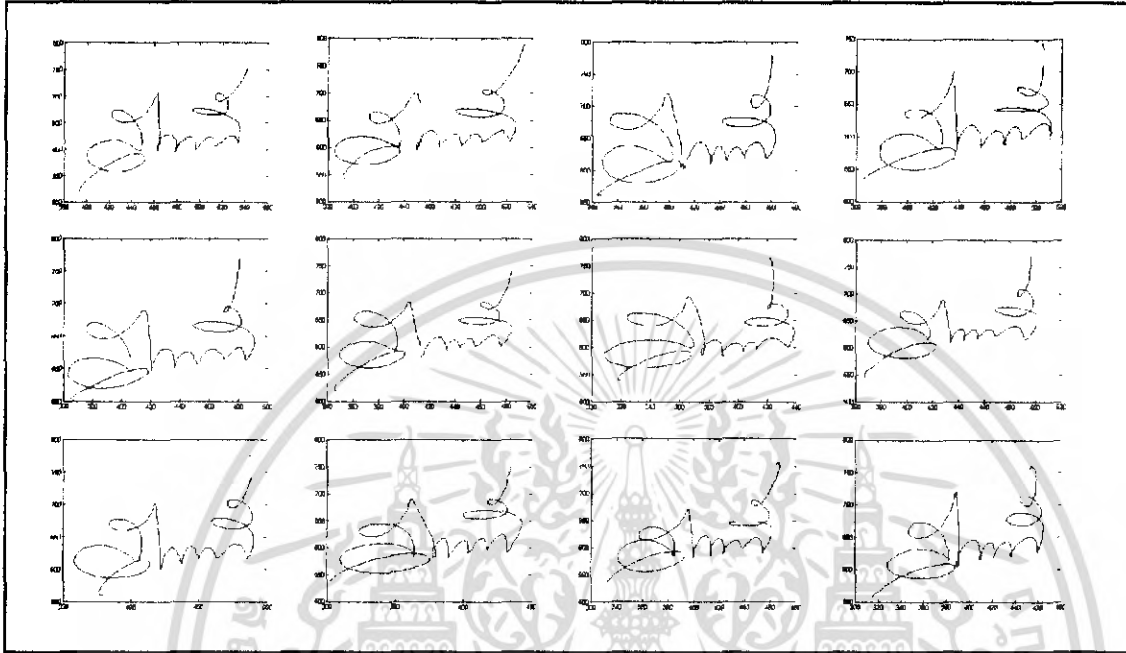
วรรณพินิต กฤษณะวานิช, วีนิง สุวิมลศุภกร. 2548. การตรวจสอบความถูกต้องของลายเซ็นประเภทออฟไลน์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

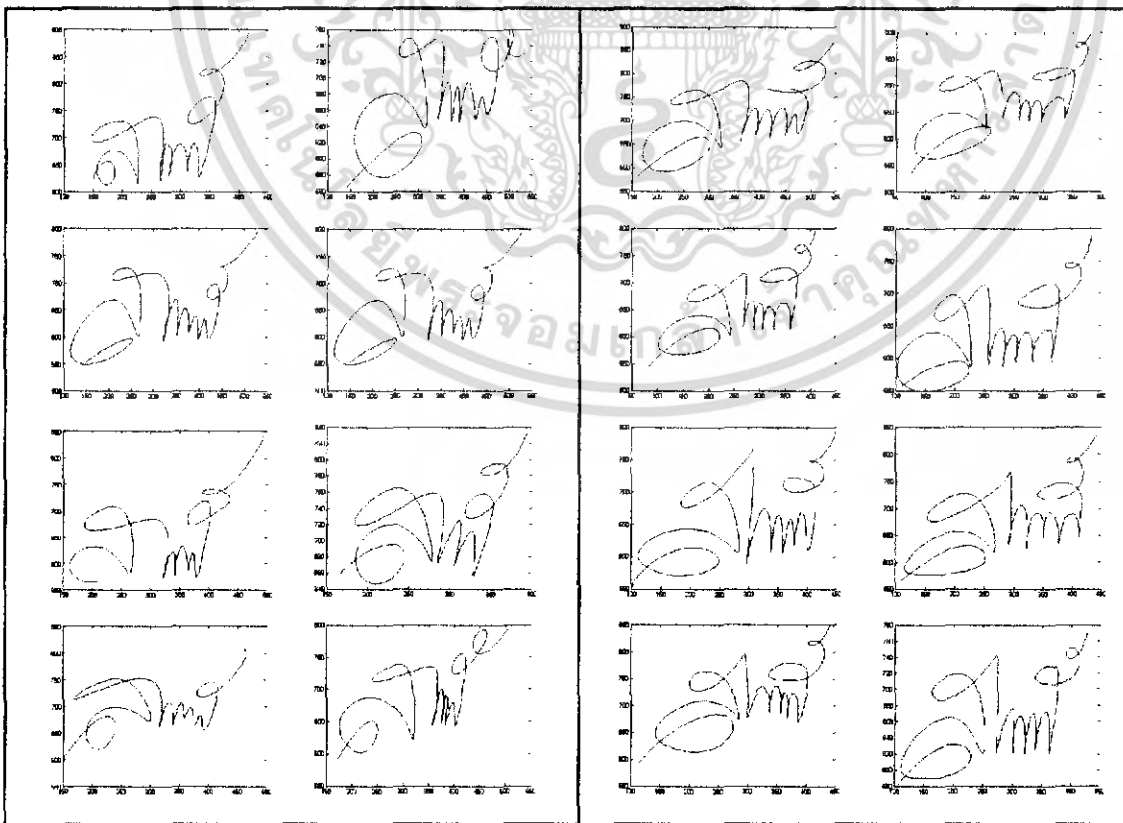
## ตัวอย่างลายเซ็นที่ใช้ในการทดลอง

ลายเซ็นต้นแบบ A



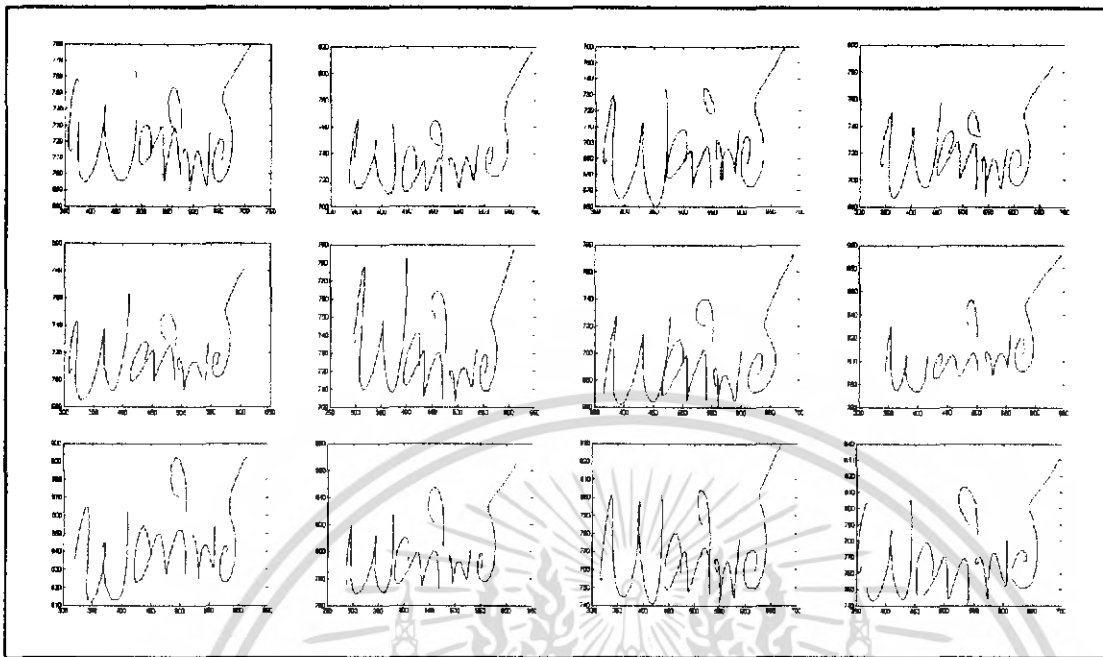
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



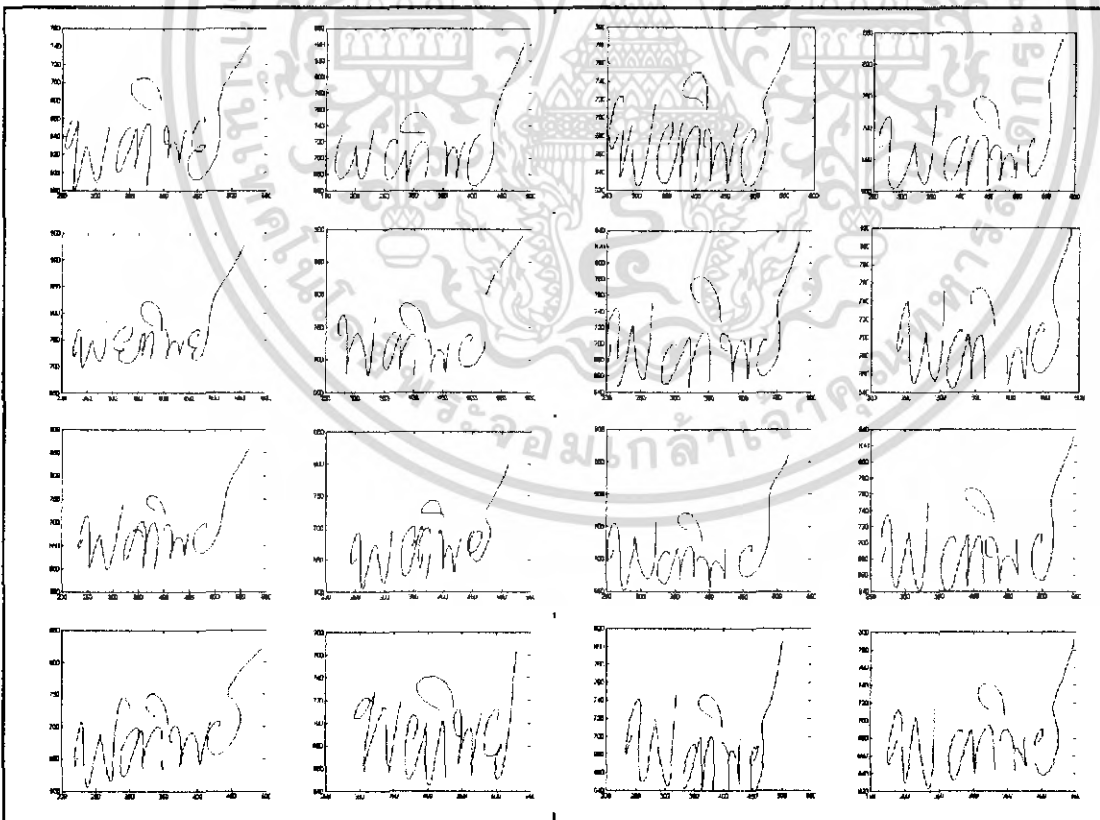
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็นต้นแบบ B



