ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การจดจำตัวอักษรเขียนภาษาไทยโดยใช้ฮินเดนมาร์คอฟโมเดล

Thai Handwriting Character Recognition using Hidden Markov Model

โดย

นายณรรฐพงษ์ พงษ์พานิช

รหัส 43067113

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. บุญธีร์ เครือตราชู

H001724

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาระบบงาน

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วัน เดือน ปี 09 ส.ค. 2550

เลขทะเบียน 01724

เลขเรียกหนังสือ วพ ณ249ก 2543

"ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	การจดจำตัวอักษรเขียนภาษาไทยโดยใช้ฮินเดนมาร์คอฟโมเดล
นักศึกษา	นายณรรฐพงษ์ พุงษ์พานิช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. บุญธีร์ เครือตราชู
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	วิทยาการสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาในการนำแบบจำลอง ฮิดเดนมาร์คอฟ มาประยุกต์ใช้ในการจดจำตัว อักษรลายมือเขียนภาษาไทย พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงปัญหาและการปรับปรุงในส่วนอินพุทของ แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟ และทดสอบประสิทธิ์ภาพในการจดจำ ความเหมาะสมในการจดจำ และความเร็วในการเรียนรู้และจดจำ โดยจะทำการทดสอบจากลายมือเขียนของนักศึกษา ประมาณ 10 คน และมีวิธีเขียนแบบปกติ เช่นเริ่มเขียนจากหัวของตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Thai Handwriting Recognition using Hidden Markov Model
Student	Mr. Nattapong Pongpanich
Advisor	Associate Professor Boontee Kruatrachue, Ph.D.
Level of Study	Master of Science in Information Technology
Major	Information Science
Academic Year	2000

ABSTRACT

In this research, we use Hidden Markov Model as a tool for recognize Thai handwritten character. The sequence of chain code is used on an input to the model. The Learning and recognition speed are reported along with recognition accuracy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้จะสามารถสำเร็จลุล่วงลงได้ก็เพราะได้รับการสนับสนุน และการช่วยเหลือจากบุคคลต่างๆ ในโอกาสนี้จึงขอแสดงความขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.บุญธีร์ เครือตราชู ที่ได้คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นที่ปรึกษา ทั้งทางด้านคำปรึกษาทางด้านวิชาการ และ ในเรื่องไม่วิชาการเสมอมา

พร้อมกันนี้ขอแสดงความขอบพระคุณอย่างสูงไปยัง บิดา มารดา และ ครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลาในการทำงานวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งขอขอบคุณ นางสาวนุชนารถ อิ่มสมบูรณ์ นายมานพ เรืองบุตร และเพื่อนร่วมรุ่น ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือเอื้อเฟื้อข้อมูลสนับสนุนทางด้านวิชาการ

ณรรฐพงษ์ พงษ์พานิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
บทที่	
1. **บทนำ**	1
1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.2 ขอบเขตการวิจัย	2
1.3 ขั้นตอนการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
2. **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**	3
2.1 Hidden Markov Model (HMM)	3
2.2 การเปลี่ยนลำดับข้อมูลพิกัดเป็นลำดับข้อมูลทิศทาง	10
2.3 การเปลี่ยนขนาดของข้อมูล (Scaling)	11
2.4 การจัดการส่วนที่ไม่ใช่ข้อมูลในชุดข้อมูล (Noise Detection)	12
2.5 การหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดลเพื่อการทำงานในแบบ On-line	13
3. **กรรมวิธีการวิจัย**	14
3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา	14
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	19
3.3 ขั้นตอนการทำวิจัย	19
4. **ผลการวิจัย**	20
4.1 ผลความถูกต้องจากการทดลองกับชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัด	20
5. **สรุป**	26
5.1 ผลที่ได้รับ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อุปสรรคและความผิดพลาด 27
5.3 ข้อเสนอแนะ 27
บรรณานุกรม 28
ภาคผนวก ก. ผลการทดลอง 29
ผลการทดลองที่ 1 29
ผลการทดลองที่ 2 33
ผลการทดลองที่ 3 37
ผลการทดลองที่ 4 41
ผลการทดลองที่ 5 45
ผลการทดลองที่ 6 49
ผลการทดลองที่ 7 53
ผลการทดลองที่ 8 57
ผลการทดลองที่ 9 61
ผลการทดลองที่ 10 67
ผลการทดลองที่ 11 73
ผลการทดลองที่ 12 78
ภาคผนวก ข. ตัวอย่าง Model ที่ได้จากการฝึกสอน 83
Ergodic Model 83
Left-Right Model 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การนำข้อมูลชนิดตัวอักษรเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้ในงานด้านต่างๆ แต่เดิมจะถูก จำกัดด้วยการรับข้อมูลด้วยคีย์บอร์ดเท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพิ่มมากในการรับข้อมูล ชนิด ตัวอักษรได้ด้วยวิธีอื่นๆโดยสื่อชนิดต่าง เช่น ด้วยการแปลงข้อมูลชนิดรูปภาพที่ได้จากอุปกรณ์ บางชนิดไปเป็นข้อมูลชนิดตัวอักษร(OCR) หรือ การจดจำตัวอักษรเขียนก็เป็นวิธีหนึ่ง ที่จะทำการแปล ความหมายของลำดับ(sequence)ข้อมูลทิศทางหรือตำแหน่งที่ได้จากสื่อบางชนิด เช่น เมาส์ ไปเป็น ข้อมูลชนิดตัวอักษร

แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟ เป็นวิธีทางสถิติวิธีหนึ่งที่พยายามจำลอง ชุดของลำดับข้อมูลต้น แบบออกมาเป็นแบบจำลองที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะพูดได้ว่าแบบจำลองนี้เป็นตัวแทนของกลุ่มของ ลำดับข้อมูลต้นแบบ กระบวนการในการสร้างแบบจำลองนั้น จะอาศัยกลุ่มของชุดข้อมูลต้นแบบนั้นๆมา เป็นตัวปรับแบบจำลองเพื่อจะให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลนั้นๆให้มากที่สุด หรือเราอาจ จะเรียกว่าเป็นการสอนให้แบบจำลองจดจำถึงชุดขบวนข้อมูลนั้นๆ ในการนำแบบจำลองฮิดเดนมาร์ คอฟไปประยุกต์ใช้งาน แบบจำลองจะแสดงผลลัพธ์ออกมาว่าชุดข้อมูลที่ได้รับเข้ามานี้สามารถจัดอยู่ ในกลุ่มที่แบบจำลองนั้นๆเป็นตัวแทนได้หรือไม่ โดยค่าที่ได้หรือค่าที่จะบ่งบอกถึงผลลัพธ์การจดจำนี้ จะบอกออกมาเป็นค่าความน่าจะเป็นของการเป็นสมาชิกในกลุ่มนั้นๆเท่าไร

จากคุณสมบัติที่ดีของ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ที่เหมาะสมในการจดจำลำดับของข้อมูลที่ต่อ เนื่อง ในงานวิจัยนี้ จึงได้พัฒนาโปรแกรมชุดทดลองการเรียนรู้การทำงานของ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล ที่ นำเอาลำดับของทิศทางที่ได้จากอุปกรณ์เมาส์ ซึ่งเป็นเคลื่อนที่ในความพยายามที่จะเขียนตัวอักษร ภาษาไทยมาเป็นอินพุทให้กับแบบจำลอง และแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ และการจดจำให้แก่ผู้ใช้ เพื่อความเข้าใจในการทำงานของ ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล
2. เพื่อประยุกต์ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลเข้ากับ โปรแกรมการจดจำตัวอักษรลายมือเขียน ภาษาไทย

1.2 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาระบบงานคอมพิวเตอร์ สำหรับการจดจำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย
ตัวอักษรที่ทำการจดจำ ได้แก่ตัวพยัญชนะภาษาไทยที่มีลักษณะการเขียนสมบูรณ์ด้วยการยกปากกาหนึ่งครั้ง

1.3 ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาถึงการทำงานของ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล
2. ศึกษาถึงโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทย
3. ออกแบบและพัฒนาโปรแกรม
4. ทดสอบ ปรับปรุง
5. ประเมินผลการวิจัย สรุป และให้ข้อเสนอแนะ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้ต้นแบบการพัฒนาโปรแกรมการจดจำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย
2. เข้าใจการทำงานของ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Hidden Markov Model (HMM)

HMM เป็นระบบ doubly stochastic HMM เป็นวิธีการใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น มาอธิบาย การเกิดของ sequence 2 ตัวคือ state และ ค่าที่ปรากฏ โดยผู้สังเกตุจะเห็นเพียงเอาท์พุท ของแต่ละ state(ค่าปรากฏ) แต่จะไม่ทราบแน่ชัดว่าอยู่ที่ state ใด จึงเรียกว่า Hidden Markov Model (HMM)

1.1.1 พารามิเตอร์ต่างๆใน HMM

T = จำนวนของค่าที่ปรากฏ

N = จำนวน state ในโมเดล

M = จำนวนค่าที่ปรากฏต่อ state

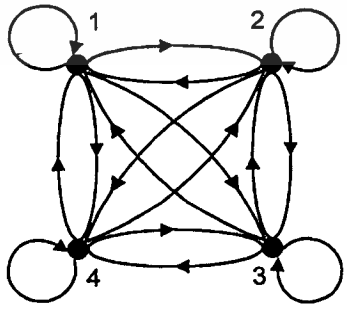
A = $\{a_{ij}\}$ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยน state

B = $\{b_j(k)\}$ ความน่าจะเป็นของการเกิดค่าที่ปรากฏใน state ต่างๆ

π = ความน่าจะเป็นในการที่ state ต่างๆจะเป็น state เริ่มต้น

2.1.2 โครงสร้างของ Hidden Markov Model ชนิดต่างๆ

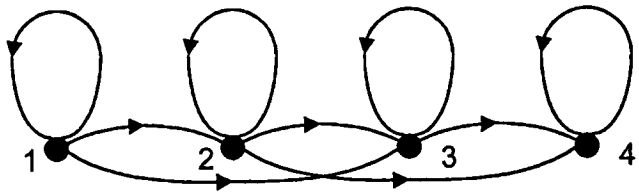
Ergodic model ลักษณะของโมเดลชนิดนี้คือ ทุกๆ state ในโมเดล สามารถจะผ่านไปยัง state อื่นๆได้ทุก state



รูปแสดง ลักษณะของ Ergodic Model

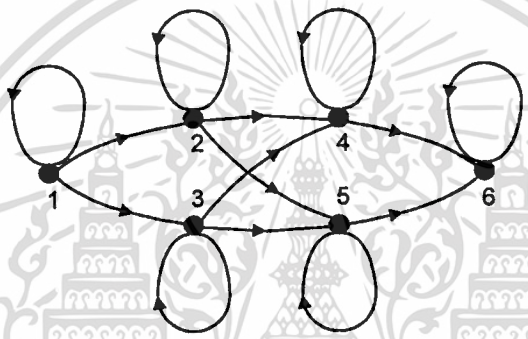
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

left-right model ลักษณะของโมเดลชนิดนี้คือ เมื่อผ่าน state ใดๆ ไปแล้วจะไม่มีการย้อนกลับมาที่ state นั้นอีก



รูปแสดง ลักษณะของ Left-Right Model

parallel left-right เป็นโมเดลที่มีลักษณะคล้ายกับโมเดลชนิด left-right model แต่มีความซับซ้อนมากกว่า



รูปแสดง ลักษณะของ Parallel Left-Right Model

2.1.3 ปัญหาพื้นฐานหลักๆ 3 ข้อของ HMM

ในเรื่องของ HMM จะมีปัญหาพื้นฐานอยู่ 3 ข้อ ที่จำเป็นจะต้องทำการแก้ปัญหา เพื่อที่จะนำโมเดลมาใช้กับแอพพลิเคชั่นจริงๆ

ปัญหาที่ 1 : เมื่อเราทราบถึง Observation sequence $O=(o_1\ o_2\ \dots\ o_T)$ และ โมเดล $\lambda = (A,B,\pi)$ เราจะสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็น $P(O|\lambda)$ ของ Observation sequence ที่ได้รับสัมพันธ์ต่อโมเดลได้อย่างไร?

ปัญหาที่ 2 : เมื่อเราทราบถึง Observation sequence $O=(o_1\ o_2\ \dots\ o_T)$ และ โมเดล $\lambda = (A,B,\pi)$ เราจะสามารถเลือก state sequence ที่เหมาะสมที่สุดออกมาจากโมเดลได้อย่างไร?

ปัญหาที่ 3 : เราจะสามารถปรับตัวแปรต่างของโมเดล $\lambda = (A,B,\pi)$ ให้ $P(O|\lambda)$ มีค่าที่มากที่สุดได้อย่างไร?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 แนวทางการแก้ปัญหาทั้งสามข้อ

ปัญหาที่ 1 : ทำอย่างไรจึงจะคำนวณค่าความน่าจะเป็นของ Observation sequence ที่สัมพันธ์กับโมเดลออกมาได้ การแก้ปัญหานี้จะใช้วิธีการดูค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกัน(match) ของโมเดลกับ Observation sequence ว่ามีความเหมาะสมกันอย่างไร การค่าความน่าจะเป็นที่ ได้นี้จะมีประโยชน์มากในการนำไปใช้ในงานสืบค้นหรือเพื่อค้นหาว่า ในโมเดลต่างๆ โมเดลใดที่เหมาะ สมกับ Observation sequence ที่ได้รับมากที่สุด

ปัญหาที่ 2 : เป็นส่วนที่เราพยายามที่จะแสดงถึงส่วนที่ซ่อนอยู่ของโมเดล นั่นก็คือ การค้นหา state sequence ที่ถูกต้อง ซึ่งในโมเดลที่ไม่เหมาะสม เราก็จะไม่พบ state sequence ที่ถูกต้อง ดังนั้นในการใช้งานจริงๆ เราจะใช้วิธีที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ปัญหาที่ 3 : เป็นการพยายามที่จะปรับตัวแปรต่างๆในโมเดลเพื่อที่จะให้เหมาะสมกับ observation sequence ให้มากที่สุด ซึ่งเราจะนำเอา observation sequence มาใช้ในการปรับตัวแปรต่างๆของโมเดล (Training Sequence) ปัญหาในการ training นี้สำคัญมากสำหรับแอพพลิเคชั่นต่างๆของ HMM

2.1.5 วิธีการคำนวณสำหรับแต่ละปัญหาของ HMM

2.1.5.1 ปัญหาที่ 1:

เราจะหาค่า $P(O|\lambda)$ ความน่าจะเป็นของ Observation sequence $O = (o_1\ o \ldots\ o_T)$ ที่ได้จากโมเดล λ ส่วนใหญ่แล้วเราจะระบุถึงทุกๆ state sequence ที่มีขนาด T state(จำนวนของ Observation sequence) ที่เป็นไปได้ ซึ่งจะมีถึง N^T sequence เราจะอธิบายด้วยการพิจารณาถึง state sequence ที่กำหนดขึ้นมา state sequence หนึ่งก่อนคือ

$$q = (q_1\ q_2 \ldots\ q_T) \qquad (1)$$

กำหนดให้ q_1 เป็น state เริ่มต้น ความน่าจะเป็นของ Observation sequence O สำหรับ state sequence (1) ก็คือ

$$P(O \mid q,\lambda) = \prod_{t=1}^{T} P(O_t \mid q_t\lambda) \qquad (2)$$

ซึ่งเราสามารถสรุปได้เป็นสูตรทางสถิติ สำหรับ Observation ต่างๆ ดังนี้

$$P(O|q, \lambda) = b_{q1}(o_1).b_{q2}(o_2)...b_{qT}(o_T) \qquad (3)$$

ความน่าจะเป็นของ state sequence นั้นๆสามารถอธิบายโดย

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q1}.a_{q1q2}a_{q2q3}\cdots a_{qT\text{-}1qT} \qquad (4)$$

เมื่อนำเอาค่าความน่าจะเป็นของ O และ q มารวมกันเนื่องจากเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน จะได้เป็น

$$P(O,q|\lambda) = P(O|q,\lambda).\ P(Q|\lambda) \qquad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความน่าจะเป็นของ O ที่ได้จากโมเดลจะได้จากผลบวกของค่าความน่าจะเป็นของทุกๆ state sequence q

$$P(O|\lambda) = \sum_{allQ} P(O|Q,\lambda)P(Q|\lambda) \quad (6)$$

$$= \sum_{q_1 q_2 \cdots q_T} \pi_{q_1} b_{q_1}(o_1) a_{q_1 q_2} b_{q_2}(o_2) \cdots a_{q_{T-1} q_T} b_{q_T}(o_T) \quad (7)$$

จะเห็นว่าเราจะคำนวนตามนี้จริงๆจะใช้เวลาในการคำนวณเป็นเวลาที่มากเอาการ จึงมีการ นำเอา Forward-Backward Procedure มาใช้ ซึ่งเป็นเทคนิคการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีทาง Dynamic Programming

2.1.5.1.1 Forward Procedure:

เราจะพิจารณาถึงตัวแปร Forward $\alpha_t(i)$ โดยกำหนดให้

$$\alpha_t(i) = P(o_1\, o_2 \ldots o_t, q_t = s_i|\lambda) \quad (8)$$

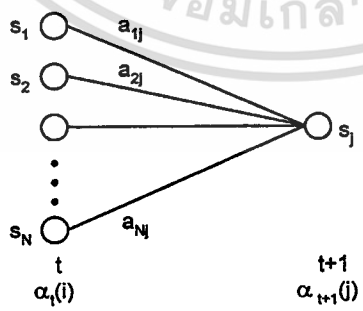
สมการนี้ก็คือความน่าจะเป็นของ บางส่วนของ Observation $(o_1\, o_2 \ldots o_t)$ และซึ่งจะสิ้นสุดที่ state s_i ณ.เวลา t ที่ได้จากโมเดล λ เราสามารถหาค่า $\alpha_t(i)$ ได้ดังนี้

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(o_1), \qquad 1 \le i \le N \quad (9)$$

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^{N} \alpha_t(i) a_{ij}\right] b_j(o_{t+1}), \qquad 1 \le t \le T-1, \quad 1 \le j \le N \quad (10)$$

สุดท้ายสามารถอธิบายโดย

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_T(i) \quad (11)$$



รูปแสดง ลักษณะของ Forward Algorithm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.1.2 Backward Procedure :

เราจะพิจารณาถึงตัวแปร Backward $\beta_t(i)$ โดยกำหนดให้

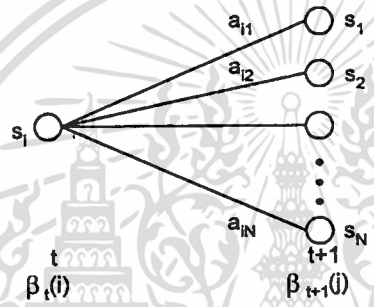
$$\beta_t(i) = P(o_{t+1}\, o_{t+2} \ldots o_T, q_t = s_i|\lambda) \qquad (12)$$

สมการนี้ก็คือความน่าจะเป็นของ Observation sequence ($o_1\, o_2 \ldots o_t$) จาก t+1 ไปจนถึง T โดยเริ่มต้นที่ state s_i ณ.เวลา t ที่ได้จากโมเดล λ เราสามารถหาค่า $\beta_t(i)$ ได้ดังนี้

$$\beta_T(i) = 1, \qquad 1 \le i \le N \qquad (13)$$

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^{N} a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)$$

$$t = T-1, T-2, \ldots, 1, \qquad 1 \le i \le N \qquad (14)$$



รูปแสดง ลักษณะของ Backward Algorithm

2.1.5.2 ปัญหาที่ 2:

เป็นการแก้ปัญหาในข้อนี้ก็คือการเลือกหา state sequence ที่เหมาะสมกับ observation sequence ที่ได้รับ วิธีที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ก็คือ การเลือกค่าที่มากที่สุด เพื่อที่จะใช้วิธีนี้เราจะกำหนด

$$\gamma_t(i) = P(q_t = s_i|O,\lambda) \qquad (15)$$

แสดงถึง ค่าความน่าจะเป็นที่เวลา t ที่จะอยู่ใน state s_i ที่ได้จาก observation sequence O และโมเดล λ จากสมการที่ (15) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของตัวแปร Forward-Backward ได้ดังนี้

$$\gamma_t(i) = \frac{\alpha_t(i)\beta_t(i)}{p(o \mid \lambda)} = \frac{\alpha_t(i)\beta_t(i)}{\sum_{i=0}^{N} \alpha_t(i)\beta_t(i)} \qquad (16)$$

โดย $\alpha_t(i)$ จะได้จาก observation sequence $o_1\, o_2 \ldots o_t$ จบที่ state s_i ณ.เวลา t ส่วน $\beta_t(i)$ จะกระทำกับ observation sequence (ที่เหลืออยู่) $o_{t+1}\, o_{t+2} \ldots o_T$ ที่เริ่มต้นที่ state s_i ที่เวลา t ความถูกต้องเราสามารถวัดได้จาก

$$\sum_{i=1}^{N} \gamma_t(i) = 1 \qquad (17)$$

เราสามารถนำเอา $\gamma_t(i)$ มาใช้ในการแก้ปัญหาการเลือก state ที่ดีที่สุด q_t ที่เวลา tได้ดังนี้

$$qt = \arg\min_{1 \le i \le N} [\gamma_t(i)] \qquad 1<=t<=T \qquad (18)$$

$$\delta_t(i) = \max_{q_1, q_2, \ldots, q_{t-1}} P[q_1 q_2 \ldots q_{t-1}, q_t = 1, o_1 o_2 \ldots o_t \mid \lambda] \qquad (19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2.1 Viterbi Algorithm

เพื่อที่จะหา state sequence ที่ดีที่สุดเพียง Sequence เดียว [$q=q_1\ q_2\ q_3\ \dots\ q_T$] สำหรับ Sequence ที่ได้รับ $O= o_1\ o_2\ o_3\ \dots\ o_T$ เราจะกำหนด

$\delta_t(i)$ ก็คือ path ที่ได้คะแนนที่สูงที่สุด (ค่า prob ที่มากที่สุด) ที่เวลา t ด้วยค่าที่ได้รับ t ตัวแรก และจบลงที่ state i ดังนั้นเราสามารถเขียนได้เป็น

$$\delta_{t+1} = [\max_i \delta_t(i)a_{ij}].b_j(O_{t+1}) \quad (20)$$

เพื่อที่เราจะอ้างอิงถึง state sequence ในภายหลัง เราจะเก็บค่า state ของแต่ละครั้งที่มีค่ามากที่สุดไว้ สำหรับแต่ละ t และ j โดยที่เราจะเก็บไว้ที่ $\Psi_t(i)$ กระบวนการที่สมบูรณ์สำหรับการหา state sequence ที่ดีที่สุด สามารถแสดงได้ดังนี้

1) ค่าเริ่มต้น

$$\delta_1(i) = \pi_i b_i(o_1), \qquad 1<=i<=N \quad (20)$$

$$\Psi_1(i) = 0$$

2) การทำซ้ำ

$$\delta_t(j) = \max_{1\le i\le N} [\delta_{t-1}(i)a_{ij}]b_j(o_t), \qquad 2<=t<=T,\ 1<=j<=N \quad (21)$$

$$\psi_t(j) = \arg\max_{1\le i\le N} [\delta_{t-1}(i)a_{ij}] \qquad 2<=t<=T,\ 1<=j<=N \quad (22)$$

3) การสิ้นสุด

$$P^* = \max_{1\le i\le N}[\delta_T(i)] \quad (23)$$

$$q_T^* = \arg\max_{1\le i\le N} [\delta_T(i)] \quad (24)$$

4) เส้นทางการย้อนกลับ

เราจะสังเกตุได้ว่า Veterbi algorithm จะคล้ายๆกับการคำนวน Forward จะต่างกันก็เพียงจะเป็นการหาค่า max ใน Veterbi ส่วนใน forward จะเป็นการหาค่าโดยการบวก

$$q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*), t = T-1, T-2, \dots 1 \quad (25)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 ปัญหาที่ 3:

เป็นการปรับแต่งตัวแปรของโมเดล (A,B,π) เพื่อที่จะให้ได้ค่าความน่าจะเป็นที่ได้จาก observation sequence มีค่าที่มากที่สุด เราจะใช้วิธีการทำซ้ำโดยใช้วิธี Buam-Welch หรือ gradient

เริ่มแรกเราจะกำหนด $\xi_t(i,j)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นที่เวลา t จะอยู่ที่ state s_i และที่เวลา t+1 จะอยู่ที่ state s_j ที่ได้จากโมเดล และ observation sequence

$$\xi_t(i,j) = P(q_t=s_i, q_{t+1}=s_j | O, \lambda) \tag{26}$$

เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ forward-backward ซึ่งเป็นรูปที่ง่ายได้ใหม่เป็น

$$\xi_t(i,j) = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)} = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} \alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)} \tag{27}$$

กำหนด $\gamma_t(i)$ เป็นค่าความน่าจะเป็นที่เวลา t จะอยู่ที่ state s_i ที่ได้จาก observation sequence และโมเดล เราสามารถเขียนให้สัมพันธ์กับ $\xi_t(i,j)$ ได้คือ

$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^{N} \xi_t(i,j) \tag{28}$$

ถ้าเราทำการบวกค่า $\gamma_t(i)$ ตามตัวนี้ t เราจะได้ค่าที่แสดงถึงจำนวนการมาถึง state s_s หรือจำนวน transition ที่ออกจาก state s_s (ไม่รวมที่ t = T) ซึ่งจะเท่ากับผลบวกของ $\xi_t(i,j)$ ที่ทุกๆค่าของ (t = 1 ถึง t = T-1) นั่นก็คือ transition จาก state s_s ถึง state s_j

$$\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i,j) = \text{จำนวน transition ที่ออกจาก } s_i \tag{29}$$

$$\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i,j) = \text{จำนวน transition ที่ออกจาก } [s_i \text{ --> } s_j] \tag{30}$$

จากสูตรที่ได้มานี้เราสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าของตัวแปร HMM เซ็ทของค่าที่ประมาณขึ้นมาใหม่นี้ π,A,B จะเป็น

$$\overline{\pi_i} = \text{ความถี่ (จำนวนเวลา) ใน state } s_i \text{ ไปยัง state } s_j \tag{31}$$

$$\overline{a_{ij}} = \frac{\text{จำนวนของ transition state } s_s \text{ ถึง state } s_j}{\text{จำนวนของ transition จาก state } s_i} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i,j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)} \tag{32}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

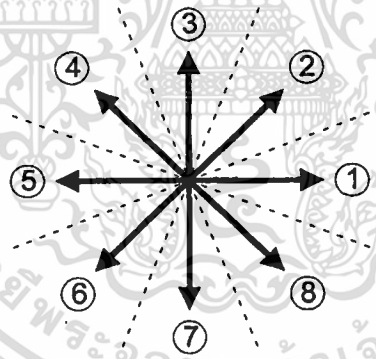
$$\overline{b_j(k)} = \frac{\text{จำนวนเวลาใน state j และ Vk}}{\text{จำนวนเวลาใน state j}} \quad (33)$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^{T} \gamma_t(j)}{\sum_{t=1}^{T} \gamma_t(j)}$$

นี่คือการเซ็ทค่าของโมเดลใหม่โดยอาศัย observation ที่ต้องการมาปรับโมเดล λ ให้เหมาะสมกับ O นั้น แล้วกระทำ (24)(25)(26) ซ้ำเพื่อทำการประมาณค่าของโมเดลที่ดีที่เหมาะสมขึ้นมาอีก ทำการทำซ้ำไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้ค่าที่กำหนดจึงจะหยุดการเรียนรู้

2.2 การเปลี่ยนลำดับข้อมูลพิกัดเป็นลำดับข้อมูลทิศทาง

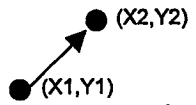
ข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุทให้กับฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลจะต้องเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลแบบลำดับ (Sequence) ดังนั้นเพื่อให้สะดวกและเป็นการเหมาะสม ข้อมูลที่เราได้จากการเขียนของผู้ใช้โปรแกรมเป็นข้อมูลพิกัดงานวิจัยนี้ได้ทำการเปลี่ยนจากข้อมูลพิกัด ไปเป็นข้อมูลทิศทาง 8 ทิศทาง ซึ่งเราจะกำหนดรหัสนี้ไว้ดังรูป



รูปแสดง ลักษณะของรหัสของทิศทางทั้ง 8

ขั้นตอนการเปลี่ยนข้อมูลพิกัดเป็นข้อมูลทิศทาง

1. หาว่าเป็นการเคลื่อนที่ที่มีไปในควอร์ดแดรนท์ใด



ΔX=X2-X1
ΔY=Y2-Y1

ถ้า (0<=ΔX และ 0<ΔY) ดังนั้น จะตกที่ ควอร์ดแดรนท์ที่ 1

ถ้า (0>ΔX และ 0<=ΔY) ดังนั้น จะตกที่ ควอร์ดแดรนท์ที่ 2

ถ้า (0>=ΔX และ 0>ΔY) ดังนั้น จะตกที่ ควอร์ดแดรนท์ที่ 3

ถ้า (0<ΔX และ 0>=ΔY) ดังนั้น จะตกที่ ควอร์ดแดรนท์ที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มุมที่เกิดขึ้นมีขนาดเท่าไหร่

$$\theta = \tan^{-1} \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}$$

3. เทียบผลการคำนวณที่ได้มาเป็นข้อมูลทิศทาง

	Q1	Q2	Q3	Q4
θ<22.5	1	5	5	1
θ>67.5	3	3	7	7
67.5>θ>22.5else	2	4	6	8

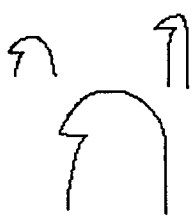
ในการแปลงพิกัด x, y มาเป็นพิกัดของทิศทาง เป็นการคำนวนในลักษณะของพิกัดดังรูป

แต่เนื่องด้วยพิกัดจอคอมพิวเตอร์จะมีลักษณะดังรูปข้างล่าง ซึ่งกลับกันกับลักษณะพิกัดที่เราใช้ๆกันอยู่

ดังนั้นก่อนการคำนวณในงานวิจัยนี้จะทำการแปลงในพิกัดปกติก่อน

2.3 การเปลี่ยนขนาดของข้อมูล (Scaling)

เนื่องจากการเขียนของ user ต่างคนกันจะมีขนาดของตัวอักษรที่ต่างกัน และสัดส่วนที่ต่างกันออกไป เช่น



และถ้าเรานำ Input นี้ไปใช้ในการจดจำทันที ผลของการจดจำจะแตกต่างกันมาก เนื่องจากคุณ ลักษณะของ Hidden Markov Model เอง นั่นคือ sequence ยิ่งมีความยามมากเท่าไหร่ค่า prob ของโมเดลที่ได้ก็ยิ่งจะมีค่าที่น้อยลงไปด้วย ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบผลของการจดจำมีผลที่ใกล้ เคียงกัน ไม่ว่าจะเขียนตัวเล็กหรือตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่ อย่างไร เราจึงจำเป็นที่จะต้องทำการ scaling ให้ Input sequence ที่เราได้มามีจำนวนใกล้เคียง กันมากที่สุด

```
const int standard_size = ??
Procedure Scaling (array input, array new_input)
{
        int input_size = size of input;
        double coeff = input_size / standard_size;
        old_direct = Input[0];
        for (i=1;i<input_size;i++) {
                if (input[i]=old_direct[i])
                        count++;
                else {
                        repeat = count / coeff;
                        if ((repeat%1)>0)  // ถ้าเศษมากกว่า 0 ให้เพิ่มขึ้น 1
                                repeat = repeat + 1;
                        count = 1;
                }
                สร้างข้อมูลทิศทาง old_direct เป็นจำนวน repeat ตัวใน new_input
                old_direct = input[i];
        }
}
```

รูป แสดงอัลกอริทึมของการเปลี่ยนแปลงขนาดของตัวอักษร

2.4 การจัดการส่วนที่ไม่ใช่ข้อมูลในชุดข้อมูล (Noise Detection)