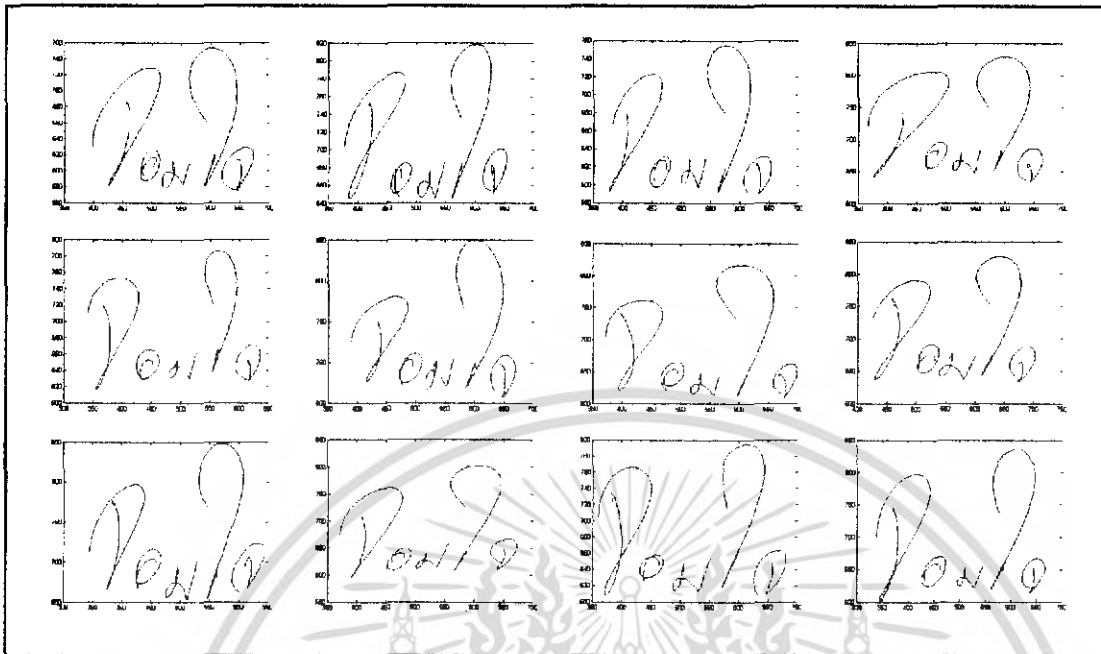
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



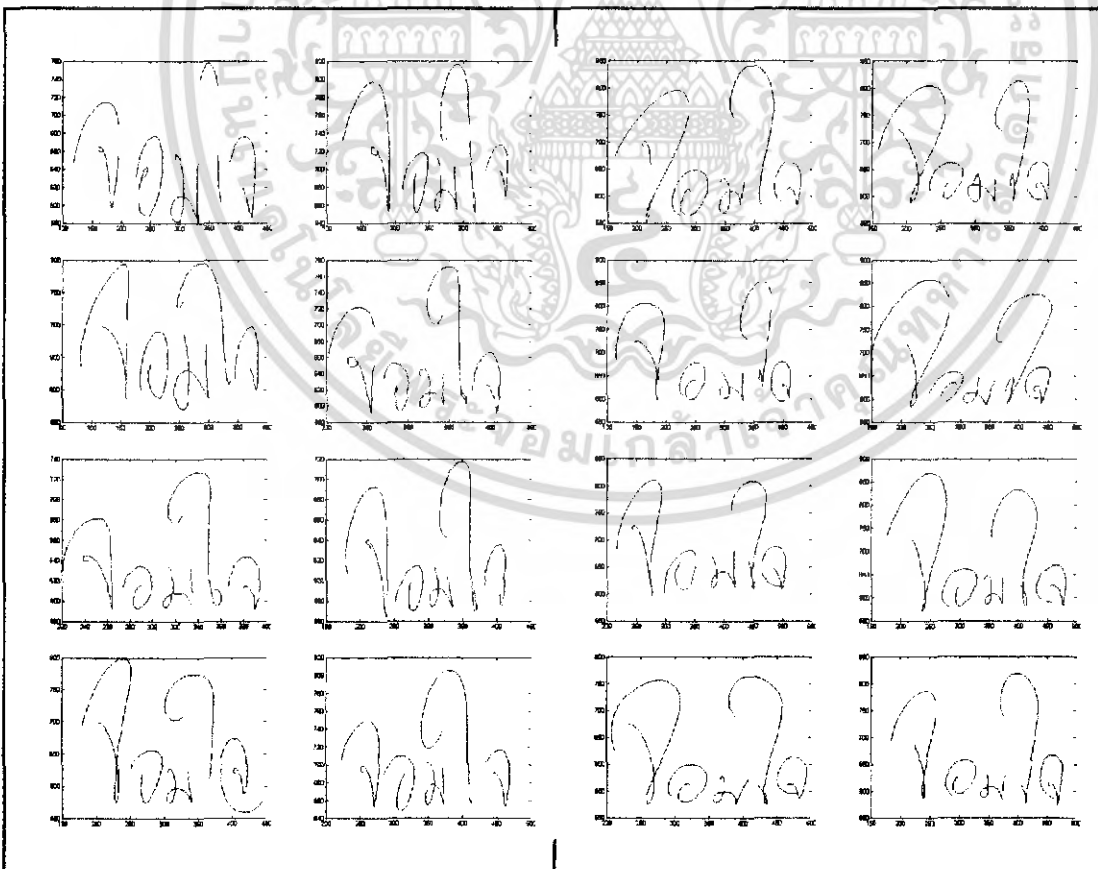
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็นต้นแบบ C



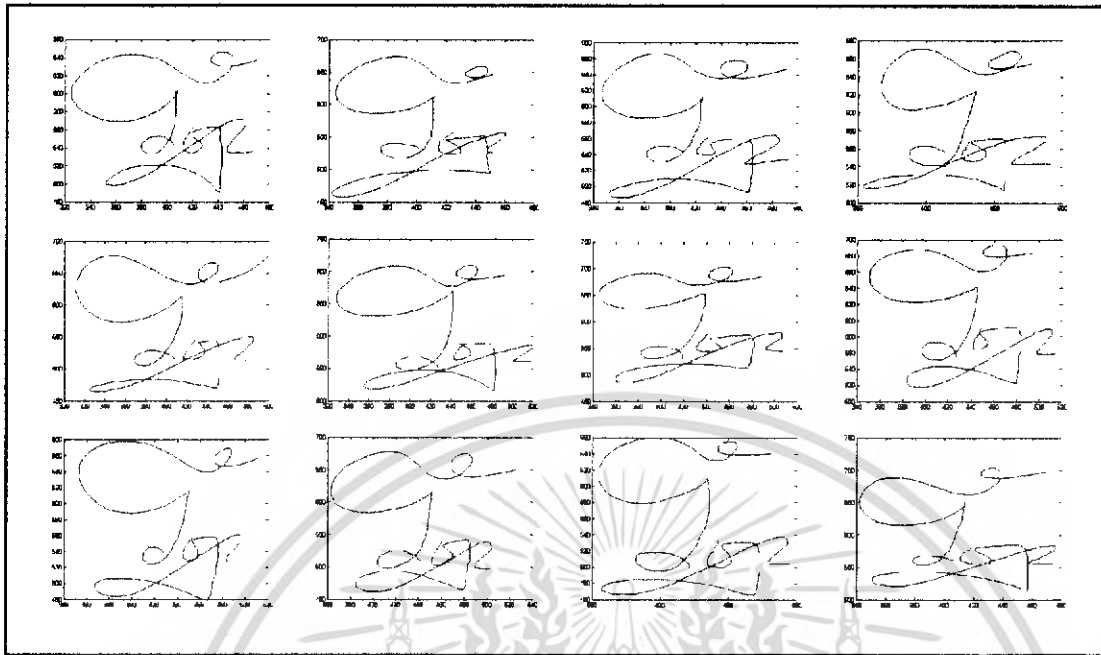
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



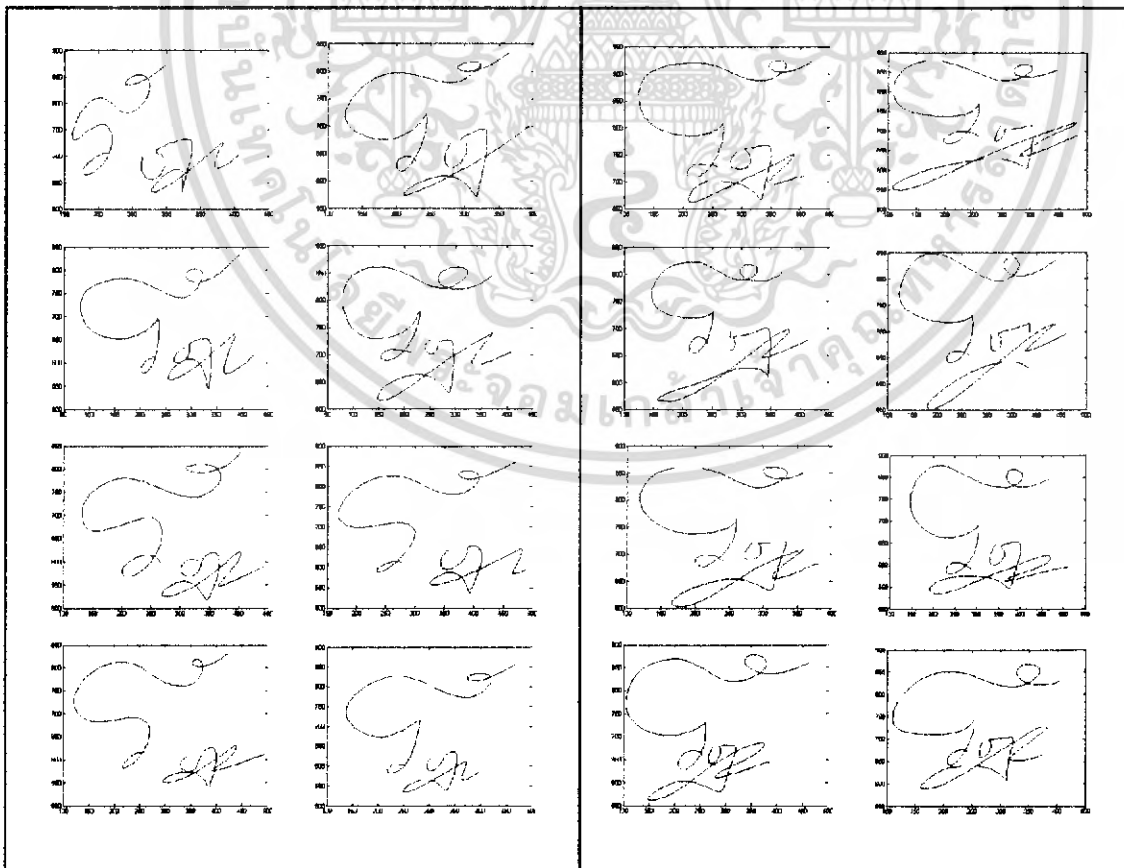
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็นต้นแบบ D