ข้อมูลที่ได้จากการเขียน อาจจะเกิดการสั่นของลายเส้นเนื่องจากการเขียนด้วยอุปกรณ์ เมาส์ ในกรณีที่รายละเอียดของการสั่นนี้มีรายละเอียดที่เล็กกว่าเนื้อของข้อมูลจริงๆ ก็สมควรที่จะตัดทิ้งไป ในการงานวิจัยนี้ จะถือว่า ในช่วงของข้อมูลใดๆที่เป็นข้อมูลเดียวกันแล้วมีข้อมูลอื่นเป็นจำนวนหนึ่งตัวแทรกอยู่ เราจะถือว่าข้อมูลตัวนั้นคือสิ่งแปลกปลอมของข้อมูลชุดนั้น การแก้ไขก็คือเปลี่ยนข้อมูลตัวนั้นให้เป็นข้อมูลตัวเดียวกันกับข้อมูลในช่วงเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดลเพื่อการทำงานในแบบ On-line

การหาความน่าจะเป็นของโมเดลด้วยชุดของข้อมูลใดๆ ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาถึงสมการ forward ซึ่งเป็นสมการที่เป็นรากฐานในการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดล ได้ว่าสมการนี้ การคำนวณค่า ณ.เวลา t จะไม่มีการนำค่าใดๆในช่วง t+1 มาเกี่ยวข้อง ดังนั้นเพื่อการประยุกต์ใช้เพื่อการทำงานแบบ On-line เราสามารถปรับเปลี่ยนสมการ forward เป็น

	เดิม	เปลี่ยนเป็น
ลักษณะของแมททริก	$\alpha[t][i]$	$\alpha[i]$
รอบแรกของการคำนวณ	$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(o_1)$	$\alpha(i) = \pi_i b_i(o_1)$
รอบต่อๆไป	$\alpha_{t+1}(j) = \left[\sum_{i=1}^{N} \alpha_t(i) a_{ij}\right] b_j(o_{t+1})$	$\alpha^*(j) = \left[\sum_{i=1}^{N} \alpha(i) a_{ij}\right] b_j(o)$

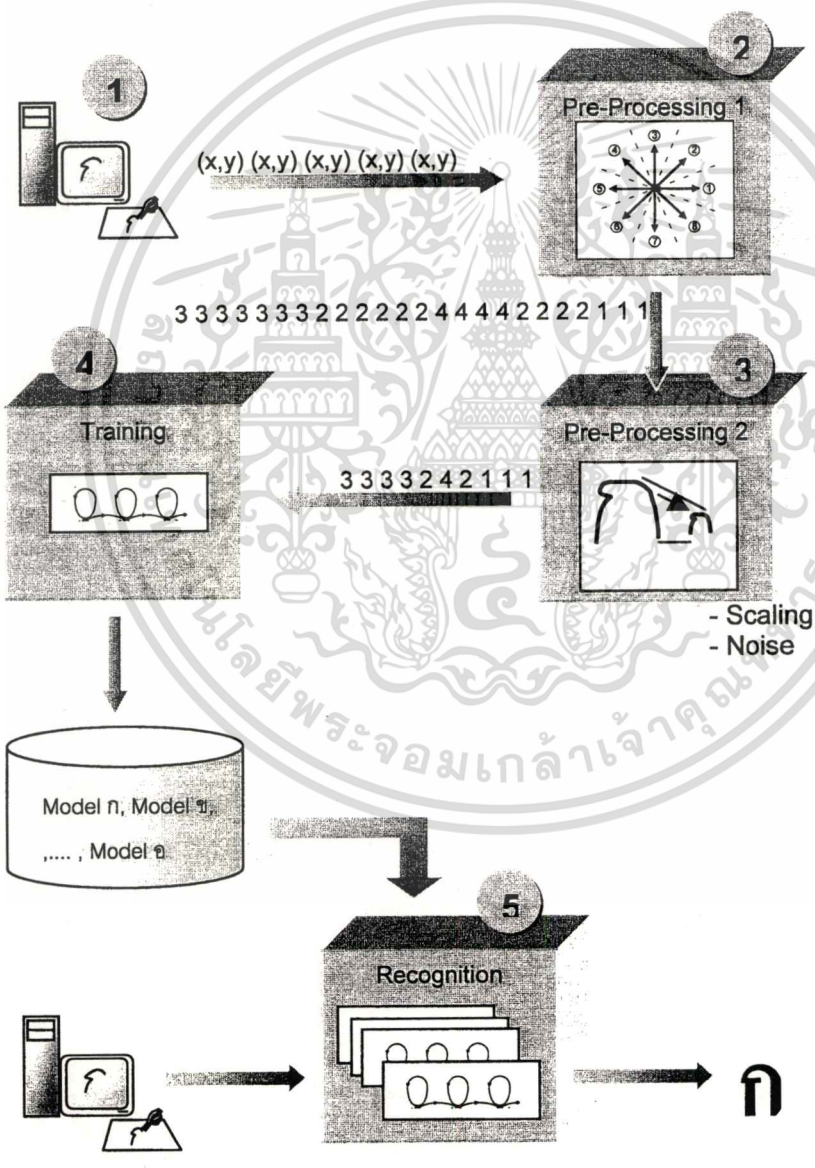
ที่ต้องทำเช่นนี้เนื่องด้วยถ้าเราต้องทำการสมการ forward ทุกครั้งในคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดลการพัฒนาแบบ On-line จะทำให้การคำนวณช้ามาก ยิ่งในชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลมากๆด้วยแล้ว ดังนั้นในแต่ละเวลา t เราสามารถหาค่าความน่าจะเป็นของโมเดลได้โดย

$$P(o_t) = \sum_{i=1}^{N} \alpha(i)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กรรมวิธีการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา



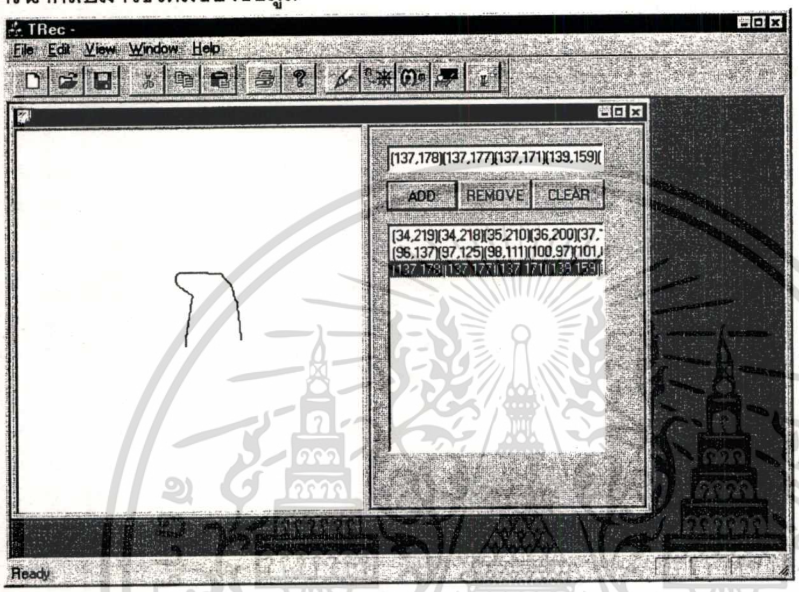
รูป Process Diagram ของระบบการจดจำตัวอักษรเขียนภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 กระบวนการรับข้อมูลอินพุท

เป็นกระบวนการที่รับข้อมูลจาก user เป็นลำดับของพิกัด(x,y) ที่เกิดจากการลากเส้นของผู้เขียนบนอุปกรณ์อินพุท ซึ่งสัมพันธ์กับพิกัดบนจอภาพ

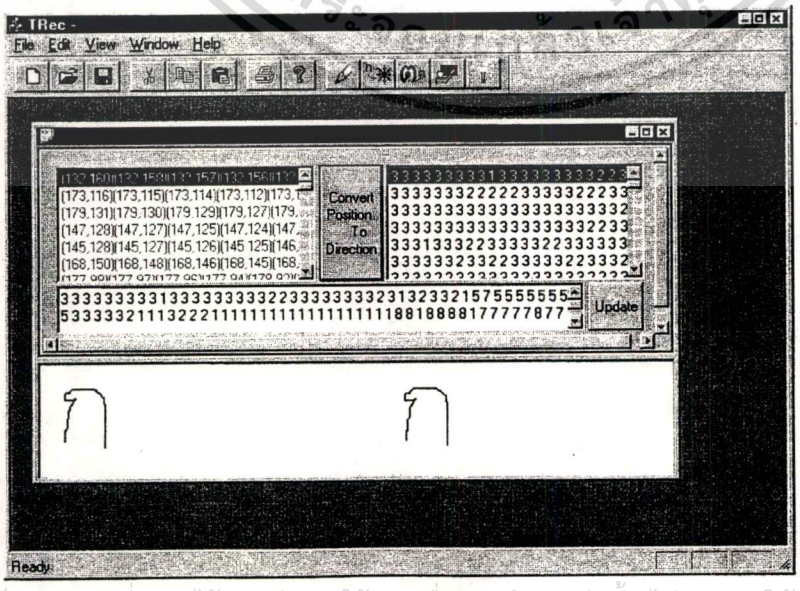
จุดประสงค์ของการพัฒนาในส่วนนี้ ก็เพื่อที่จะเก็บข้อมูลตัวอักษรจากผู้เขียนในลักษณะของข้อมูลดิบเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่ของข้อมูล



3.1.2 กระบวนการปรับแต่งข้อมูลอินพุทเบื้องต้นครั้งที่ 1

เป็นกระบวนการที่จะทำการแปลงลำดับของข้อมูลในระบบพิกัด(x,y) ไปเป็นลำดับของข้อมูลในระบบทิศทาง

จุดประสงค์ เพื่อแปลงข้อมูลดิบที่ได้มาอยู่ในลักษณะที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล



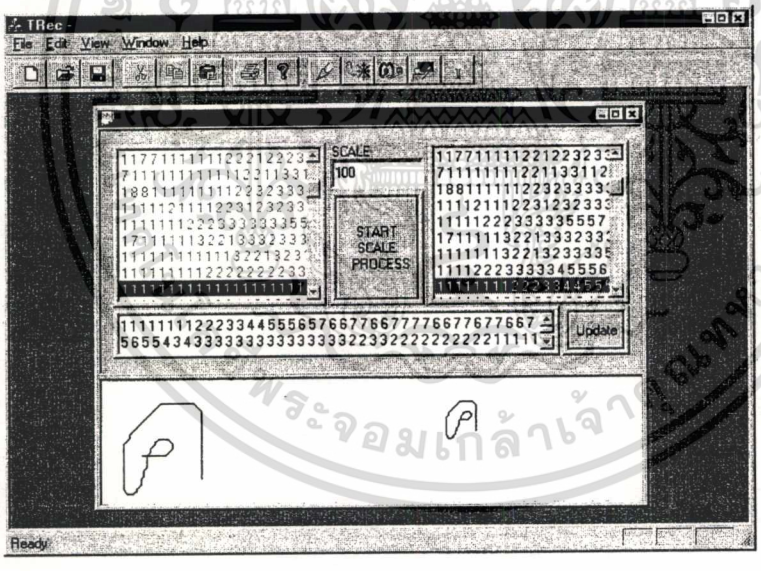
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 กระบวนการปรับแต่งข้อมูลอินพุทเบื้องต้นครั้งที่ 2

ข้อมูลที่ได้มากจากกระบวนการ 3.1.3 เป็นการแปลงข้อมูลตรงๆ ซึ่งโดยธรรมชาติของผู้เขียนแต่ละคน หรือแม้กระทั่งคนคนเดียวกัน ในการเขียนตัวหนังสือแต่ละครั้งก็จะมีลักษณะที่ต่างออกไป บนความแตกต่างอันนี้อาจทำให้เกิดความเพี้ยนของข้อมูลในการวิจัย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พยายามที่จะขจัดความความผิดเพี้ยน หรือป้องกันความผิดพลาดในเบื้องต้นบางส่วน

Scaling : ใน Process นี้อินพุทที่เข้ามาจากผู้เขียนที่ต่างกัน จะมีขนาดของตัว อักษรที่ต่างกัน แต่เนื่องด้วยไม่ว่าตัวอักษรจะมีขนาดต่างกันสักเท่าไร โดยลักษณะการเขียนที่ถูกต้อง ลำดับของข้อมูลที่ได้ก็จะมีภาพรวมที่เหมือนกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการปรับขนาดอินพุทที่ ได้จาก ผู้เขียนรายต่างๆ ให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นพยายามจัดให้ช่วงของรายละเอียดต่างๆ อยู่ในระยะช่วงเดียวกัน เพื่อมิให้มีการเอนเอียงของโมเดลไปที่ตัวอินพุทตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไปในช่วงของการฝึกสอน

Noise Detection : ในการเขียนของผู้เขียนแต่ละครั้ง เนื่องด้วยความสามารถในการควบ คุมอุปกรณ์ หรือ เนื่องด้วยคุณสมบัติบางประการของอุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียน อาจจะทำให้ เกิดการสั่นของเส้น(noise) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องขจัดรายละเอียดประเภทนี้ออกไปจาก เนื้อข้อมูลจริงๆ เพื่อให้ข้อมูลที่เข้าไปใน process มีความถูกต้องที่สุด

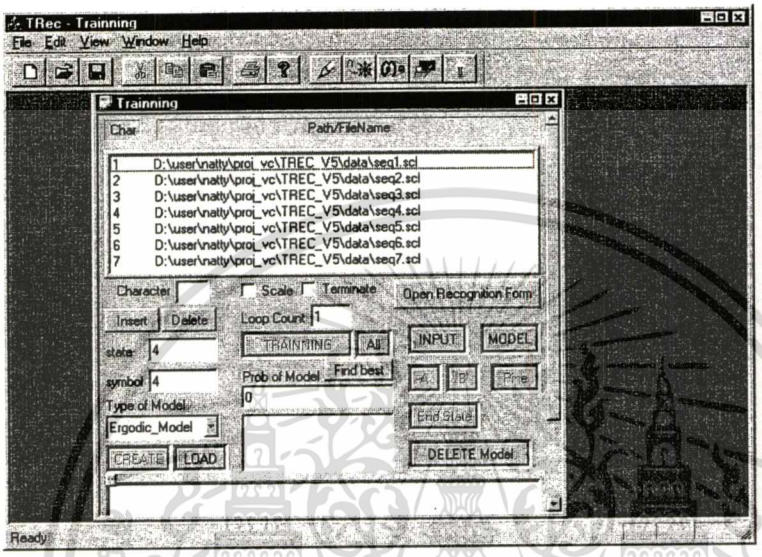


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

3.1.4 กระบวนการฝึกสอนโมเดล

ลำดับของข้อมูลที่เข้าสู่กระบวนการนี้ จะถูกนำไปใช้ในการฝึกสอนให้กับฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล โดยที่ User สามารถที่จะปรับหรือตั้งค่าตัวแปรต่างๆได้ พร้อมกันนั้นยังสามารถดูค่าตัวแปรต่างๆที่สัมพันธ์กันกับโมเดลได้ เช่น A, B, π และยังสามารถแสดงรูปร่างของ Model ออกมาในรูปแบบของกราฟฟิก



3.1.4.1 การเลือกค่าประมาณเริ่มต้น

ปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจของการปรับแต่งฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลในการจดจำนี้ก็คือ การเลือกค่าประมาณเริ่มต้นให้กับส่วนประกอบต่างๆของ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล ซึ่งจะเป็นประเด็นที่เราจะต้องพิจารณา

3.1.4.1.1 การกำหนดค่าให้แมททริก π

ในการวิจัยนี้ เลือกที่จะกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยค่าที่เท่ากัน

$$\pi_i = 1/N$$

ด้วยเหตุที่ต้องการสร้างสภาพเอื้อต่อการเริ่มต้นที่ทุกๆ state ได้เท่าๆกัน

3.1.4.1.2 การกำหนดค่าให้แมททริก A และB

ค่าเริ่มต้นที่ได้นี้จะได้มาจากการสุ่มโดยที่ค่าไม่เท่ากับศูนย์ และจะต้องถูกต้องตามข้อกำหนดข้างล่างนี้ด้วย

$$\sum_{j=1}^{N} a_{ij} = 1, \qquad i=1,2,3,\ldots,N$$

$$\sum_{k=1}^{M} b_j(k) = 1,$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานวิจัยนี้เลือกการกำหนดค่าเริ่มต้นดังนี้

$a_{ij} = 1/N + \varepsilon$ k=1,2, 3, ..., M

$b_j(k) = 1/M + \varepsilon$

โดยที่ค่า ε คือค่าที่สุ่ม หลังจากการสุ่มจะต้องมีการปรับค่าให้เป็นไปตามสมการข้างบน สามารถทำได้โดย

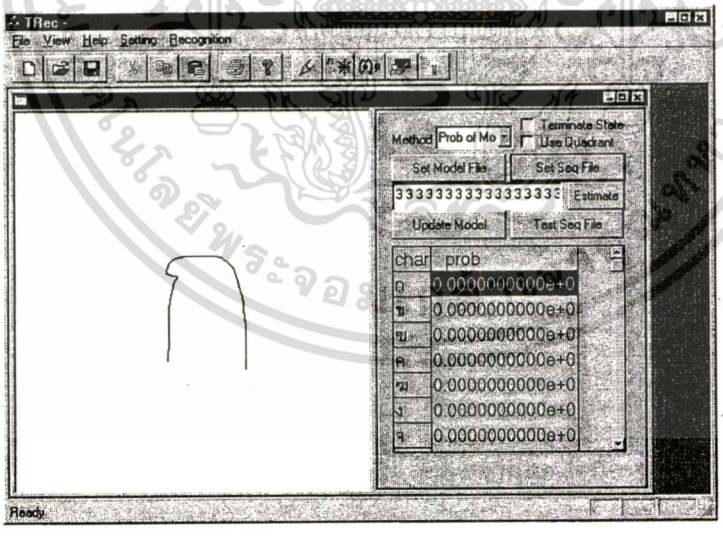
$$a_{ij} = a_{ij} / \sum_{j=1}^{N} a_{ij}$$

$$b_j(k) = b_j(k) / \sum_{j=1}^{N} b_j(k)$$

แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการกำหนดค่าจะประยุกต์ให้สอดคล้องกับลักษณะชนิดของ ฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลที่เลือกเช่นกัน จากสมการต่างๆที่กล่าวมาสำหรับการกำหนดค่าเริ่มต้นนี้ เป็นการบรรยายถึง Ergodic โมเดล

3.1.5 กระบวนการการจดจำ

Model ต่างๆที่ได้จากการ train จะมาเป็นฐานข้อมูลให้กับ application ในการจดจำตัวอักษร เมื่อผู้เขียนเขียนข้อมูลเข้ามาให้กับ application application จะทำการตรวจสอบและคัดเลือกผลลัพธ์ จาก Model ต่างๆว่า ข้อมูลที่เข้ามาเป็นตัวอักษรไทยตัวใด



ในงานวิจัยนี้ การส่งข้อมูลจาก กระบวนการที่ 2 - 4 จะเป็นในลักษณะ ของ file เพื่อให้ง่ายต่อการปรับแต่ง และการนำกลับมาใช้อีกในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ในส่วนของ hardware และ software ดังต่อไปนี้

1.2.1 ฮาร์ดแวร์

- หน่วยประมวลผลกลาง Pentium
- ความถี่ เมกกะเฮิรท์
- หน่วยความจำ 128 เมกกะไบต์
- ความจุจานบันทึกแบบแข็ง 4 กิกกะไบต์
- Mouse Pen (Genius,Model : EasyPen)

1.2.2 ซอร์ฟแวร์

- Microsoft Windows 98
- Microsoft Visual C++ version 5.0

3.3 ขั้นตอนการทำวิจัย

1. ฝึกสอนโมเดลด้วยข้อมูลที่เตรียมไว้เบื้องต้น(ชุดทดสอบ)
2. ทดสอบโมเดลที่ได้จากการฝึกสอนด้วยข้อมูลจากชุดทดสอบ
3. ทดสอบโมเดลที่ได้จากการเขียนโดยผู้ใช้
4. ปรับแต่งในส่วนต่างๆ(อินพุท, เอาท์พุท และ กระบวนการ)
5. ประเมินผลที่ได้รับจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยได้ทำการ train แต่ละ model โดยมีสภาวะแวดล้อมต่างๆดังนี้

1) ตัวอักษรที่ทำการทดลอง : ตัวอักษรพยัญชนะที่มีลักษณะการเขียนให้สำเร็จตามรูปแบบด้วยการยก ปากกาเพียงครั้งเดียว (38 ตัวอักษร) นั่นก็คือ

ก ข ค ฆ ง จ ฉ ช ฌ ฎ ฏ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท ธ น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ ม ย ร ล ว ส ห อ ฮ

2) จำนวนลำดับข้อมูลที่ใช้ในการฝึกจำแต่ละโมเดลประมาณ 60 ชุด/ 1 ตัวอักษร

3) เพิ่มการพิจารณา state จบของโมเดล

4.1 ผลความถูกต้องจากการทดลองกับชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกหัด

4.1.1 ผลเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของ Ergodic Model กับชุดข้อมูลตัวอักษรต่างๆ

ตัวอักษร	Seq No.	ครั้งที่1		ครั้งที่2	
		ปกติ	ปกติ + terminate	ปกติ	ปกติ + terminate
ก	60	93.33333	93.33333	95.00000	95.00000
ข	60	96.66667	98.33333	70.00000	88.33333
ฃ	57	8.771930	10.52632	40.35088	47.36842
ค	62	98.38710	100	24.19355	32.25806
ฆ	60	91.66667	91.66667	80.00000	80.00000
ง	59	5.084746	84.74576	40.67797	45.76271
จ	60	83.33333	90.00000	100	100
ฉ	60	90.00000	96.66667	86.66667	96.66667
ช	59	83.05085	84.74576	86.44068	88.13559
ฌ	59	100	100	100	100
ฌ	60	75.00000	75.00000	100	100
ฎ	58	77.58621	77.58621	100	100
ฏ	61	96.72131	96.72131	88.52459	88.52459
ฑ	60	81.66667	96.66667	45.00000	53.33333
ฒ	55	100	100	76.36364	80.00000
ณ	62	100	100	98.38710	98.38710

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด	54	62.96296	79.62963	66.66667	75.92593
ต	59	6.779661	33.89831	13.55932	20.33898
ถ	61	11.47541	11.47541	62.29508	63.93443
ท	61	45.90164	47.54098	19.67213	55.73770
ธ	61	75.40984	78.68852	98.36066	98.36066
น	59	81.35593	83.05085	96.61017	96.61017
บ	63	26.98413	44.44444	11.11111	19.04762
ป	61	19.67213	31.14754	22.95082	27.86885
ผ	61	65.57377	75.40984	55.73770	62.29508
ฝ	59	44.06780	47.45763	67.79661	67.79661
พ	62	69.35484	77.41935	61.29032	61.29032
ฟ	61	44.26230	50.81967	80.32787	80.32787
ภ	64	96.87500	98.43750	96.87500	96.87500
ม	63	95.23810	95.23810	96.82540	96.82540
ย	68	98.52941	98.52941	97.05882	1.470588
ร	63	90.47619	93.65079	92.06349	96.82540
ล	64	78.12500	79.68750	60.93750	62.50000
ว	61	67.21311	67.21311	100	100
ห	64	85.93750	87.50000	96.87500	100
ฬ	72	100	100	100	100
อ	64	98.43750	100	92.18750	96.87500
ฮ	60	96.66667	100	100	100
เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย		72.17283	78.34817	74.23174	75.64935

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของ Left-Right กับชุดข้อมูลตัวอักษรต่างๆ

ตัวอักษร	Seq No.	ครั้งที่1		ครั้งที่2	
		ปกติ	ปกติ + terminate	ปกติ	ปกติ + terminate
ก	60	100	100	100	100
ข	60	100	61.66667	61.66667	61.66667
ฃ	57	56.14035	17.54386	17.54386	36.84211
ค	62	29.03226	48.38710	48.38710	72.58065
ฆ	60	1.666667	76.66667	76.66667	81.66667
ง	59	8.474576	1.694915	0	18.64407
จ	60	41.66667	13.33333	100	18.33333
ฉ	60	1.666667	3.333333	3.333333	1.666667
ช	59	15.25424	18.64407	18.64407	15.25424
ซ	59	30.50847	16.94915	16.94915	37.28814
ฌ	60	0	70.00000	0	6.666667
ญ	58	100	93.10345	93.10345	96.55172
ฎ	61	90.16393	91.80328	91.80328	65.57377
ฑ	60	76.66667	80.00000	80.00000	91.66667
ฒ	55	81.81818	80.00000	80.00000	81.81818
ณ	62	25.80645	75.80645	75.80645	83.87097
ด	54	25.92593	29.62963	29.62963	31.48148
ต	59	49.15254	28.81356	28.81356	1.694915
ถ	61	8.196721	1.639344	1.639344	8.196721
ท	61	11.47541	8.196721	8.196721	11.47541
ธ	61	27.86885	19.67213	19.67213	100
น	59	15.25424	38.98305	38.98305	16.94915
บ	63	26.98413	30.15873	30.15873	17.46032
ป	61	1.639344	9.836066	9.836066	1.639344
ผ	61	0	0	0	9.836066
ฝ	59	100	100	100	84.74576
พ	62	59.67742	85.48387	85.48387	79.03226
ฟ	61	85.24590	39.34426	39.34426	44.26230
ภ	64	100	76.56250	76.56250	100
ม	63	4.761905	4.761905	4.761905	7.936508

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย	68	16.17647	97.05882	97.05882	66.17647
ร	63	100	95.23810	95.23810	55.55556
ล	64	95.31250	98.43750	98.43750	100
ว	61	90.16393	100	100	100
ห	64	96.87500	92.18750	92.18750	100
ฟ	72	40.27778	37.50000	37.50000	43.05556
อ	64	93.75000	37.50000	37.50000	81.25000
ฮ	60	60.00000	75.00000	75.00000	98.33333
เปอร์เซนต์เฉลี่ย		49.14745	51.44568	51.83968	53.39925

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของ Model กับชุดข้อมูลทดสอบ

ตัวอักษร	Seq No.	Ergodic Hmm		Left-Right	
		ปกติ	ปกติ + terminate	ปกติ	ปกติ + terminate
ก	60	25.00000	21.66667	71.66667	81.66667
ข	60	0	0	0	0
ฃ	57	5.000000	3.333333	3.333333	3.333333
ค	62	20.00000	20.00000	75.00000	75.00000
ฅ	60	55.55556	57.14286	84.12698	0
ง	59	27.86885	31.14754	0	0
จ	60	71.66667	73.33333	3.333333	3.333333
ฉ	60	81.66667	96.66667	0	0
ช	59	41.66667	65.00000	3.333333	3.333333
ฌ	59	76.66667	75.00000	60.00000	60.00000
ญ	60	53.33333	41.66667	1.666667	1.666667
ฎ	58	0	0	70.96774	70.96774
ฏ	61	46.77419	48.38710	33.87097	33.87097
ฐ	60	1.639344	4.918033	34.42623	34.42623
ฑ	55	26.66667	28.33333	65.00000	65.00000
ฒ	62	48.38710	51.61290	62.90323	62.90323
ด	54	9.523810	31.74603	4.761905	4.761905
ต	59	3.921569	9.803922	9.803922	9.803922
ถ	61	9.230769	10.76923	0	0
ท	61	0	0	0	0
ธ	61	17.74194	19.35484	100	100
น	59	96.72131	98.36066	3.278689	3.278689
บ	63	1.666667	13.33333	13.33333	13.33333
ป	61	3.225806	4.838710	0	0
ผ	61	51.66667	51.66667	20.00000	20.00000
ฝ	59	48.38710	50.00000	98.38710	98.38710
พ	62	31.74603	92.06349	77.77778	77.77778
ฟ	61	88.52459	0	21.31148	21.31148
ภ	64	94.33962	94.33962	81.13208	81.13208
ม	63	76.92308	78.46154	9.230769	9.230769

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย	68	0	0	41.66667	41.66667
ร	63	79.66102	86.44068	25.42373	25.42373
ล	64	68.18182	69.69697	98.48485	100
ว	61	58.33333	60.00000	100	100
ห	64	88.70968	88.70968	91.93548	91.93548
ฟ	72	1.000000	100	34.92063	34.92063
อ	64	64.91228	78.94737	56.14035	56.14035
ฮ	60	79.16667	88.88889	72.22222	72.22222
เปอร์เซนต์เฉลี่ย		40.9	45.9	40.2	38.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

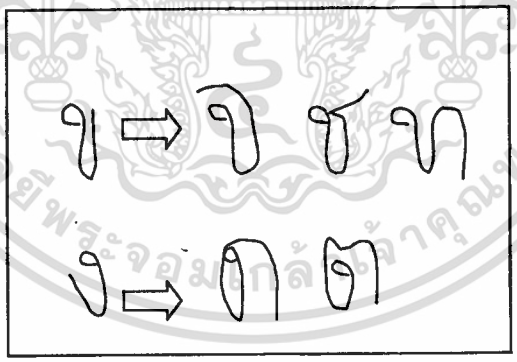
บทที่ 5

สรุป

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการนำเอาฮิดเดนมาร์คอฟโมเดลมาประยุกต์ เพื่อใช้ในการจดจำตัวอักษรเขียนภาษาไทย โดยการประเมินผลการวิจัยครั้งนี้จะประเมินออกมาจากเปอร์เซนต์ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการจดจำ

5.1 ผลที่ได้รับ

1. ทราบว่าฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลสามารถจำข้อมูลลำดับใดๆ โดยง่ายดังนั้นด้วยโปรแกรมเดียวกันนี้ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจดจำลายมือเขียนภาษาใดๆในเบื้องต้นได้
2. ในกรณีที่ผลการทดลองออกมาค่อนข้างต่ำเนื่องด้วยปัญหาทางด้านต่างๆเช่นลักษณะของการเขียนตัวอักษร ถ้าเราจะคิดเฉพาะในส่วนของฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดล ปัญหาที่พบเนื่องมาจากตัวอักษรภาษาไทยหลายตัวที่มีลักษณะเป็นส่วนประกอบของตัวอื่น เช่น ข ง ฯลฯ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงทำให้ โมเดลของตัวอักษรที่เป็นส่วนประกอบของตัวอักษรอื่นจะมีคู่แข่งมากกว่าเดิม

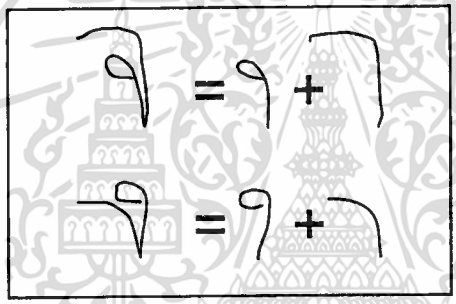


รูป ตัวอย่างตัวอักษรที่เป็นส่วนประกอบของตัวอักษรอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อุปสรรคและความผิดพลาด

1. ด้วยลักษณะการเรียนรู้ของฮิดเดนมาร์คอร์ฟโมเดลในการเรียนรู้ที่จะมีการกองกันของข้อมูลที่ state ส่วนหน้า พร้อมกันนั้นในกรณีที่ชุดอินพุทที่มีขนาดยาว การกองกันที่ส่วนหน้าในการฝึกหัดนี้เอง จึงทำให้เป็นไปได้สูงที่ state แรกจะมีความน่าจะเป็นของจำนวนอินพุทที่เกิดขึ้นได้เป็นจำนวนมาก จึงทำให้โอกาสในการแยก ชุดข้อมูล ที่ไม่ถูกต้องออกไปในช่วงแรกมีน้อยลงตามด้วย
   ยิ่งในโมเดล Left-Right การที่ state มากองที่ส่วนหลังจะเป็นลักษณะที่จะพบเสมอ (ดูได้ใน Appendix)
2. ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์เมาส์ หรือเมาส์เพน คุณภาพของข้อมูลที่ได้ออกมายังต่างจากตัวอักษรที่เกิดจากการเขียนกับกระดาษตรงๆ ที่สำคัญในส่วนของการเริ่มต้น และการจบของตัวอักษร จะเกิดการตวัดซึ่งทำให้ข้อมูลมีการผิดเพี้ยนไป
3. ในตัวอักษรที่มีความคล้ายในช่วงเริ่มต้นของการเขียน ประกอบกับลักษณะของโมเดลที่มีการกองกันของโมเดลที่ state ท้ายๆ ดังนั้นจึงเกิดโอกาสผิดพลาดได้สูงมาก



5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ในอนาคตสามารถนำไปพัฒนาเพิ่ม เพื่อจดจำตัวอักษรลายมือเขียน ที่มีการยกปากกามากกว่าหนึ่งครั้ง แนวทางการพัฒนา เราสามารถที่เพิ่มรหัสสำหรับการยกปากกา หรือสามารถพิจารณาในลักษณะของชุดข้อมูลของการยกปากกา (พิจารณาในลักษณะลำดับชั้น)
2) ในตัวอักษรที่มีองค์ประกอบมากๆ ควรจะมีการเพิ่มจำนวน state ของโมเดลนั้นๆให้เหมาะสม(มากกว่าตัวปกติ)
3) นอกจากการจดจำข้อมูลตรงๆแล้ว ปัจจัยอื่นๆ หรือรายละเอียดอื่นๆตามลักษณะของข้อมูล สมควรจะนำมาประกอบในการพิจารณาให้มากกว่านี้ เช่น นำเอา ลักษณะของหัวตัวอักษร หรือ นำเอาพิกัดทางด้านควอทแดรนท์ มาผสมประกอบในการกำหนดรหัสของทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

A.J.Elms "A connected acter recogniser using Level Building of HMMs". UK.