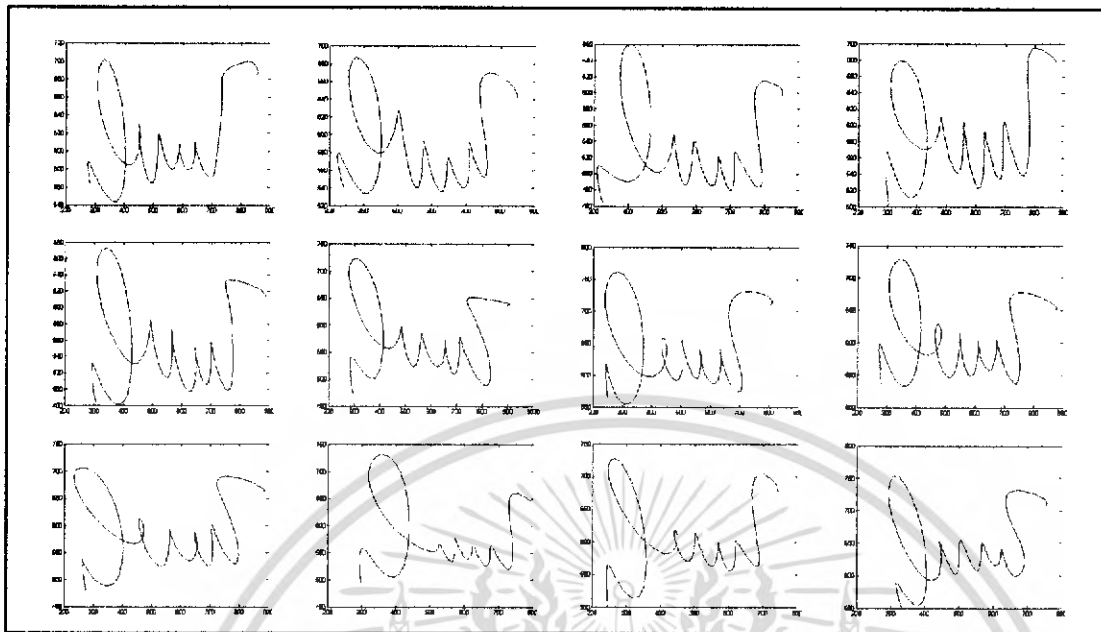
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



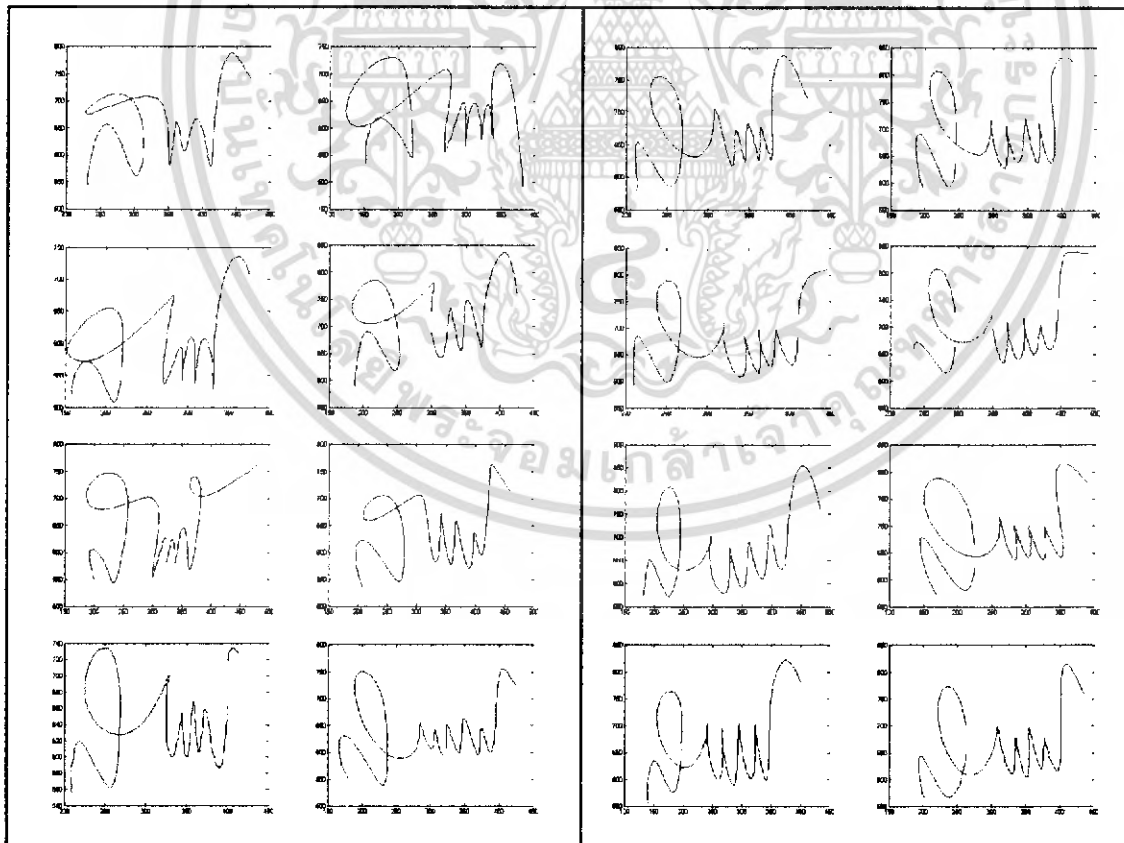
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลายเซ็นต้นแบบ E



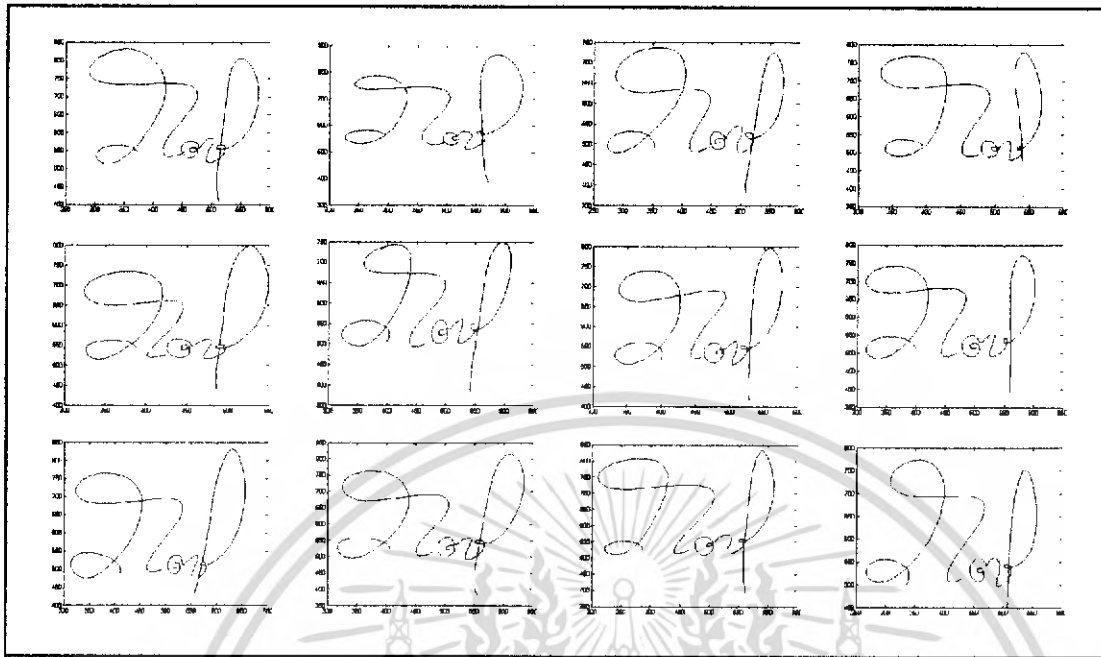
### ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

### ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



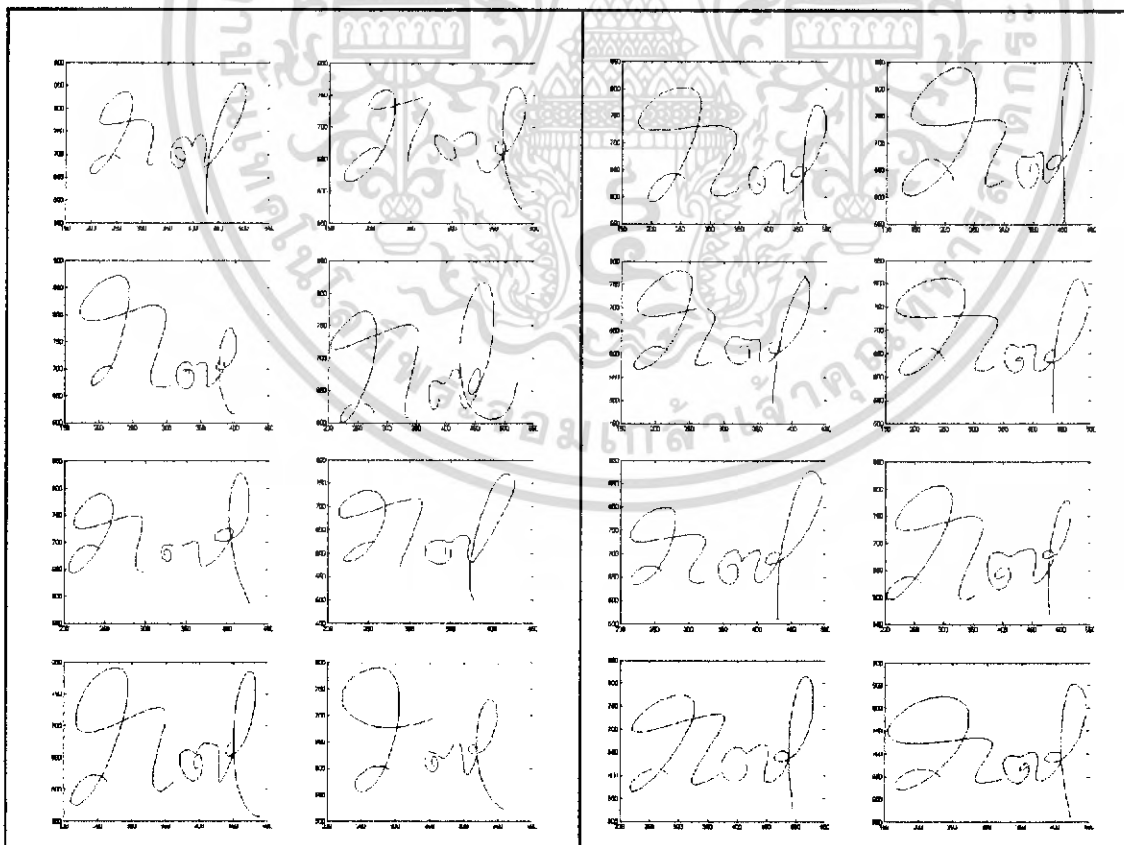
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็นต้นแบบ F