Biing-Hwang Juang and Lawrence Rabiner. 1993. **Fundamentals of Speech Recognition,** Prentice Hall: TK7895.S65R33.

L.R. Rabiner. Feb 1989. "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition", Proc. IEEE. vol. 77. no. 2.

"On-Line Recognition of Handwriten Chinese acters Based on Hidden Markov Models". 1997. Pattern Recognition Vol.30 No.9 pp 1489-1500.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการทดลองที่ 1

Ergodic Model without Terminate State Condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 9.333333e-001	ข = 1.666667e-002 ณ = 5.000000e-002
ข	60	ข = 9.666667e-001	ท = 1.666667e-002 ป = 1.666667e-002
ข	57	ข = 8771930e-002	ม = 3.508772e-002 ข = 7.017544e-001 ท = 1.578947e-001 ท = 1.754386e-002
ค	62	ค = 9.838710e-001	ฟ = 1.612903e-002
ม	60	ม = 9.166667e-001	ข = 5.000000e-002 ณ = 3.333333e-002
ง	59	ง = 5.084746e-002	ฏ = 3.728814e-001 ฒ = 8.474576e-002 ณ = 1.694915e-002 ด = 3.220339e-001 ท = 3.389831e-002 ธ = 6.779661e-002 ม = 5.084746e-002
จ	60	จ = 8.333333e-001	ธ = 1.666667e-002 ภ = 1.666667e-002 ล = 5.000000e-002 ฟ = 8.333333e-002
ฉ	60	ฉ = 9.000000e-001	น = 8.333333e-002 ฟ = 1.666667e-002
ข	59	ข = 8.305085e-001	ข = 1.694915e-002 ฏ = 3.389831e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฎ = 1.694915e-002 ธ = 3.389831e-002 ภ = 1.694915e-002 ฟ = 5.084746e-002
ช	59	ช = 1.000000e+000	
ฌ	60	ฌ = 7.500000e-001	ฆ = 1.666667e-002 ณ = 2.333333e-001
ฎ	58	ฎ = 7.758621e-001	ฎ = 2.241379e-001
ฏ	61	ฏ = 9.672131e-001	ฎ = 3.278689e-002
ท	60	ท = 8.166667e-001	ฆ = 1.833333e-001
ฒ	55	ฒ = 1.000000e+000	
ณ	62	ณ = 1.000000e+000	
ด	54	ด = 6.296296e-001	ฆ = 1.851852e-002 ฉ = 1.851852e-002 ฒ = 2.962963e-001 น = 3.703704e-002
ต	59	ต = 6.779661e-002	ฆ = 3.389831e-002 ฒ = 8.474576e-001 ด = 3.389831e-002 ม = 1.694915e-002
ถ	61	ถ = 1.147541e-001	ช = 4.918033e-002 ณ = 8.360656e-001
ท	61	ท = 4.590164e-001	ฒ = 3.278689e-002 ด = 2.295082e-001 น = 2.131148e-001 บ = 1.639344e-002 พ = 1.639344e-002 ห = 3.278689e-002
ธ	61	ธ = 7.540984e-001	ช = 4.918033e-002 ช = 1.311475e-001 ฏ = 1.639344e-002 ฟ = 4.918033e-002
น	59	น = 8.135593e-001	ฆ = 1.694915e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฒ = 3.389831e-002 ด = 6.779661e-002 บ = 1.694915e-002 ม = 1.694915e-002 ฟ = 3.389831e-002
บ	63	บ = 2.698413e-001	ข = 3.174603e-001 ช = 7.936508e-002 ป = 9.523810e-002 ฟ = 2.380952e-001
ป	61	ป = 1.967213e-001	ข = 3.114754e-001 บ = 4.590164e-001 ฟ = 3.278689e-002
ผ	61	ผ = 6.557377e-001	ค = 3.278689e-002 ช = 1.639344e-002 ฝ = 1.311475e-001 ย = 1.639344e-002 ฟ = 1.475410e-001
ฝ	59	ฝ = 4.406780e-001	ค = 1.694915e-002 ช = 1.694915e-002 ผ = 2.881356e-001 ย = 1.864407e-001 ฟ = 5.084746e-002
พ	62	พ = 6.935484e-001	ท = 1.612903e-002 น = 3.225806e-002 ฟ่ = 1.451613e-001 ฟ = 1.129032e-001
ฟ่	61	ฟ่ = 4.426230e-001	ฒ = 1.639344e-002 ท = 1.639344e-002 บ = 6.557377e-002 ป = 1.639344e-002 พ = 2.950820e-001 ฟ = 1.475410e-001
ภ	64	ภ = 9.687500e-001	ฎ = 1.562500e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฟ = 1.562500e-002
ม	63	ม = 9.523810e-001	ฆ = 3.174603e-002 ฒ = 1.587302e-002
ย	68	ย = 9.852941e-001	ฮ = 1.470588e-002
ร	63	ร = 9.047619e-001	ฎ = 1.587302e-002 ฏ = 4.761905e-002 ภ = 1.587302e-002 อ = 1.587302e-002
ล	64	ล = 7.812500e-001	จ = 1.562500e-002 ช = 1.562500e-002 ฒ = 4.687500e-002 ณ = 3.125000e-002 ภ = 4.687500e-002 ฟ = 6.250000e-002
ว	61	ว = 6.721311e-001	อ = 3.278689e-001
ห	64	ห = 8.593750e-001	น = 1.562500e-002 ภ = 9.375000e-002 ฟ = 3.125000e-002
ฟ	72	ฟ = 1.000000e+000	
อ	64	อ = 9.843750e-001	ฮ = 1.562500e-002
ฮ	60	ฮ = 9.666667e-001	อ = 3.333333e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 2

Ergodic Model with Terminate State Condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 9.333333e-001	ข = 1.666667e-002 ณ = 5.000000e-002
ข	60	ข = 9.833333e-001	ป = 1.666667e-002
ข	57	ข = 1.052632e-001	ม = 3.508772e-002 ร = 7.543860e-001 ท = 1.052632e-001
ค	62	ค = 1.000000e+000	
ม	60	ม = 9.166667e-001	ข = 5.000000e-002 ณ = 3.333333e-002
ง	59	ง = 8.474576e-002	จ = 5.084746e-002 ฎ = 5.084746e-002 ฏ = 6.779661e-002 ฒ = 1.694915e-002 ณ = 3.389831e-002 ต = 5.593220e-001 ท = 3.389831e-002 ธ = 1.694915e-002 ม = 8.474576e-002
จ	60	จ = 9.000000e-001	น = 1.666667e-002 ภ = 1.666667e-002 ล = 5.000000e-002 ฟ = 1.666667e-002
ฉ	60	ฉ = 9.666667e-001	น = 3.333333e-002
ข	59	ข = 8.474576e-001	ข = 1.694915e-002 ฎ = 5.084746e-002 ฏ = 1.694915e-002 ธ = 3.389831e-002 ฟ = 3.389831e-002
ข	59	ข = 1.000000e+000	
ฒ	60	ฒ = 7.500000e-001	ม = 1.666667e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ณ = 2.333333e-001
ฎ	58	ฎ = 7.758621e-001	ฎ = 2.241379e-001
ฏ	61	ฏ = 9.672131e-001	ฏ = 3.278689e-002
ฑ	60	ฑ = 9.666667e-001	ค = 1.666667e-002 ฆ = 1.666667e-002
ฒ	55	ฒ = 1.000000e+000	
ณ	62	ณ = 1.000000e+000	
ด	54	ด = 7.962963e-001	ฆ = 1.851852e-002 ฉ = 5.555556e-002 ฒ = 3.703704e-002 น = 7.407407e-002 ภ = 1.851852e-002
ต	59	ต = 3.389831e-001	ข = 5.084746e-002 ฉ = 6.779661e-002 ช = 1.694915e-002 ฌ = 1.694915e-002 ฒ = 1.016949e-001 ด = 3.050847e-001 บ = 1.694915e-002 ภ = 1.694915e-002 ม = 6.779661e-002
ถ	61	ถ = 1.147541e-001	ณ = 8.852459e-001
ท	61	ท = 4.754098e-001	ด = 2.459016e-001 น = 1.967213e-001 บ = 1.639344e-002 พ = 1.639344e-002 ภ = 1.639344e-002 ห = 3.278689e-002
ธ	61	ธ = 7.868852e-001	ข = 1.639344e-002 ช = 1.311475e-001 ฑ = 1.639344e-002 ฟ = 4.918033e-002
น	59	น = 8.305085e-001	ฆ = 1.694915e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฒ = 3.389831e-002 ด = 6.779661e-002 บ = 3.389831e-002 ม = 1.694915e-002
บ	63	บ = 4.444444e-001	ป = 3.968254e-001 ป่ = 1.428571e-001 ภ = 1.587302e-002
ป	61	ป = 3.114754e-001	ป = 1.803279e-001 ป = 1.639344e-002 บ = 4.754098e-001 ผ = 1.639344e-002
ผ	61	ผ = 7.540984e-001	ค = 1.639344e-002 ป = 1.639344e-002 ฝ = 1.967213e-001 ย = 1.639344e-002
ฝ	59	ฝ = 4.745763e-001	ค = 1.694915e-002 ป = 1.694915e-002 ผ = 3.050847e-001 ย = 1.864407e-001
พ	62	พ = 7.741935e-001	ฒ = 1.612903e-002 น = 3.225806e-002 บ = 1.612903e-002 ฟ = 1.612903e-001
ฟ	61	ฟ = 5.081967e-001	น = 1.639344e-002 บ = 3.278689e-002 ป = 8.196721e-002 พ = 3.606557e-001
ภ	64	ภ = 9.843750e-001	ฎ = 1.562500e-002
ม	63	ม = 9.523810e-001	ฆ = 3.174603e-002 ฒ = 1.587302e-002
ย	68	ย = 9.852941e-001	ฮ = 1.470588e-002
ร	63	ร = 9.365079e-001	ฎ = 1.587302e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฏ = 4.761905e-002
ล	64	ล = 7.968750e-001	จ = 7.812500e-002 ฯ = 1.562500e-002 ณ = 6.250000e-002 ภ = 4.687500e-002
ว	61	ว = 6.721311e-001	ย = 3.278689e-001
ห	64	ห = 8.750000e-001	ภ = 1.250000e-001
ฟ	72	ฟ = 1.000000e+000	
อ	64	อ = 1.000000e+000	
ฮ	60	ฮ = 1.000000e+000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 3

Ergodic Model without Terminate state condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 9.500000e-001	ข = 3.333333e-002 ฌ = 1.666667e-002
ข	60	ข = 7.000000e-001	ข = 2.166667e-001 ฌ = 3.333333e-002 น = 3.333333e-002 ม = 1.666667e-002
ข	57	ข = 4.035088e-001	ฆ = 1.754386e-002 ข = 5.438596e-001 ฌ = 1.754386e-002 น = 1.754386e-002
ค	62	ค = 2.419355e-001	ข = 1.612903e-001 ฌ = 1.612903e-002 ณ = 4.838710e-002 ฟ = 5.322581e-001
ฆ	60	ฆ = 8.000000e-001	ข = 5.000000e-002 ข = 5.000000e-002 ฌ = 1.000000e-001
ง	59	ง = 4.067797e-001	ฉ = 1.355932e-001 ช = 1.694915e-002 ฌ = 1.694915e-002 ด = 1.864407e-001 น = 2.033898e-001 ม = 1.694915e-002 ฟ = 1.694915e-002
จ	60	จ = 1.000000e+000	
ฉ	60	ฉ = 8.666667e-001	น = 3.333333e-002 ฟ = 1.000000e-001
ช	59	ช = 8.644068e-001	ข = 1.694915e-002 ฎ = 3.389831e-002 น = 1.694915e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ภ = 1.694915e-002 ฟ = 5.084746e-002
ซ	59	ซ = 1.000000e+000	
ฌ	60	ฌ = 1.000000e+000	
ฎ	58	ฎ = 1.000000e+000	
ฏ	61	ฏ = 8.852459e-001	ฏ = 1.147541e-001
ฑ	60	ฑ = 4.500000e-001	ซ = 3.333333e-002 ฆ = 4.000000e-001 ฐ = 8.333333e-002 ฌ = 1.666667e-002 ญ = 1.666667e-002
ฒ	55	ฒ = 7.636364e-001	ฆ = 5.454545e-002 ช = 9.090909e-002 ฌ = 9.090909e-002
ณ	62	ณ = 9.838710e-001	ฌ = 1.612903e-002
ด	54	ด = 6.666667e-001	ฆ = 1.851852e-002 ฉ = 5.555556e-002 น = 2.592593e-001
ต	59	ต = 1.355932e-001	ฉ = 3.050847e-001 ช = 1.864407e-001 ฌ = 1.694915e-002 ฒ = 6.779661e-002 ด = 1.016949e-001 น = 1.186441e-001 ภ = 1.694915e-002 ม = 5.084746e-002
ถ	61	ถ = 6.229508e-001	ซ = 3.278689e-002 ฌ = 2.786885e-001 ณ = 4.918033e-002 ฟ = 1.639344e-002
ท	61	ท = 1.967213e-001	ด = 1.803279e-001 น = 1.311475e-001 พ = 1.639344e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฟ = 4.754098e-001
ธ	61	ธ = 9.836066e-002	ช = 5.901639e-001 ซ = 4.918033e-002 บ = 1.639344e-002 ม = 1.639344e-002 ฟ = 2.295082e-001
น	59	น = 9.661017e-001	ด = 3.389831e-002
บ	63	บ = 1.111111e-001	ข = 1.904762e-001 ค = 1.587302e-002 ช = 1.111111e-001 ป = 7.936508e-002 ภ = 1.587302e-002 ม = 1.904762e-001 ฟ = 2.857143e-001
ป	61	ป = 2.295082e-001	ข = 2.786885e-001 ซ = 4.918033e-002 น = 3.278689e-002 บ = 2.459016e-001 ม = 9.836066e-002 ฟ = 6.557377e-002
ผ	61	ผ = 5.573770e-001	ฝ = 3.770492e-001 ฟ = 6.557377e-002
ฝ	59	ฝ = 6.779661e-001	ผ = 2.711864e-001 ย = 5.084746e-002
พ	62	พ = 6.129032e-001	ท = 3.225806e-002 ฟ = 3.387097e-001 ฟ = 1.612903e-002
ฟ	61	ฟ = 8.032787e-001	พ = 1.967213e-001
ภ	64	ภ = 9.687500e-001	ฎ = 3.125000e-002
ม	63	ม = 9.682540e-001	ฆ = 1.587302e-002 น = 1.587302e-002
ย	68	ย = 9.705882e-001	ผ = 1.470588e-002 อ = 1.470588e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร	63	ร = 9.206349e-001	ฏ = 1.587302e-002 ภ = 1.587302e-002 ว = 3.174603e-002 อ = 1.587302e-002
ล	64	ล = 6.093750e-001	จ = 1.562500e-001 ฉ = 1.562500e-002 ช = 6.250000e-002 ณ = 4.687500e-002 ถ = 1.562500e-002 ภ = 3.125000e-002 ฟ = 6.250000e-002
ว	61	ว = 1.000000e+000	
ห	64	ห = 9.687500e-001	น = 1.562500e-002 ฟ = 1.562500e-002
ฟ	72	ฟ = 1.000000e+000	
อ	64	อ = 9.218750e-001	ย = 3.125000e-002 ว = 1.562500e-002 ฮ = 3.125000e-002
ฮ	60	ฮ = 1.000000e+000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4