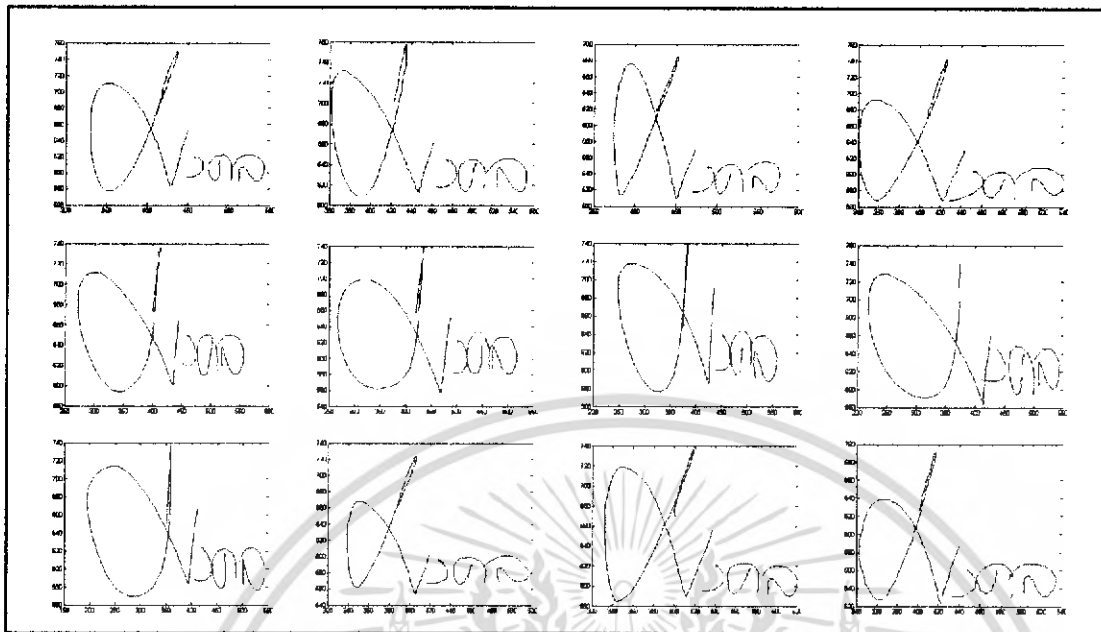
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



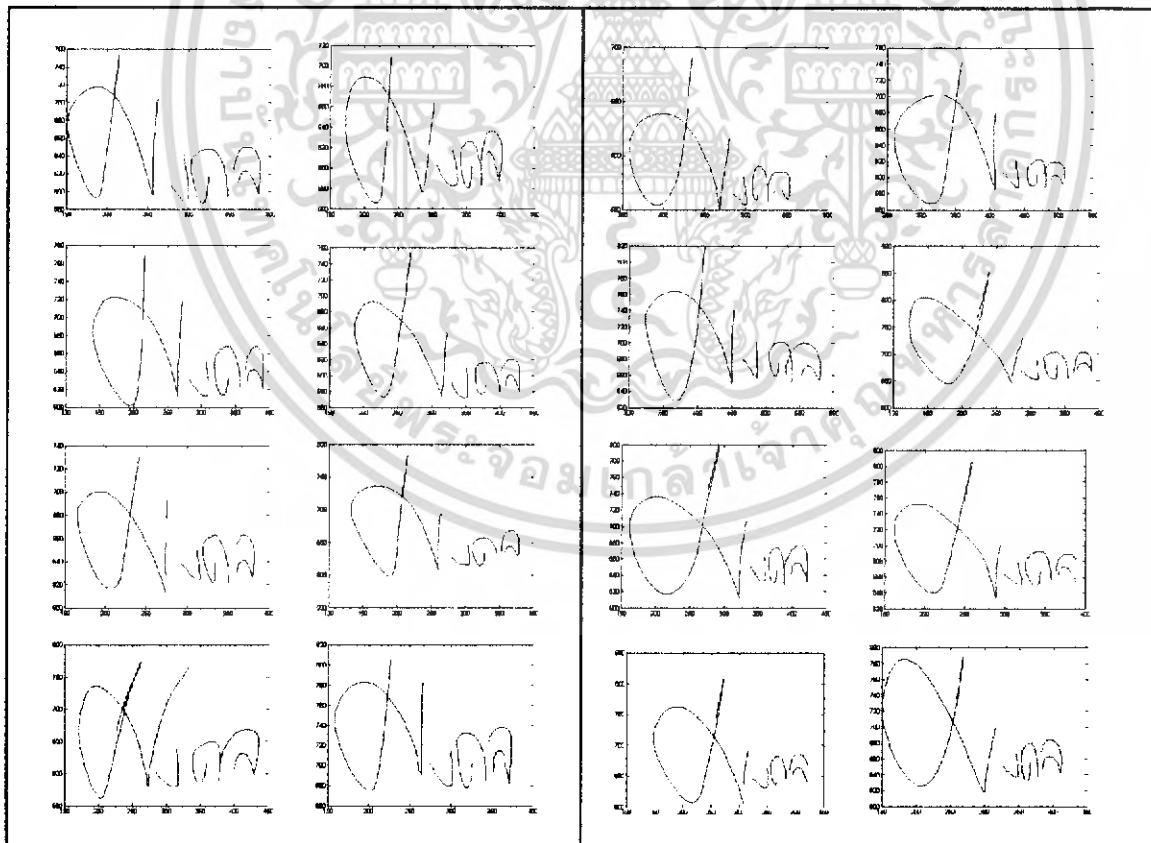
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลายเซ็นต้นแบบ G



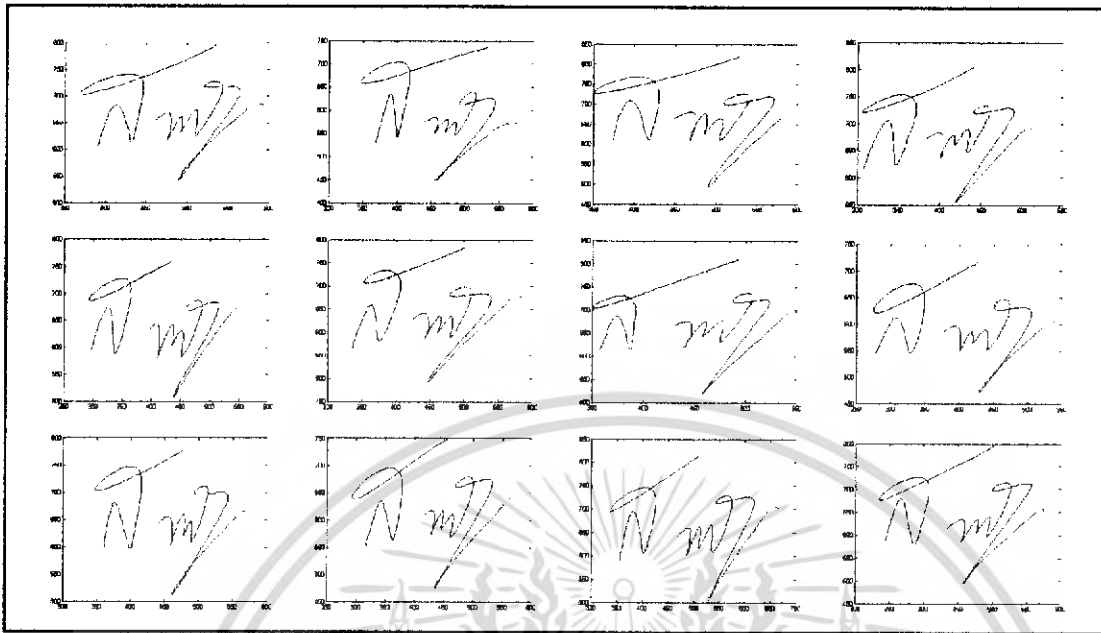
### ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

### ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



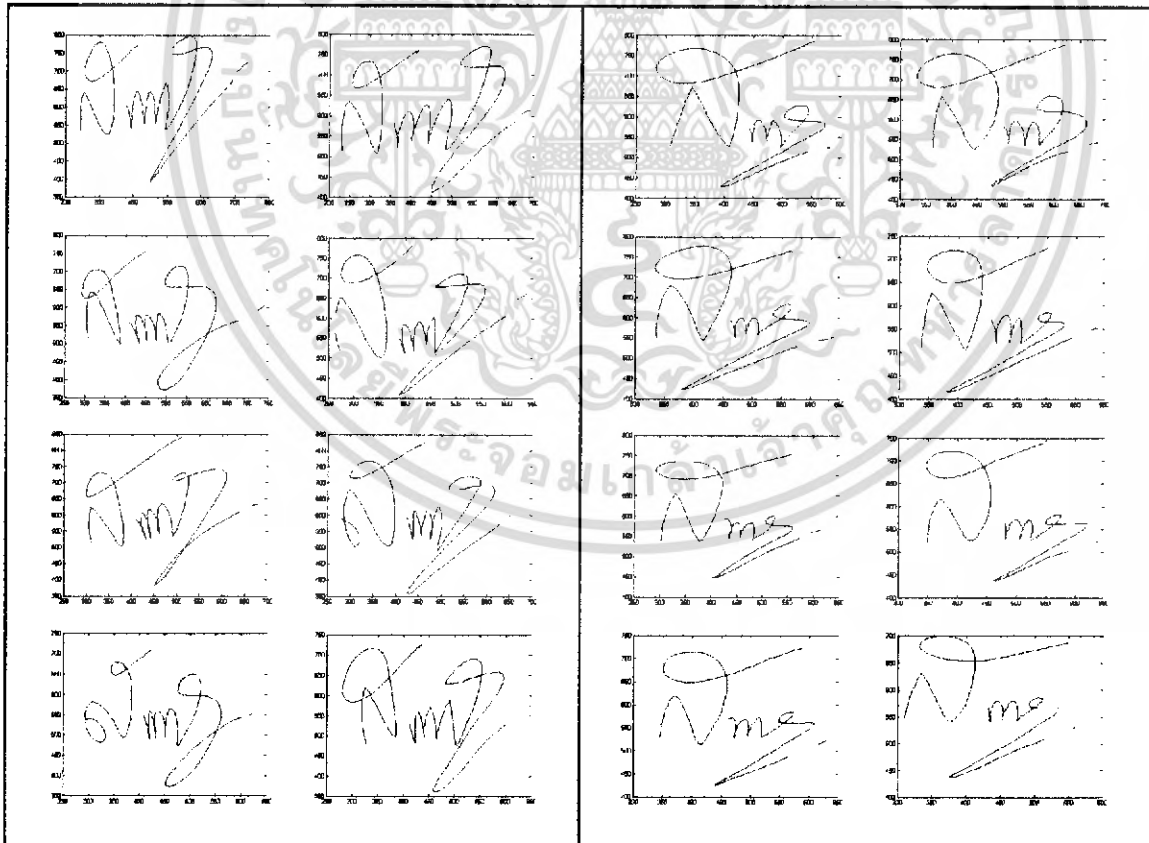
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น ต้นแบบ H



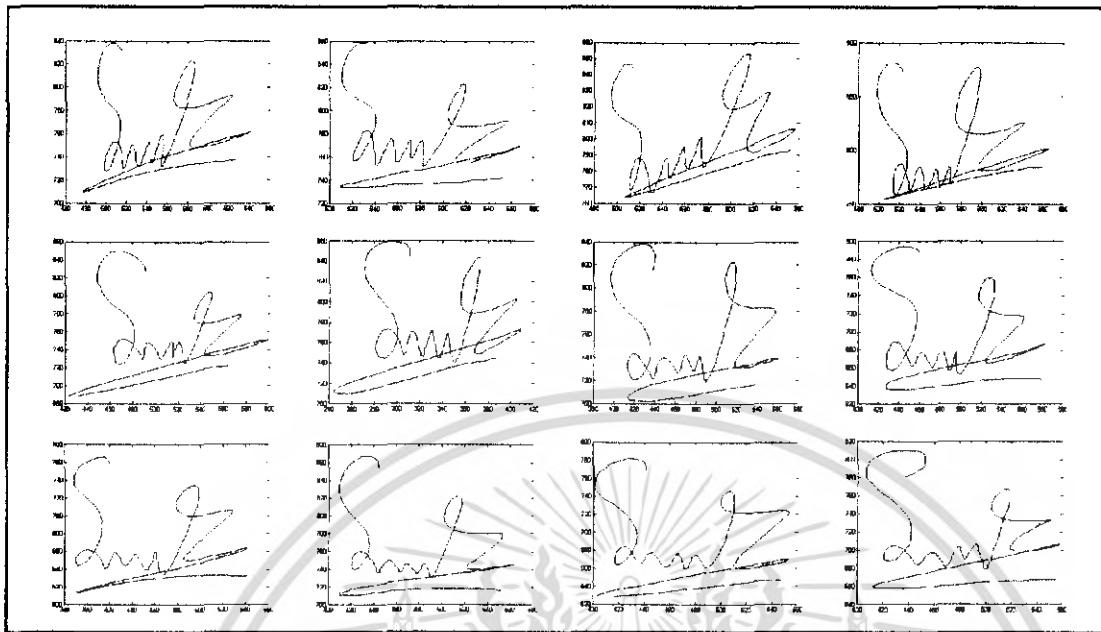
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



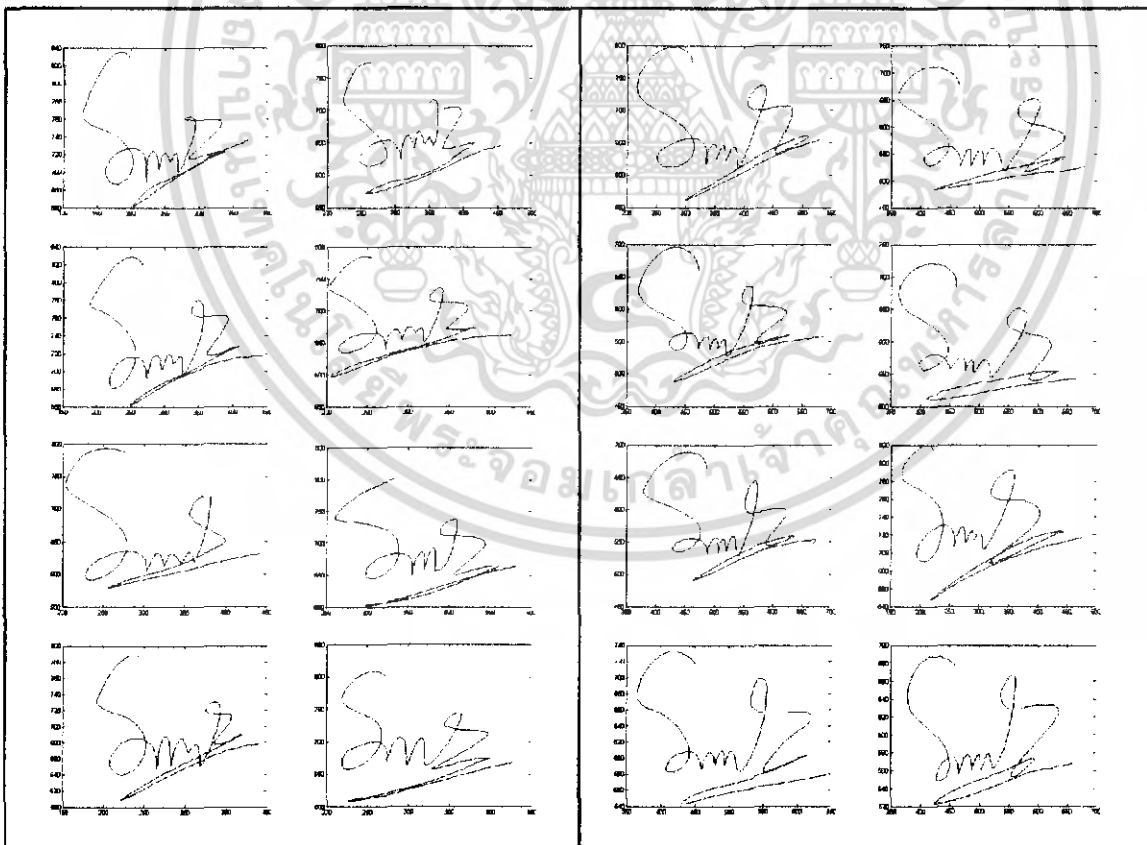
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ลายเซ็น ดันแบบ I



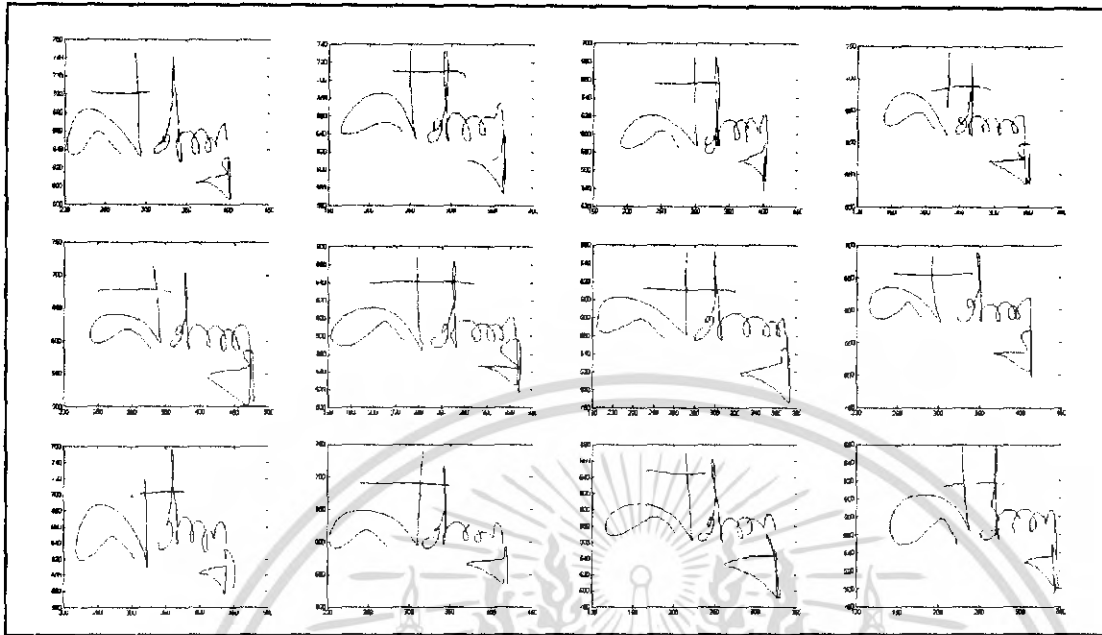
## ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

## ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



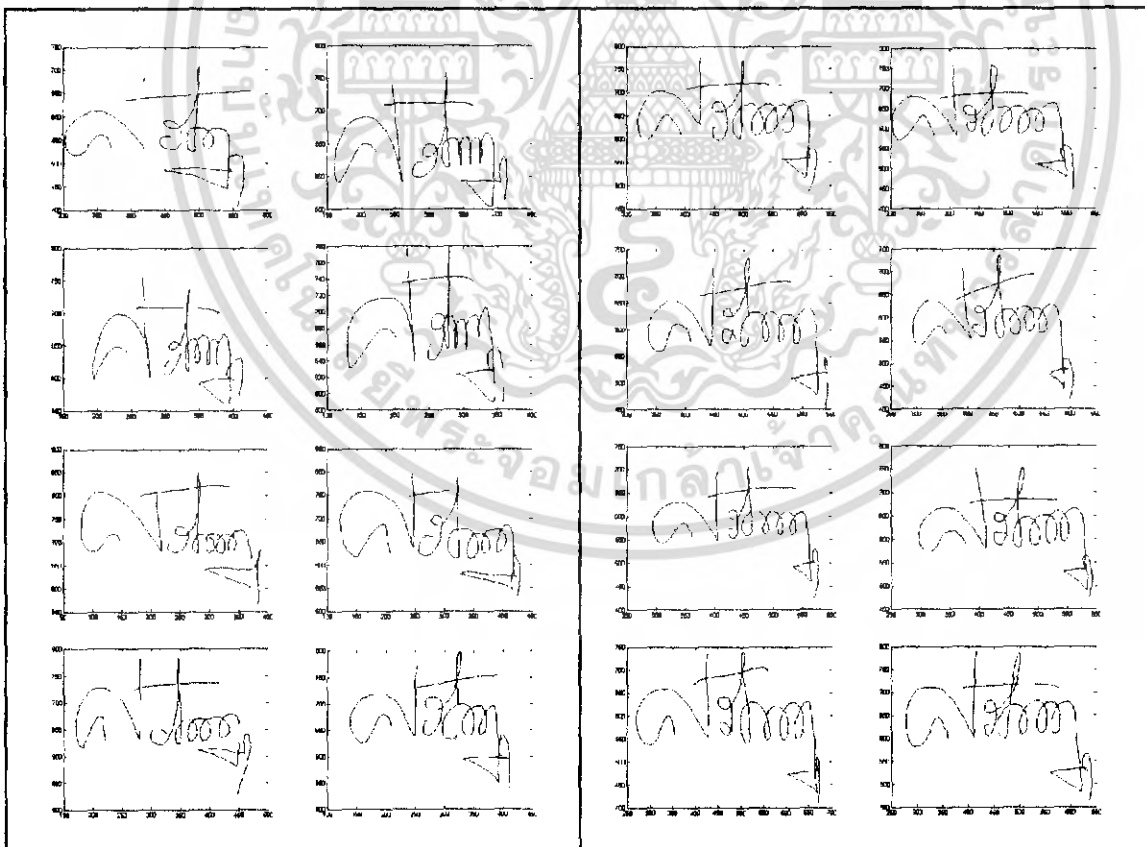
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น J