Ergodic Model with Terminate state condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 9.500000e-001	ข = 3.333333e-002 ฌ = 1.666667e-002
ข	60	ข = 8.833333e-001	ฒ = 5.000000e-002 น = 3.333333e-002 ภ = 1.666667e-002 ม = 1.666667e-002
ข	57	ข = 4.736842e-001	ฆ = 1.754386e-002 ข = 4.385965e-001 ฌ = 5.263158e-002 น = 1.754386e-002
ค	62	ค = 3.225806e-001	ข = 1.612903e-001 ฌ = 1.612903e-002 ณ = 4.838710e-002 ฟ = 4.516129e-001
ฆ	60	ฆ = 8.000000e-001	ข = 5.000000e-002 ข = 5.000000e-002 ฌ = 1.000000e-001
ง	59	ง = 4.576271e-001	ฌ = 1.694915e-002 ด = 2.203390e-001 น = 2.711864e-001 ม = 1.694915e-002 ฟ = 1.694915e-002
จ	60	จ = 1.000000e+000	
ฉ	60	ฉ = 9.666667e-001	ข = 1.666667e-002 ฟ = 1.666667e-002
ช	59	ช = 8.813559e-001	ข = 1.694915e-002 ฏ = 3.389831e-002 ฟ = 6.779661e-002
ข	59	ข = 1.000000e+000	
ฌ	60	ฌ = 1.000000e+000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฎ	58	ฎ = 1.000000e+000	
ฎ	61	ฎ = 8.852459e-001	ฎ = 1.147541e-001
ฑ	60	ฑ = 5.333333e-001	ฒ = 1.666667e-002 ฆ = 1.666667e-001 ฐ = 2.500000e-001 ฌ = 1.666667e-002 ญ = 1.666667e-002
ฒ	55	ฒ = 8.000000e-001	ฆ = 5.454545e-002 ฐ = 3.636364e-002 ฌ = 1.090909e-001
ณ	62	ณ = 9.838710e-001	ฌ = 1.612903e-002
ด	54	ด = 7.592593e-001	ฉ = 9.259259e-002 ฒ = 1.851852e-002 น = 1.111111e-001 ฟ = 1.851852e-002
ต	59	ต = 2.033898e-001	ฉ = 4.406780e-001 ฌ = 1.694915e-002 ฒ = 6.779661e-002 ด = 1.864407e-001 พ = 1.694915e-002 ภ = 3.389831e-002 ฟ = 3.389831e-002
ถ	61	ถ = 6.393443e-001	ฐ = 3.278689e-002 ฌ = 2.622951e-001 ญ = 4.918033e-002 ฟ = 1.639344e-002
ท	61	ท = 5.573770e-001	ด = 3.278689e-001 พ = 6.557377e-002 ภ = 1.639344e-002 ห = 1.639344e-002 ฟ = 1.639344e-002
ธ	61	ธ = 9.836066e-002	ฑ = 5.573770e-001 ฐ = 3.278689e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ภ = 1.639344e-002 ฟ = 2.950820e-001
น	59	น = 9.661017e-001	ต = 3.389831e-002
บ	63	บ = 1.904762e-001	ข = 2.063492e-001 ค = 1.587302e-002 ป = 1.428571e-001 ภ = 1.587302e-002 ม = 3.809524e-001 ฟ = 4.761905e-002
ป	61	ป = 2.786885e-001	ข = 2.622951e-001 จ = 1.639344e-002 ช = 3.278689e-002 น = 3.278689e-002 บ = 2.131148e-001 ผ = 1.639344e-002 ม = 1.147541e-001 ฟ = 3.278689e-002
ผ	61	ผ = 6.229508e-001	ฝ = 3.770492e-001
ฝ	59	ฝ = 6.779661e-001	ผ = 2.711864e-001 ย = 5.084746e-002
พ	62	พ = 6.129032e-001	ม = 1.612903e-002 ฟ = 3.709677e-001
ฟ	61	ฟ = 8.032787e-001	พ = 1.967213e-001
ภ	64	ภ = 9.687500e-001	ฎ = 3.125000e-002
ม	63	ม = 9.682540e-001	ฆ = 1.587302e-002 น = 1.587302e-002
ย	68	ผ = 1.470588e-002	ย = 9.852941e-001
ร	63	ร = 9.682540e-001	ฎ = 1.587302e-002 ว = 1.587302e-002
ล	64	ล = 6.250000e-001	จ = 1.718750e-001 ฉ = 1.562500e-002 ช = 1.093750e-001 ถ = 1.562500e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ภ = 3.125000e-002 ฟ = 3.125000e-002
ว	61	ว = 1.000000e+000	
ห	64	ห = 1.000000e+000	
ฟ	72	ฟ = 1.000000e+000	
อ	64	อ = 9.687500e-001	ย = 3.125000e-002
ฮ	60	ฮ = 1.000000e+000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 5

Left-Right Model without terminate state condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 1.000000e+000	
ข	60	ข = 1.000000e-001	ฌ = 7.500000e-001 ด = 1.666667e-002 ต = 5.000000e-002 บ = 3.333333e-002 ฟ = 5.000000e-002
ข	57	ข = 5.614035e-001	ฆ = 2.807018e-001 ท = 1.403509e-001 ณ = 1.754386e-002
ค	62	ค = 2.903226e-001	ผ = 6.451613e-002 ฝ = 3.225806e-002 อ = 6.129032e-001
ฆ	60	ข = 1.666667e-002	ฆ = 9.833333e-001
ง	59	ง = 8.474576e-002	ฌ = 7.966102e-001 ด = 1.186441e-001
จ	60	จ = 4.166667e-001	ฌ = 1.333333e-001 ด = 3.333333e-001 ต = 1.666667e-002 น = 5.000000e-002 ม = 1.666667e-002 ว = 1.666667e-002 ฟ = 1.666667e-002
ฉ	60	ฉ = 1.666667e-002	ฆ = 1.666667e-002 ข = 6.666667e-002 ฌ = 4.666667e-001 ด = 3.166667e-001 น = 3.333333e-002 ม = 1.666667e-002 ฟ = 6.666667e-002
ข	59	ข = 1.525424e-001	ฌ = 8.305085e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ต = 1.694915e-002
ช	59	ช = 3.050847e-001	ม = 2.033898e-001 ณ = 4.745763e-001 ถ = 1.694915e-002
ฌ	60		ม = 5.666667e-001 ณ = 4.333333e-001
ฎ	58	ฎ = 1.000000e+000	
ฎ	61	ฎ = 9.016393e-001	ฎ = 9.836066e-002
ท	60	ท = 7.666667e-001	ช = 1.666667e-001 ม = 6.666667e-002
ฒ	55	ฒ = 8.181818e-001	ฉ = 1.818182e-002 ช = 7.272727e-002 ด = 1.818182e-002 ต = 5.454545e-002 น = 1.818182e-002
ณ	62	ม = 2.580645e-001	ณ = 7.419355e-001
ด	54	ด = 2.592593e-001	ช = 3.703704e-002 ฒ = 3.148148e-001 ต = 3.888889e-001
ต	59	ต = 4.915254e-001	ช = 5.084746e-002 ฒ = 3.559322e-001 ด = 3.389831e-002 ม = 6.779661e-002
ถ	61	ถ = 8.196721e-002	ม = 6.721311e-001 ณ = 2.459016e-001
ท	61	ท = 1.147541e-001	ฒ = 1.639344e-002 ด = 1.639344e-002 ต = 8.196721e-002 บ = 3.278689e-002 พ = 3.934426e-001 ม = 3.442623e-001
ธ	61	ธ = 2.786885e-001	ช = 1.639344e-002 ฎ = 4.098361e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฒ = 1.311475e-001 ณ = 3.278689e-002 ฝ = 3.278689e-002 ย = 8.196721e-002 ร = 1.639344e-002
น	59	น = 1.525424e-001	ฒ = 4.745763e-001 ด = 3.389831e-002 ต = 2.033898e-001 ม = 8.474576e-002 ฟ = 5.084746e-002
บ	63	บ = 2.698413e-001	ฒ = 6.984127e-001 ฟ = 3.174603e-002
ป	61	ป = 1.639344e-002	ฏ = 1.639344e-002 ฒ = 6.229508e-001 บ = 3.278689e-001 ฟ = 1.639344e-002
ผ	61		ฝ = 1.000000e+000
ฝ	59	ฝ = 1.000000e+000	
พ	62	พ = 5.967742e-001	ฒ = 9.677419e-002 ฟ = 3.064516e-001
ฟ	61	ฟ = 8.524590e-001	ฒ = 4.918033e-002 พ = 8.196721e-002 ม = 1.639344e-002
ภ	64	ภ = 1.000000e+000	
ม	63	ม = 4.761905e-002	ฒ = 9.523810e-001
ย	68	ย = 1.617647e-001	ร = 3.382353e-001 ฮ = 5.000000e-001
ร	63	ร = 1.000000e+000	
ล	64	ล = 9.531250e-001	ฆ = 3.125000e-002 จ = 1.562500e-002
ว	61	ว = 9.016393e-001	ร = 9.836066e-002
ห	64	ห = 9.687500e-001	ต = 3.125000e-002
ฬ	72	ฬ = 4.027778e-001	ฒ = 5.694444e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			น = 2.777778e-002
อ	64	อ = 9.375000e-002	ร = 8.437500e-001 ย = 6.250000e-002
ย	60	ย = 6.000000e-001	ร = 4.000000e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 6

Left-Right Model with Terminate State Condition.

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 1.000000e+000	
ข	60	ข = 6.166667e-001	ฌ = 3.333333e-001 น = 1.666667e-002 ป = 3.333333e-002
ฃ	57	ฃ = 1.754386e-001	ฆ = 4.912281e-001 ฑ = 1.578947e-001 ณ = 1.754386e-001
ค	62	ค = 4.838710e-001	ผ = 3.225806e-002 ฝ = 6.451613e-002 ย = 2.903226e-001 ฮ = 1.290323e-001
ฆ	60	ฆ = 7.666667e-001	ณ = 2.333333e-001
ง	59	ง = 1.694915e-002	ฌ = 8.135593e-001 ด = 1.694915e-001
จ	60	จ = 1.333333e-001	ฌ = 1.666667e-002 ด = 3.000000e-001 ต = 1.666667e-002 น = 5.000000e-002 ม = 4.666667e-001 ฟ = 1.666667e-002
ฉ	60	ฉ = 3.333333e-002	ข = 3.333333e-002 ฌ = 1.500000e-001 ด = 2.666667e-001 ต = 1.666667e-002 น = 1.333333e-001 ม = 2.833333e-001 ฟ = 8.333333e-002
ฃ	59	ฃ = 1.864407e-001	ฌ = 7.288136e-001 ต = 1.694915e-002 น = 1.694915e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ม = 3.389831e-002 ฟ = 1.694915e-002
ข	59	ข = 1.694915e-001	ฆ = 2.033898e-001 ณ = 5.762712e-001 ฟ = 5.084746e-002
ฌ	60	ณ = 7.000000e-001	ฆ = 3.000000e-001
ฎ	58	ฎ = 9.310345e-001	ฎ = 6.896552e-002
ฏ	61	ฏ = 9.180328e-001	ฏ = 8.196721e-002
ท	60	ท = 8.000000e-001	ข = 6.666667e-002 ฆ = 1.333333e-001
ฒ	55	ฒ = 8.000000e-001	ข = 9.090909e-002 ต = 1.818182e-002 น = 5.454545e-002 ม = 3.636364e-002
ณ	62	ณ = 7.580645e-001	ฆ = 2.258065e-001 ฟ = 1.612903e-002
ด	54	ด = 2.962963e-001	ข = 3.703704e-002 ฒ = 3.703704e-001 ต = 2.592593e-001 น = 3.703704e-002
ต	59	ต = 2.881356e-001	ข = 3.389831e-002 ฒ = 4.406780e-001 ด = 1.694915e-001 น = 6.779661e-002
ถ	61	ถ = 1.639344e-002	ฆ = 4.262295e-001 ณ = 5.573770e-001
ท	61	ท = 8.196721e-002	ข = 1.639344e-002 ด = 1.639344e-002 ต = 1.147541e-001 น = 2.131148e-001 บ = 1.639344e-002 พ = 5.245902e-001 ม = 1.639344e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธ	61	ธ = 1.967213e-001	ฏ = 6.393443e-001 ณ = 4.918033e-002 ฝ = 8.196721e-002 ฟ = 3.278689e-002
น	59	น = 3.898305e-001	ฒ = 4.067797e-001 ต = 1.016949e-001 ม = 1.016949e-001
บ	63	บ = 3.015873e-001	ฒ = 6.507937e-001 ม = 4.761905e-002
ป่	61	ป่ = 9.836066e-002	ฒ = 5.901639e-001 บ = 2.786885e-001 พ = 1.639344e-002 ฟ = 1.639344e-002
ผ	61		ฝ = 1.000000e+000
ฝ	59	ฝ = 1.000000e+000	
พ	62	พ = 8.548387e-001	ฒ = 9.677419e-002 ฟ = 4.838710e-002
ฟ	61	ฟ = 3.934426e-001	ฒ = 8.196721e-002 พ = 5.245902e-001
ภ	64	ภ = 7.656250e-001	ฏ = 9.375000e-002 ฏ = 1.406250e-001
ม	63	ม = 4.761905e-002	ฒ = 9.523810e-001
ย	68	ย = 9.705882e-001	ฮ = 2.941176e-002
ร	63	ร = 9.523810e-001	ฏ = 3.174603e-002 ภ = 1.587302e-002
ล	64	ล = 9.843750e-001	ฆ = 1.562500e-002
ว	61	ว = 1.000000e+000	
ห	64	ห = 9.218750e-001	ต = 4.687500e-002 น = 3.125000e-002
ฬ	72	ฬ = 3.750000e-001	ฒ = 3.333333e-001 น = 6.944444e-002 ม = 2.222222e-001
อ	64	อ = 3.750000e-001	ร = 5.468750e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฮ = 7.812500e-002
ฮ	60	ฮ = 7.500000e-001	ย = 1.666667e-002 ร = 2.333333e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 7