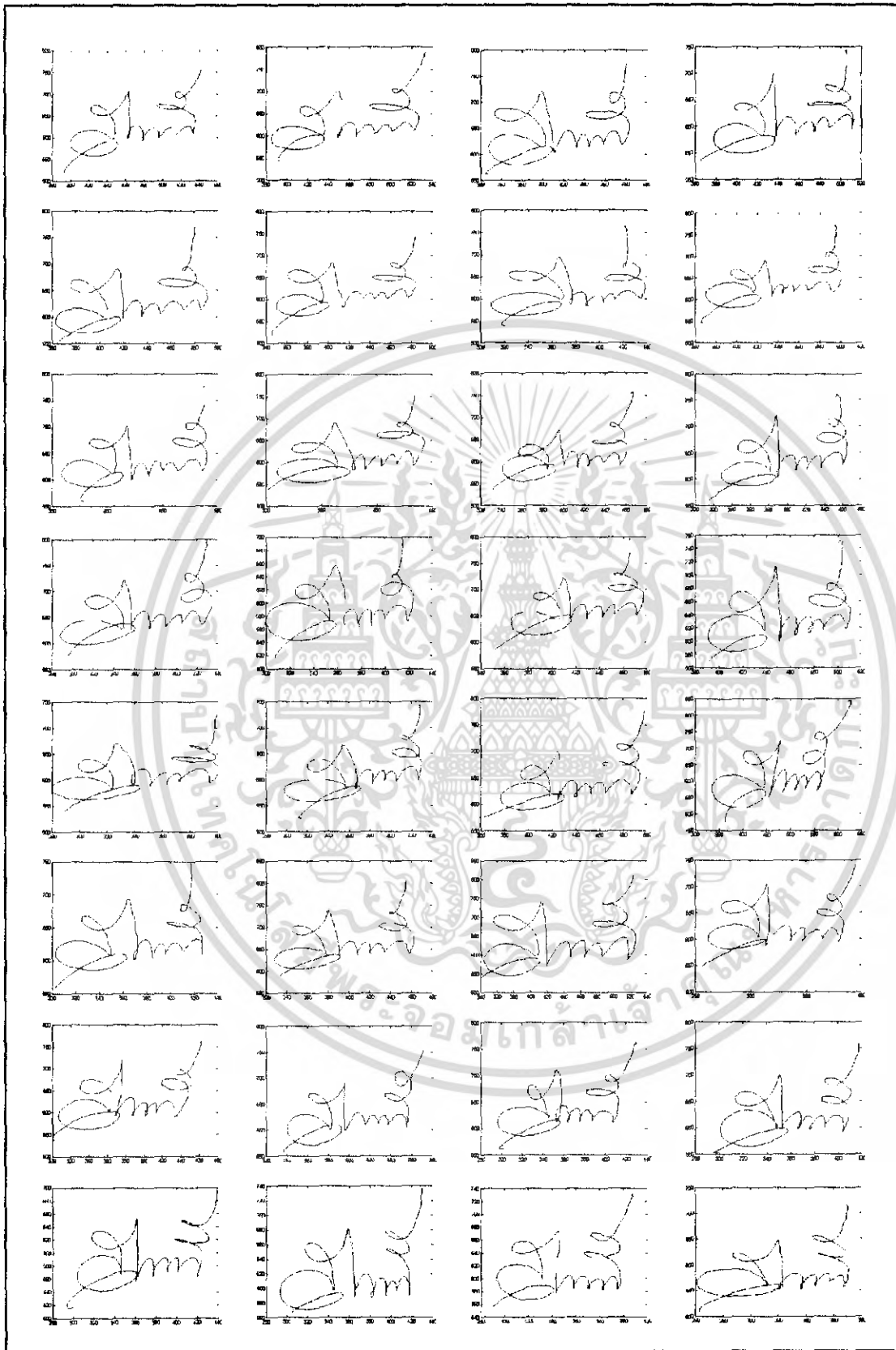
ลายเซ็นปลอมแบบทั่วไป (Casual Forgery)

ลายเซ็นปลอมอย่างมีทักษะ (Skilled Forgery)



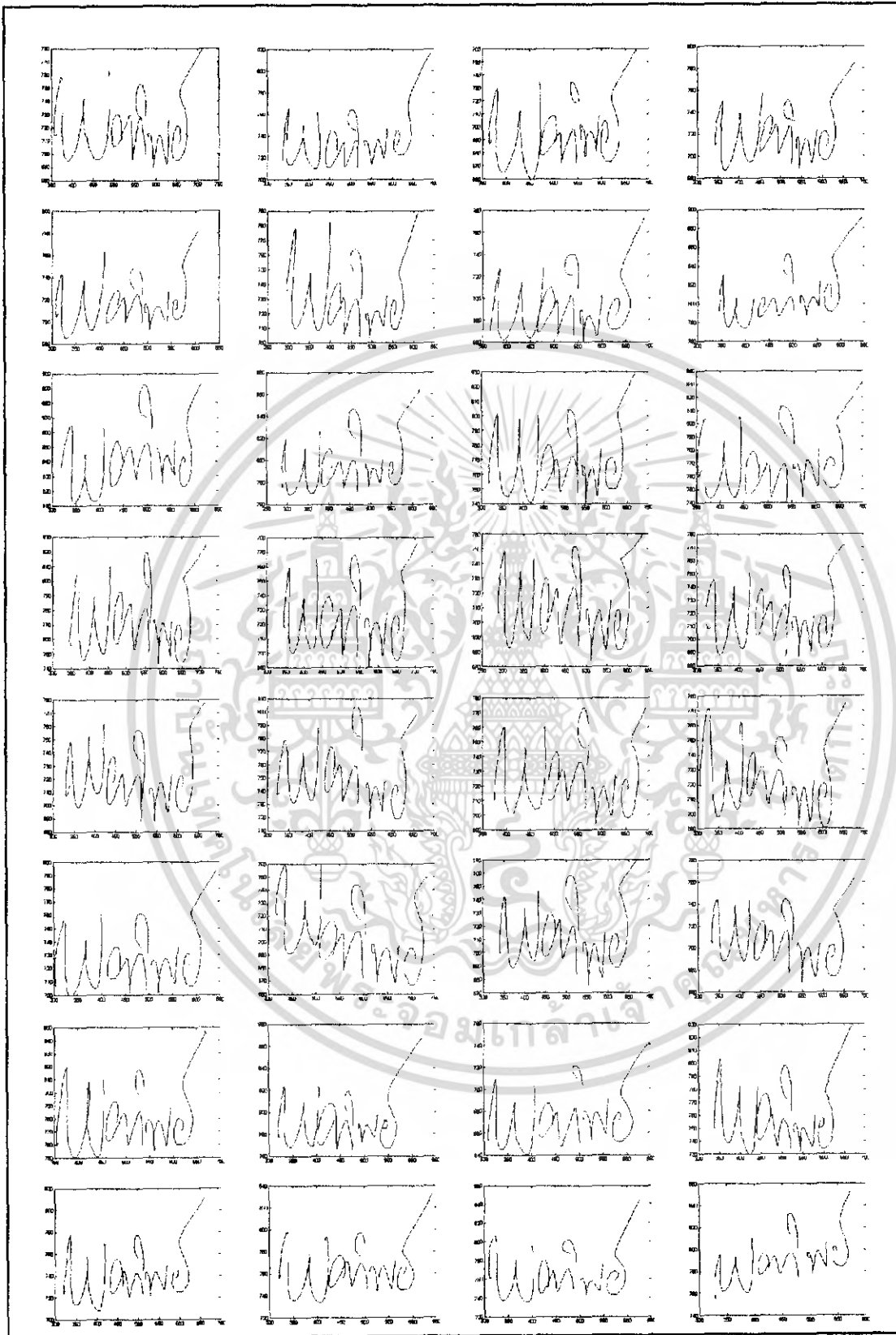
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น A



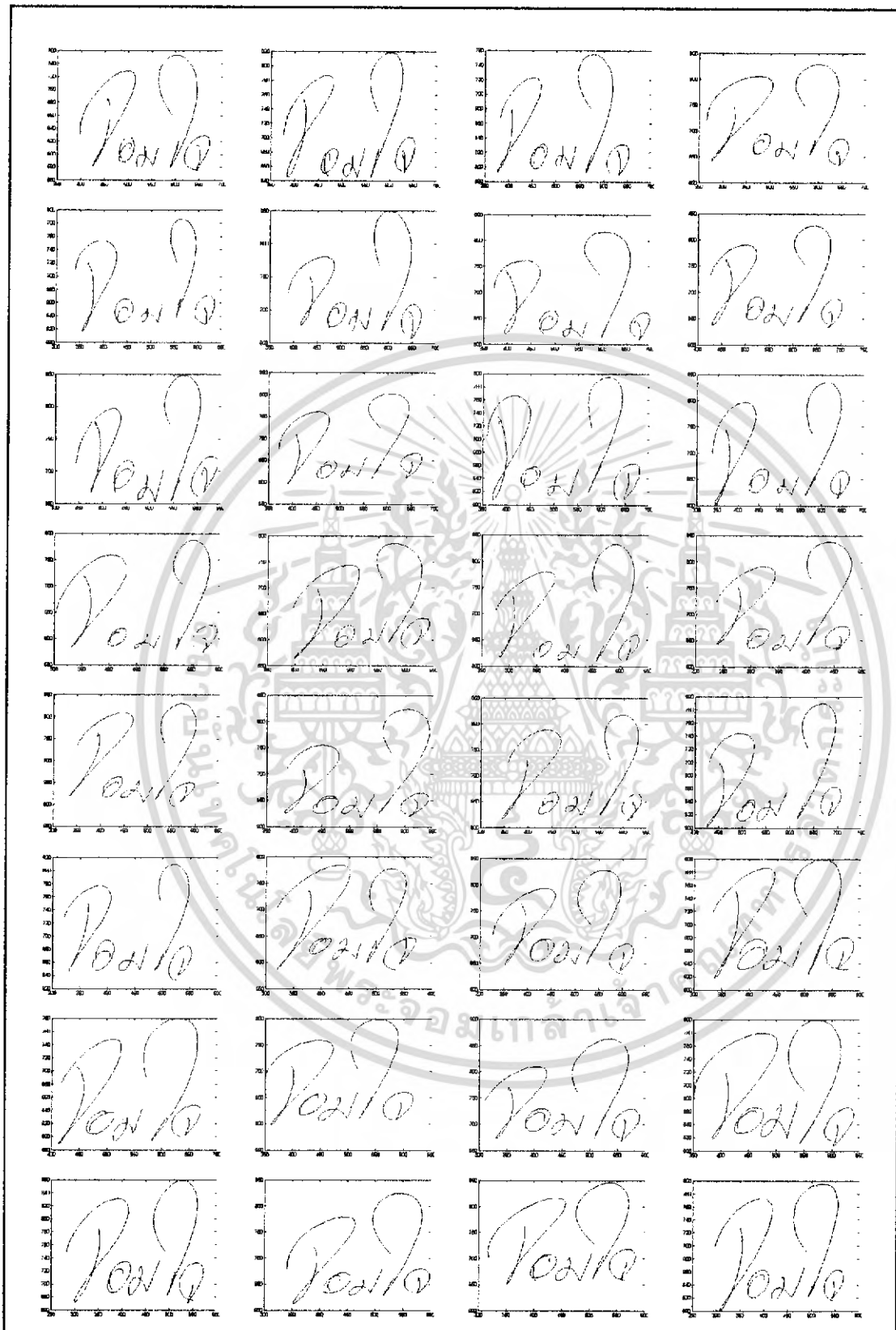
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น B