Left-Right Model without Terminate State Condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 1.000000e+000	
ข	60	ข = 6.166667e-001	ฒ = 3.333333e-001 น = 1.666667e-002 ป = 3.333333e-002
ฃ	57	ฃ = 1.754386e-001	ฆ = 4.912281e-001 ฑ = 1.578947e-001 ณ = 1.754386e-001
ค	62	ค = 4.838710e-001	ผ = 3.225806e-002 ฝ = 6.451613e-002 ย = 2.903226e-001 อ = 1.290323e-001
ฆ	60	ฆ = 7.666667e-001	ณ = 2.333333e-001
ง	59		ฒ = 9.830508e-001 ด = 1.694915e-002
จ	60	จ = 1.000000e-001	ฒ = 5.000000e-002 ด = 3.000000e-001 ต = 1.666667e-002 น = 5.000000e-002 ม = 4.666667e-001 ฟ = 1.666667e-002
ฉ	60	ฉ = 3.333333e-002	ช = 3.333333e-002 ฒ = 1.500000e-001 ด = 2.666667e-001 ต = 1.666667e-002 น = 1.333333e-001 ม = 2.833333e-001 ฟ = 8.333333e-002
ฃ	59	ฃ = 1.864407e-001	ฒ = 7.288136e-001 ต = 1.694915e-002 น = 1.694915e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ม = 3.389831e-002 ฟ = 1.694915e-002
ซ	59	ซ = 1.694915e-001	ฆ = 2.033898e-001 ณ = 5.762712e-001 ฟ = 5.084746e-002
ฌ	60		ฆ = 3.000000e-001 ณ = 7.000000e-001
ฎ	58	ฎ = 9.310345e-001	ฎ = 6.896552e-002
ฏ	61	ฏ = 9.180328e-001	ฏ = 8.196721e-002
ฑ	60	ฑ = 8.000000e-001	ข = 6.666667e-002 ฆ = 1.333333e-001
ฒ	55	ฒ = 8.000000e-001	ช = 9.090909e-002 ต = 1.818182e-002 น = 5.454545e-002 ม = 3.636364e-002
ณ	62	ณ = 7.580645e-001	ฆ = 2.258065e-001 ฟ = 1.612903e-002
ด	54	ด = 2.962963e-001	ช = 1.851852e-002 ฒ = 3.888889e-001 ต = 2.592593e-001 น = 3.703704e-002
ต	59	ต = 2.881356e-001	ข = 3.389831e-002 ฒ = 4.406780e-001 ด = 1.694915e-001 น = 6.779661e-002
ถ	61	ถ = 1.639344e-002	ฆ = 4.262295e-001 ณ = 5.573770e-001
ท	61	ท = 8.196721e-002	ข = 1.639344e-002 ด = 1.639344e-002 ต = 1.147541e-001 น = 2.131148e-001 บ = 1.639344e-002 พ = 5.245902e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ม = 1.639344e-002
ธ	61	ธ = 1.967213e-001	ฏ = 6.393443e-001 ณ = 4.918033e-002 ฝ = 8.196721e-002 ฟ = 3.278689e-002
น	59	น = 3.898305e-001	ฒ = 4.067797e-001 ต = 1.016949e-001 ม = 1.016949e-001
บ	63	บ = 3.015873e-001	ฒ = 6.507937e-001 ม = 4.761905e-002
ป	61	ป = 9.836066e-002	ฒ = 5.901639e-001 บ = 2.786885e-001 พ = 1.639344e-002 ฟ = 1.639344e-002
ผ	61		ฝ = 1.000000e+000
ฝ	59	ฝ = 1.000000e+000	
พ	62	พ = 8.548387e-001	ฒ = 9.677419e-002 ฟ = 4.838710e-002
ฟ	61	ฟ = 3.934426e-001	ฒ = 8.196721e-002 พ = 5.245902e-001
ภ	64	ภ = 7.656250e-001	ฏ = 9.375000e-002 ฏ = 1.406250e-001
ม	63	ม = 4.761905e-002	ฒ = 9.523810e-001
ย	68	ย = 9.705882e-001	ฮ = 2.941176e-002
ร	63	ร = 9.523810e-001	ฏ = 3.174603e-002 ภ = 1.587302e-002
ล	64	ล = 9.843750e-001	ฆ = 1.562500e-002
ว	61	ว = 1.000000e+000	
ห	64	ห = 9.218750e-001	ต = 4.687500e-002 น = 3.125000e-002
ฬ	72	ฬ = 3.750000e-001	ฒ = 3.333333e-001 น = 6.944444e-002 ม = 2.222222e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ	64	อ = 3.750000e-001	ร = 5.468750e-001 ฮ = 7.812500e-002
ฮ	60	ฮ = 7.500000e-001	ย = 1.666667e-002 ร = 2.333333e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 8

Left-Right Model with Terminate State Condition

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 1.000000e+000	
ข	60	ข = 6.166667e-001	ฌ = 3.333333e-001 บ = 3.333333e-002 พ = 1.666667e-002
ฃ	57	ฃ = 3.684211e-001	ฆ = 2.456140e-001 ฐ = 1.754386e-002 ฑ = 2.982456e-001 ณ = 7.017544e-002
ค	62	ค = 7.258065e-001	ผ = 1.451613e-001 ย = 8.064516e-002 อ = 1.612903e-002 ฮ = 3.225806e-002
ฆ	60	ฆ = 8.166667e-001	ฃ = 3.333333e-002 ณ = 1.500000e-001
ง	59	ง = 1.864407e-001	ฌ = 7.457627e-001 ด = 6.779661e-002
จ	60	จ = 1.833333e-001	ฌ = 6.666667e-002 ด = 3.500000e-001 ต = 5.000000e-002 น = 3.333333e-002 ม = 3.000000e-001 ฟ = 1.666667e-002
ฉ	60	ฉ = 1.666667e-002	ฃ = 6.666667e-002 ฌ = 2.000000e-001 ด = 2.333333e-001 ต = 1.333333e-001 น = 1.000000e-001 ม = 1.500000e-001 ฟ = 1.000000e-001
ช	59	ช = 1.525424e-001	ฌ = 8.135593e-001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ม = 1.694915e-002 ฟ = 1.694915e-002
ข	59	ข = 3.728814e-001	ฆ = 2.033898e-001 ฑ = 1.694915e-002 ณ = 3.898305e-001 ถ = 1.694915e-002
ฆ	60	ฆ = 6.666667e-002	ฆ = 2.833333e-001 ณ = 6.166667e-001 ถ = 3.333333e-002
ฏ	58	ฏ = 9.655172e-001	ภ = 3.448276e-002
ฏ	61	ฏ = 6.557377e-001	ฏ = 3.442623e-001
ฑ	60	ฑ = 9.166667e-001	ข = 6.666667e-002 ฆ = 1.666667e-002
ฒ	55	ฒ = 8.181818e-001	ข = 5.454545e-002 ด = 1.818182e-002 น = 5.454545e-002 ม = 5.454545e-002
ณ	62	ณ = 8.387097e-001	ฆ = 1.451613e-001 ถ = 1.612903e-002
ด	54	ด = 3.148148e-001	ฒ = 6.296296e-001 ต = 1.851852e-002 บ = 1.851852e-002 ม = 1.851852e-002
ต	59	ต = 1.694915e-002	ข = 1.694915e-002 ฒ = 7.796610e-001 ด = 1.355932e-001 ม = 5.084746e-002
ถ	61	ถ = 8.196721e-002	ฆ = 3.934426e-001 ณ = 5.245902e-001
ท	61	ท = 1.147541e-001	ฒ = 1.639344e-002 ด = 3.278689e-002 ต = 4.918033e-002 น = 6.557377e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			บ = 1.639344e-002 พ = 6.229508e-001 ม = 8.196721e-002
ธ	61	ธ = 1.000000e+000	
น	59	น = 1.694915e-001	ฒ = 4.915254e-001 ด = 6.779661e-002 ต = 1.694915e-002 ม = 2.542373e-001
บ	63	บ = 1.746032e-001	ฒ = 6.984127e-001 ม = 1.111111e-001 ฟ = 1.587302e-002
ป	61	ป = 1.639344e-002	ฒ = 6.721311e-001 บ = 2.950820e-001 ฟ = 1.639344e-002
ผ	61	ผ = 9.836066e-002	ค = 3.278689e-002 ฝ = 8.688525e-001
ฝ	59	ฝ = 8.474576e-001	ค = 1.694915e-002 ผ = 1.186441e-001 ย = 1.694915e-002
พ	62	พ = 7.903226e-001	ฒ = 1.612903e-001 ฟ = 4.838710e-002
ฟ	61	ฟ = 4.426230e-001	ฒ = 4.918033e-002 พ = 5.081967e-001
ภ	64	ภ = 1.000000e+000	
ม	63	ม = 7.936508e-002	ฒ = 9.206349e-001
ย	68	ย = 6.617647e-001	ผ = 7.352941e-002 อ = 4.411765e-002 ฮ = 2.205882e-001
ร	63	ร = 5.555556e-001	ฦ = 3.492063e-001 ภ = 9.523810e-002
ล	64	ล = 1.000000e+000	
ว	61	ว = 1.000000e+000	
ห	64	ห = 1.000000e+000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พ	72	พ = 4.305556e-001	ฒ = 3.888889e-001 ต = 1.388889e-002 น = 1.388889e-002 ม = 1.527778e-001
อ	64	อ = 8.125000e-001	ถ = 1.562500e-002 ย = 7.812500e-002 ฮ = 9.375000e-002
ฮ	60	ฮ = 9.833333e-001	ย = 1.666667e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 9

Ergodic Model with Testing Data (without Terminate State Condition)

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	ก = 2.500000e-001	ซ = 1.666667e-001 ด = 3.000000e-001 ท = 1.666667e-001 ภ = 8.333333e-002 ฟ = 3.333333e-002
ข	61	-	ซ = 1.147541e-001 น = 9.836066e-002 ฟ = 2.786885e-001 ภ = 3.442623e-001 ม = 9.836066e-002 ฟ = 6.557377e-002
ข	60	ซ = 5.000000e-002	ซ = 1.666667e-002 ซ = 8.500000e-001 ฟ = 8.333333e-002
ค	60	ค = 2.000000e-001	ซ = 4.000000e-001 ผ = 1.000000e-001 ฝ = 5.000000e-002 ฟ = 2.500000e-001
ฆ	63	ฆ = 5.555556e-001	ซ = 6.349206e-002 ซ = 2.539683e-001 ฌ = 9.523810e-002 ม = 3.174603e-002
ง	61	ง = 2.786885e-001	ฉ = 1.475410e-001 ด = 3.442623e-001 น = 1.311475e-001 ภ = 6.557377e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฟ = 3.278689e-002
จ	60	จ = 7.166667e-001	ฉ = 5.000000e-002 ภ = 1.333333e-001 ล = 1.666667e-002 ฟ = 8.333333e-002
ฉ	60	ฉ = 8.166667e-001	น = 5.000000e-002 ฟ = 1.333333e-001
ช	60	ช = 4.166667e-001	น = 3.333333e-002 ผ = 1.666667e-002 ภ = 2.666667e-001 ม = 3.333333e-002 ห = 3.333333e-002 ฟ = 2.000000e-001
ซ	60	ซ = 7.666667e-001	ภ = 3.333333e-002 ห = 1.666667e-002 ฟ = 1.833333e-001
ฌ	60	ฌ = 5.333333e-001	ฆ = 2.000000e-001 ช = 8.333333e-002 ณ = 1.666667e-001 น = 1.666667e-002
ฎ	62	ฎ = 3.064516e-001	ฎ = 6.451613e-002 ภ = 4.516129e-001 ห = 3.225806e-002 ฟ = 9.677419e-002 อ = 4.838710e-002
ฏ	62	ฏ = 4.677419e-001	ฎ = 3.709677e-001 ภ = 3.225806e-002 ฟ = 1.290323e-001
ฑ	61	ฑ = 1.639344e-002	ฃ = 1.639344e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ฆ = 3.770492e-001 ช = 3.934426e-001 ต = 3.278689e-002 ฟ = 1.639344e-002
ฒ	60	ฒ = 2.666667e-001	ฆ = 1.666667e-001 ช = 1.666667e-002 น = 5.000000e-002 ม = 4.000000e-001 ฟ = 1.000000e-001
ณ	62	ณ = 4.838710e-001	ช = 1.612903e-002 ฆ = 4.838710e-002 ช = 3.225806e-001 น = 6.451613e-002 ฟ = 6.451613e-002
ด	63	ด = 9.523810e-002	ฆ = 1.587302e-002 น = 6.031746e-001 ม = 2.857143e-001
ต	51	ต = 3.921569e-002	ฆ = 5.882353e-002 ช = 3.921569e-002 ฒ = 3.921569e-002 ด = 7.843137e-002 น = 1.372549e-001 ฟ = 9.803922e-002 ภ = 1.960784e-002 ม = 4.117647e-001 ฟ = 7.843137e-002
ถ	61	ถ = 9.230769e-002	ช = 1.538462e-002 ฆ = 1.384615e-001 ช = 2.461538e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ณ = 3.846154e-001 น = 1.538462e-002 ฟ = 1.076923e-001
ท	61	-	-
ธ	62	ธ = 1.774194e-001	จ = 1.612903e-002 ช = 2.580645e-001 ซ = 3.225806e-002 ผ = 1.612903e-002 ม = 1.612903e-002 ย = 1.612903e-002 ฟ = 4.677419e-001
น	61	น = 9.672131e-001	ฉ = 1.639344e-002 ช = 1.639344e-002
บ	63	บ = 1.666667e-002	ข = 6.666667e-002 ช = 3.500000e-001 ซ = 3.333333e-002 ด = 3.333333e-002 น = 1.333333e-001 ภ = 5.000000e-002 ม = 1.666667e-002 ฟ = 3.000000e-001
ป	61	ป = 3.225806e-002	ข = 2.580645e-001 ช = 1.451613e-001 ด = 6.451613e-002 น = 9.677419e-002 บ = 2.096774e-001 ภ = 1.612903e-002 ม = 8.064516e-002 ฟ = 9.677419e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ	60	ผ = 5.166667e-001	ช = 3.333333e-002 ฝ = 3.666667e-001 ฟ = 6.666667e-002 อ = 1.666667e-002
ฝ	62	ฝ = 4.838710e-001	ผ = 4.677419e-001 ฟ = 1.612903e-002 ย = 1.612903e-002 ฬ = 1.612903e-002
พ	63	พ = 3.174603e-001	ท = 7.936508e-002 น = 3.174603e-002 ฟ = 5.714286e-001
ฟ	61	ฟ = 8.852459e-001	ท = 3.278689e-002 พ = 8.196721e-002
ภ	64	ภ = 9.433962e-001	ฦ = 1.886792e-002 ห = 3.773585e-002
ม	63	ม = 7.692308e-001	น = 2.000000e-001 ภ = 1.538462e-002 ฟ = 1.538462e-002
ย	68	ย = 7.500000e-001	ฦ = 3.333333e-002 อ = 1.500000e-001 ฮ = 6.666667e-002
ร	63	ร = 7.966102e-001	ฦ = 1.186441e-001 ผ = 1.694915e-002 ภ = 1.694915e-002 ว = 1.694915e-002 ฟ = 1.694915e-002 อ = 1.694915e-002
ล	59	ล = 6.818182e-001	ง = 1.515152e-002 จ = 7.575758e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			ซ = 9.090909e-002 ภ = 3.030303e-002 ฟ = 1.060606e-001
ว	61	ว = 5.833333e-001	ผ = 6.666667e-002 ภ = 1.666667e-002 ร = 3.333333e-002 อ = 3.000000e-001
ห	62	ห = 8.870968e-001	ภ = 3.225806e-002 ฟ = 8.064516e-002
ฟ	72	ฟ = 1.000000e+000	-
อ	64	อ = 6.491228e-001	ผ = 3.508772e-002 ย = 5.263158e-002 ฟ = 1.754386e-002 ฮ = 2.456140e-001
ฮ	60	ฮ = 7.916667e-001	ผ = 1.388889e-002 ย = 1.250000e-001 ฟ = 1.388889e-002 อ = 5.555556e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 10

Ergodic Model with Testing Data (with Terminate State Condition)