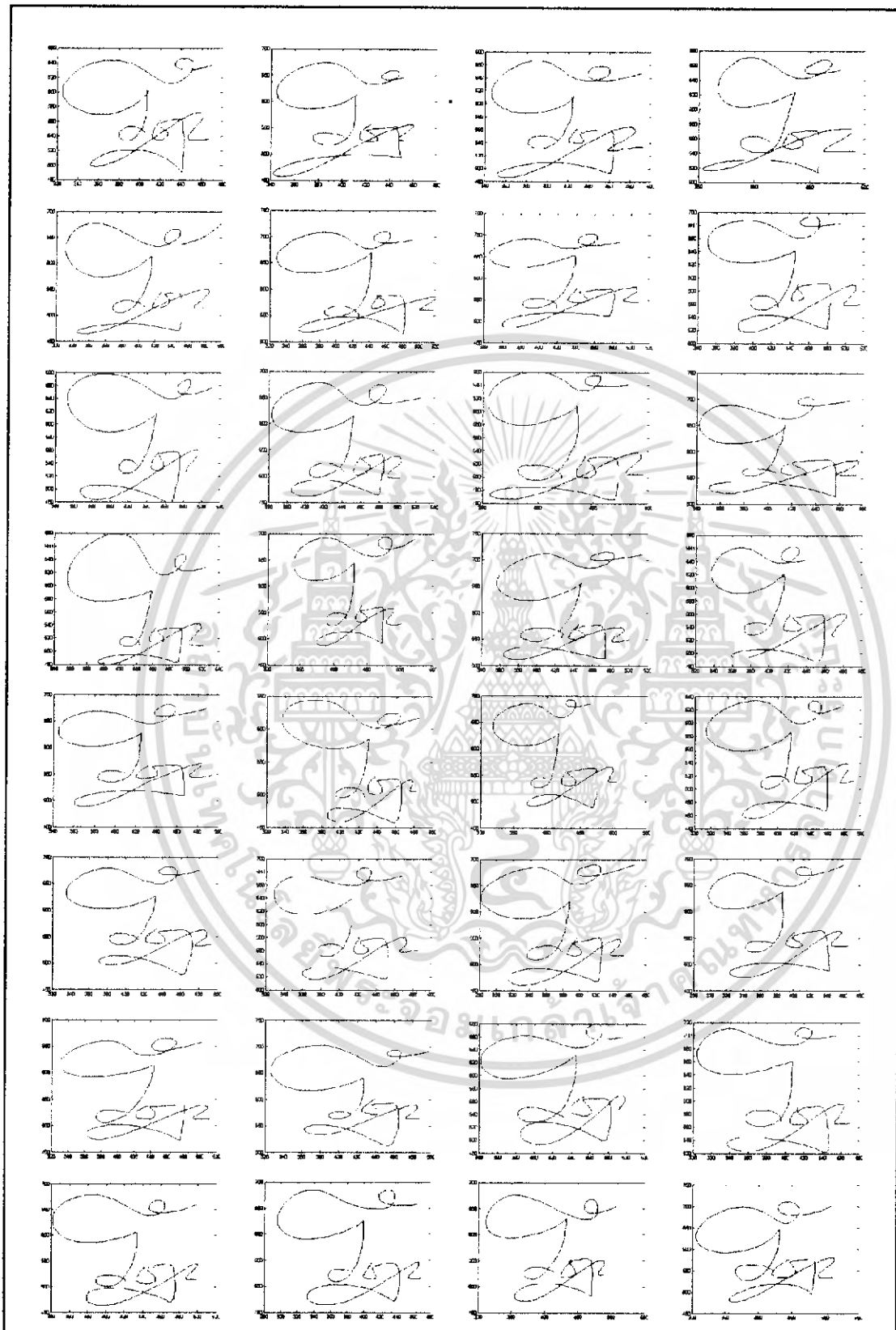
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น C



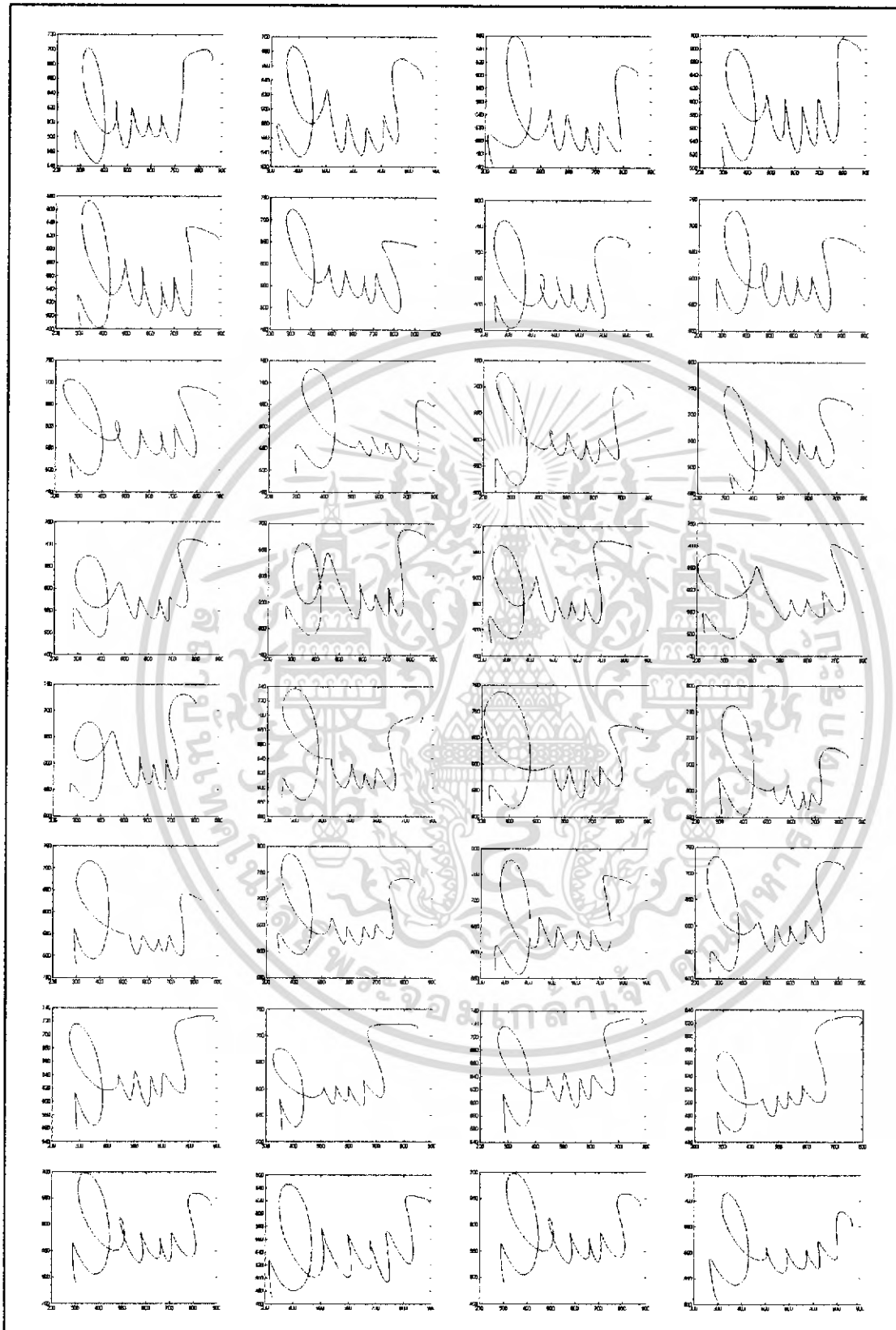
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น D



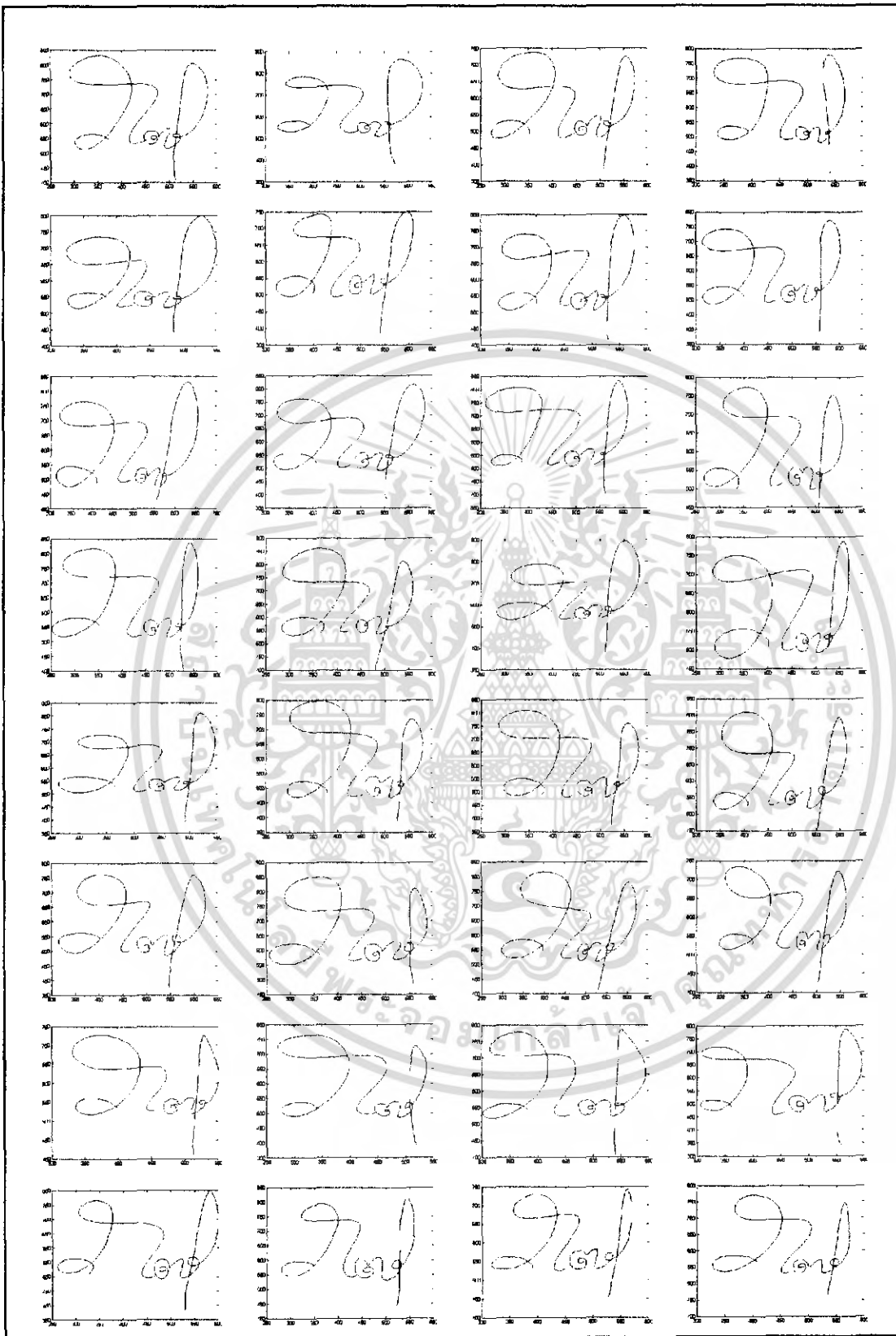
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น E



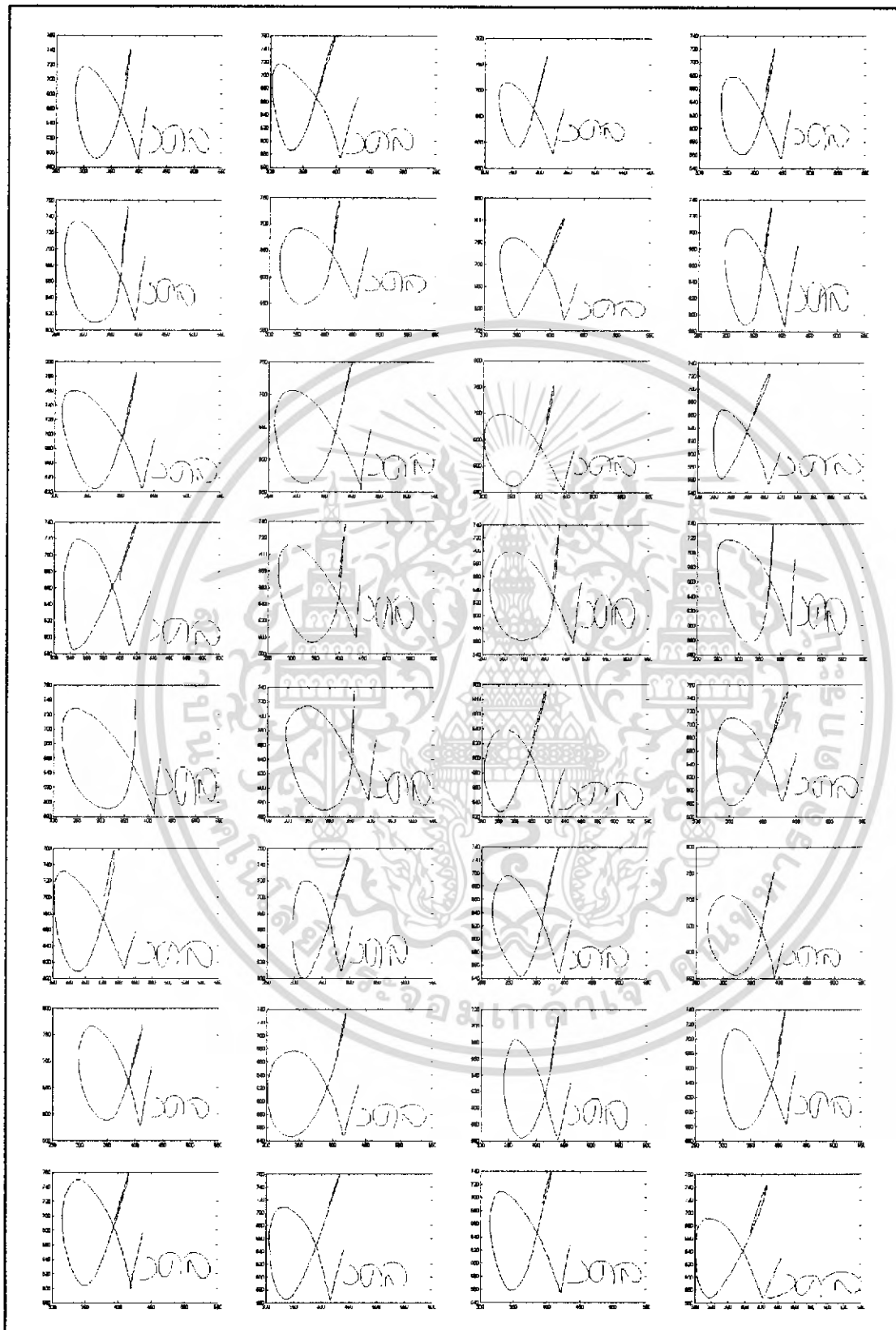
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น F



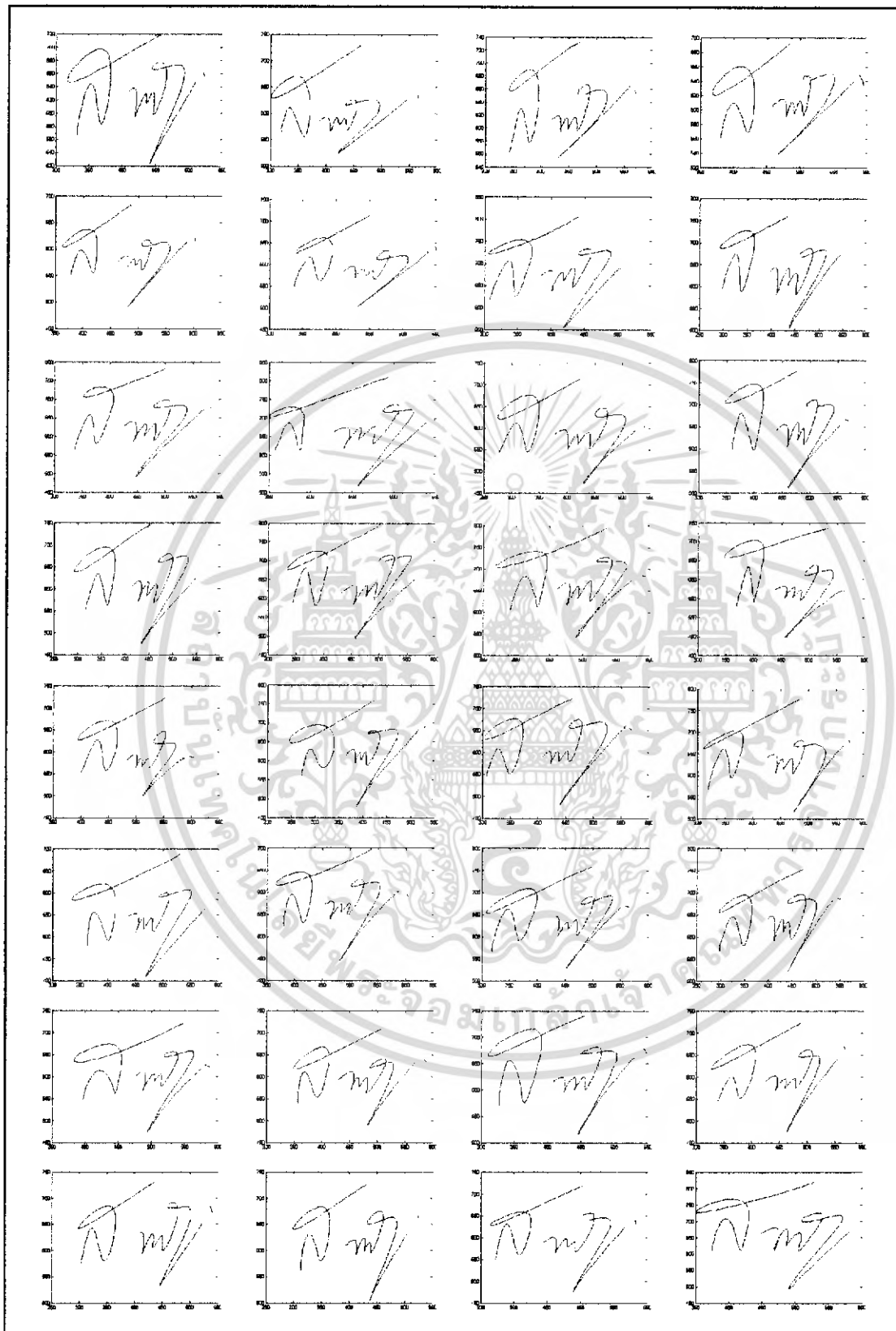
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น G



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น H



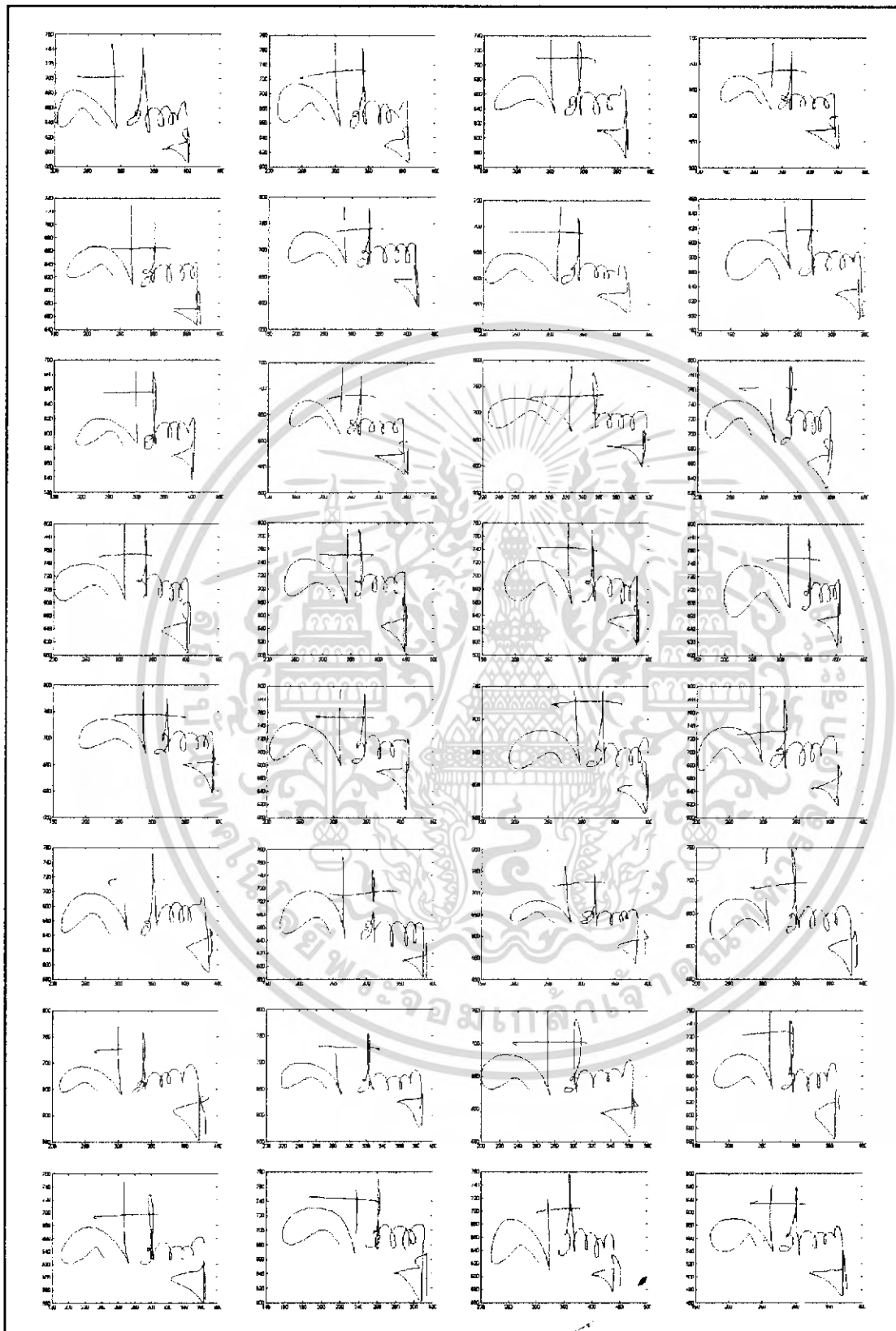
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น I



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายเซ็น J



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้