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	Char ก = 2.166667e-001	Char ข = 1.333333e-001 Char ค = 3.000000e-001 Char ท = 2.000000e-001 Char ภ = 1.166667e-001 Char ฟ = 3.333333e-002
ข	61		Char ข = 3.278689e-002 Char ฒ = 1.639344e-002 Char น = 1.147541e-001 Char พ = 3.278689e-001 Char ภ = 3.442623e-001 Char ม = 1.475410e-001 Char ฟ = 1.639344e-002
ฃ	60	Char ฃ = 3.333333e-002	Char ฆ = 3.333333e-002 Char ช = 8.833333e-001 Char ฒ = 1.666667e-002 Char ฝ = 1.666667e-002 Char พ = 1.666667e-002
ค	60	Char ค = 2.000000e-001	Char ช = 4.166667e-001 Char ผ = 1.666667e-002 Char ฝ = 6.666667e-002 Char ฟ = 3.000000e-001
ฆ	63	Char ฆ = 5.714286e-001	Char ฃ = 4.761905e-002 Char ช = 2.539683e-001 Char ฌ = 9.523810e-002 Char ม = 3.174603e-002
ง	61	Char ง = 3.114754e-001	Char จ = 1.639344e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ฉ = 1.639344e-002 Char ด = 3.934426e-001 Char น = 1.967213e-001 Char ภ = 6.557377e-002
จ	60	Char จ = 7.333333e-001	Char ฉ = 5.000000e-002 Char ภ = 1.333333e-001 Char ล = 1.666667e-002 Char ฟ = 6.666667e-002
ฉ	60	Char ฉ = 9.666667e-001	Char ภ = 1.666667e-002 Char ฟ = 1.666667e-002
ช	60	Char ช = 6.500000e-001	Char ผ = 1.666667e-002 Char ภ = 1.666667e-002 Char ม = 3.333333e-002 Char ฟ = 2.833333e-001
ซ	60	Char ซ = 7.500000e-001	Char ห = 1.666667e-002 Char ฟ = 2.333333e-001
ฌ	60	Char ฌ = 4.166667e-001	Char ฆ = 3.333333e-001 Char ซ = 8.333333e-002 Char ณ = 1.500000e-001 Char น = 1.666667e-002
ฎ	62	Char ฎ = 6.612903e-001	Char ฎ = 1.290323e-001 Char ภ = 1.612903e-002 Char ห = 3.225806e-002 Char ฟ = 1.451613e-001 Char อ = 1.612903e-002
ฏ	62	Char ฎ = 4.838710e-001	Char ฎ = 3.870968e-001 Char ฟ = 1.290323e-001
ฑ	61	Char ฑ = 4.918033e-002	Char ช = 3.278689e-002 Char ฆ = 3.278689e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ฃ = 7.868852e-001 Char ฌ = 1.639344e-002 Char ญ = 1.639344e-002 Char ต = 3.278689e-002 Char พ = 1.639344e-002 Char ฟ = 1.639344e-002
ฌ	60	Char ฌ = 2.833333e-001	Char ซ = 1.833333e-001 Char น = 5.000000e-002 Char ม = 4.666667e-001 Char ฟ = 1.666667e-002
ญ	62	Char ญ = 5.161290e-001	Char ฃ = 1.612903e-002 Char ซ = 4.838710e-002 Char ฃ = 2.903226e-001 Char น = 1.290323e-001
ต	63	Char ต = 3.174603e-001	Char ซ = 1.587302e-002 Char ฉ = 7.936508e-002 Char ฃ = 3.174603e-002 Char ท = 3.174603e-002 Char น = 2.222222e-001 Char ป = 1.587302e-002 Char ม = 2.063492e-001 Char ฟ = 7.936508e-002
ต	51	Char ต = 9.803922e-002	Char ฉ = 7.843137e-002 Char ฃ = 3.921569e-002 Char ฌ = 3.921569e-002 Char ต = 1.372549e-001 Char ท = 1.960784e-002 Char น = 3.921569e-002 Char บ = 1.960784e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char พ = 1.960784e-002 Char ภ = 5.882353e-002 Char ม = 5.882353e-002 Char ฟ = 3.921569e-001
ถ	61	Char ถ = 1.076923e-001	Char ช = 2.615385e-001 Char ณ = 4.615385e-001 Char ภ = 1.538462e-002 Char ฟ = 1.538462e-001
ท	61		
ธ	62	Char ธ = 1.935484e-001	Char จ = 1.612903e-002 Char ช = 2.580645e-001 Char ผ = 1.612903e-002 Char ฟ = 5.161290e-001
น	61	Char น = 9.836066e-001	Char ณ = 1.639344e-002
บ	63	Char บ = 1.333333e-001	Char ช = 1.666667e-001 Char ค = 1.666667e-002 Char ง = 1.666667e-002 Char จ = 3.333333e-002 Char ช = 5.000000e-002 Char ซ = 3.333333e-002 Char ด = 5.000000e-002 Char น = 1.833333e-001 Char ภ = 1.166667e-001 Char ม = 2.000000e-001
ป	61	Char ป = 4.838710e-002	Char ข = 2.419355e-001 Char ช = 6.451613e-002 Char ซ = 1.612903e-002 Char ด = 4.838710e-002 Char น = 1.290323e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char บ = 2.741935e-001 Char ภ = 3.225806e-002 Char ม = 1.129032e-001 Char ฟ = 3.225806e-002
ผ	60	Char ผ = 5.166667e-001	Char ซ = 5.000000e-002 Char ฝ = 4.166667e-001 Char ฟ = 1.666667e-002
ฝ	62	Char ฝ = 5.000000e-001	Char ผ = 4.677419e-001 Char พ = 1.612903e-002 Char ย = 1.612903e-002
พ	63	Char พ = 9.206349e-001	Char ด = 1.587302e-002 Char น = 3.174603e-002 Char ฟ = 3.174603e-002
ฟ	61		Char พ = 1.000000e+000
ภ	64	Char ภ = 9.433962e-001	Char ฎ = 1.886792e-002 Char ห = 3.773585e-002
ม	63	Char ม = 7.846154e-001	Char น = 2.000000e-001 Char ภ = 1.538462e-002
ย	68	Char ย = 8.833333e-001	Char ฎ = 3.333333e-002 Char อ = 1.666667e-002 Char ฮ = 6.666667e-002
ร	63	Char ร = 8.644068e-001	Char ฎ = 1.186441e-001 Char ฟ = 1.694915e-002
ล	59	Char ล = 6.969697e-001	Char จ = 7.575758e-002 Char ซ = 9.090909e-002 Char ภ = 4.545455e-002 Char ฟ = 9.090909e-002
ว	61	Char ว = 6.000000e-001	Char ผ = 1.666667e-002 Char ภ = 5.000000e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char อ = 3.333333e-001
ห	62	Char ห = 8.870968e-001	Char ภ = 3.225806e-002 Char ฟ = 8.064516e-002
ฟ	72	Char ฟ = 1.00000e+000	
อ	64	Char อ = 7.894737e-001	Char ผ = 8.771930e-002 Char ย = 1.052632e-001 Char ฮ = 1.754386e-002
ฮ	60	Char ฮ = 8.888889e-001	Char ฎ = 1.388889e-002 Char ผ = 1.388889e-002 Char ย = 4.166667e-002 Char ฟ = 2.777778e-002 Char อ = 1.388889e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 11

Left-Right Model with Testing Data (without Terminate State Condition)

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	Char ก = 7.166667e-001	Char ฒ = 2.166667e-001 Char ต = 1.666667e-002 Char น = 5.000000e-002
ข	61		Char ฒ = 5.409836e-001 Char ด = 3.278689e-002 Char น = 8.196721e-002 Char พ = 2.950820e-001 Char ม = 4.918033e-002
ฃ	60	Char ฃ = 3.333333e-002	Char ฒ = 6.166667e-001 Char ฃ = 3.333333e-002 Char ฑ = 2.833333e-001 Char ต = 1.666667e-002 Char พ = 1.666667e-002
ค	60	Char ค = 7.500000e-001	Char ผ = 1.666667e-001 Char ฝ = 8.333333e-002
ฒ	63	Char ฒ = 8.412698e-001	Char ฃ = 1.587302e-002 Char ฒ = 1.587302e-002 Char ณ = 9.523810e-002 Char ต = 1.587302e-002 Char ถ = 1.587302e-002
ง	61		Char ฒ = 8.032787e-001 Char ด = 1.967213e-001
จ	60	Char จ = 3.333333e-002	Char ฒ = 1.666667e-002 Char ด = 6.000000e-001 Char ต = 8.333333e-002 Char น = 3.333333e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ม = 2.166667e-001 Char ว = 1.666667e-002
ฉ	60		Char ช = 1.666667e-002 Char ฒ = 1.000000e-001 Char ด = 1.666667e-001 Char ต = 3.333333e-002 Char น = 6.666667e-002 Char ม = 4.666667e-001 Char ห = 3.333333e-002 Char ฟ = 1.166667e-001
ช	60	Char ช = 3.333333e-002	Char ฒ = 4.166667e-001 Char ด = 1.333333e-001 Char น = 1.166667e-001 Char ม = 2.833333e-001 Char ฟ = 1.666667e-002
ซ	60	Char ซ = 6.000000e-001	Char ฆ = 6.666667e-002 Char ณ = 2.000000e-001 Char ต = 1.666667e-002 Char ถ = 3.333333e-002 Char น = 1.666667e-002 Char ม = 1.666667e-002 Char ฟ = 5.000000e-002
ฌ	60	Char ฌ = 1.666667e-002	Char ฆ = 5.166667e-001 Char ณ = 2.166667e-001 Char ถ = 1.000000e-001 Char ล = 1.500000e-001
ฎ	62	Char ฎ = 7.096774e-001	Char ฎ = 3.225806e-002 Char ภ = 2.580645e-001
ฏ	62	Char ฏ = 3.387097e-001	Char ฎ = 6.290323e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ภ = 3.225806e-002
ท	61	Char ท = 3.442623e-001	Char ช = 9.836066e-002 Char ม = 4.754098e-001 Char ย = 6.557377e-002 Char ถ = 1.639344e-002
ฒ	60	Char ฒ = 6.500000e-001	Char ม = 2.833333e-001 Char ฟ = 6.666667e-002
ณ	62	Char ณ = 6.290323e-001	Char ฆ = 2.096774e-001 Char ช = 8.064516e-002 Char ถ = 6.451613e-002 Char ล = 1.612903e-002
ด	63	Char ด = 4.761905e-002	Char ฒ = 7.619048e-001 Char ต = 1.587302e-002 Char น = 3.174603e-002 Char ม = 1.269841e-001 Char ห = 1.587302e-002
ต	51	Char ต = 9.803922e-002	Char ฒ = 5.098039e-001 Char ด = 1.372549e-001 Char น = 1.176471e-001 Char ม = 1.372549e-001
ถ	61		Char ฆ = 7.846154e-001 Char ณ = 2.000000e-001 Char น = 1.538462e-002
ท	61		
ธ	62	Char ธ = 1.000000e+000	
น	61	Char น = 3.278689e-002	Char ช = 1.639344e-002 Char ฒ = 5.901639e-001 Char ต = 1.639344e-002 Char ม = 3.278689e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ฟ = 1.639344e-002
บ	63	Char บ = 1.333333e-001	Char ฒ = 7.333333e-001 Char ม = 1.333333e-001
ป	61		Char ข = 3.225806e-002 Char ฒ = 7.580645e-001 Char บ = 8.064516e-002 Char พ = 3.225806e-002 Char ม = 9.677419e-002
ผ	60	Char ผ = 2.000000e-001	Char ค = 1.166667e-001 Char ฝ = 6.500000e-001 Char ย = 3.333333e-002
ฝ	62	Char ฝ = 9.838710e-001	Char ฒ = 1.612903e-002
พ	63	Char พ = 7.777778e-001	Char ฒ = 1.269841e-001 Char น = 1.587302e-002 Char บ = 3.174603e-002 Char ม = 4.761905e-002
ฟ	61	Char ฟ = 2.131148e-001	Char ฒ = 1.475410e-001 Char น = 3.278689e-002 Char พ = 5.901639e-001 Char ม = 1.639344e-002
ภ	64	Char ภ = 8.113208e-001	Char ฎ = 1.886792e-001
ม	63	Char ม = 9.230769e-002	Char ฒ = 9.076923e-001
ย	68	Char ย = 4.166667e-001	Char อ = 3.333333e-001 Char ฮ = 2.500000e-001
ร	63	Char ร = 2.542373e-001	Char ฎ = 7.118644e-001 Char ภ = 3.389831e-002
ล	59	Char ล = 9.848485e-001	Char ฒ = 1.515152e-002
ว	61	Char ว = 1.000000e+000	
ห	62	Char ห = 9.193548e-001	Char ต = 4.838710e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ท = 1.612903e-002 Char น = 1.612903e-002
ฟ	72	Char ฟ = 3.492063e-001	Char ผ = 1.746032e-001 Char ม = 4.761905e-001
อ	64	Char อ = 5.614035e-001	Char ค = 1.754386e-002 Char ฆ = 1.754386e-002 Char ย = 8.771930e-002 Char ฮ = 3.157895e-001
ฮ	60	Char ฮ = 7.222222e-001	Char ย = 1.805556e-001 Char อ = 9.722222e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 12

Left-Right Model with Testing Data (with Terminate State Condition)

File Name	Seq No.	% ความถูกต้อง	% ความผิดพลาด
ก	60	Char ก = 8.166667e-001	Char ฒ = 6.666667e-002 Char ด = 1.666667e-002 Char ต = 3.333333e-002 Char น = 6.666667e-002
ข	61	–	Char ฒ = 5.409836e-001 Char ด = 3.278689e-002 Char น = 8.196721e-002 Char พ = 2.950820e-001 Char ม = 4.918033e-002
ฃ	60	Char ฃ = 3.333333e-002	Char ฆ = 6.166667e-001 Char ฃ = 3.333333e-002 Char ฑ = 2.833333e-001 Char ต = 1.666667e-002 Char พ = 1.666667e-002
ค	60	Char ค = 7.500000e-001	Char ผ = 1.666667e-001 Char ฝ = 8.333333e-002
ฆ	63	–	–
ง	61	–	Char ฒ = 5.409836e-001 Char ด = 4.426230e-001 Char น = 1.639344e-002
จ	60	Char จ = 3.333333e-002	Char ฒ = 1.666667e-002 Char ด = 6.000000e-001 Char ต = 8.333333e-002 Char น = 3.333333e-002 Char ม = 2.166667e-001 Char ว = 1.666667e-002
ฉ	60		Char ช = 1.666667e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ฒ = 1.000000e-001 Char ด = 1.666667e-001 Char ต = 3.333333e-002 Char น = 6.666667e-002 Char ม = 4.666667e-001 Char ห = 3.333333e-002 Char ฟ = 1.166667e-001
ข	60	Char ข = 3.333333e-002	Char ฒ = 4.166667e-001 Char ด = 1.333333e-001 Char น = 1.166667e-001 Char ม = 2.833333e-001 Char ฟ = 1.666667e-002
ช	60	Char ช = 6.000000e-001	Char ฆ = 6.666667e-002 Char ณ = 2.000000e-001 Char ต = 1.666667e-002 Char ถ = 3.333333e-002 Char น = 1.666667e-002 Char ม = 1.666667e-002 Char ฟ = 5.000000e-002
ฌ	60	Char ฌ = 1.666667e-002	Char ฆ = 5.166667e-001 Char ณ = 2.166667e-001 Char ถ = 1.000000e-001 Char ล = 1.500000e-001
ฎ	62	Char ฎ = 7.096774e-001	Char ฎ = 3.225806e-002 Char ภ = 2.580645e-001
ฏ	62	Char ฏ = 3.387097e-001	Char ฎ = 6.290323e-001 Char ภ = 3.225806e-002
ฑ	61	Char ฑ = 3.442623e-001	Char ข = 9.836066e-002 Char ฆ = 4.754098e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ช = 6.557377e-002 Char ถ = 1.639344e-002
ฒ	60	Char ฒ = 6.500000e-001	Char ม = 2.833333e-001 Char ฟ = 6.666667e-002
ณ	62	Char ณ = 6.290323e-001	Char ฆ = 2.096774e-001 Char ช = 8.064516e-002 Char ถ = 6.451613e-002 Char ล = 1.612903e-002
ด	63	Char ด = 4.761905e-002	Char ฒ = 7.619048e-001 Char ต = 1.587302e-002 Char น = 3.174603e-002 Char ม = 1.269841e-001 Char ห = 1.587302e-002
ต	51	Char ต = 9.803922e-002	Char ฒ = 5.098039e-001 Char ด = 1.372549e-001 Char น = 1.176471e-001 Char ม = 1.372549e-001
ถ	61		Char ฆ = 7.846154e-001 Char ณ = 2.000000e-001 Char น = 1.538462e-002
ท	61		
ธ	62	Char ธ = 1.000000e+000	
น	61	Char น = 3.278689e-002	Char ช = 1.639344e-002 Char ฒ = 5.901639e-001 Char ต = 1.639344e-002 Char ม = 3.278689e-001 Char ฟ = 1.639344e-002
บ	63	Char บ = 1.333333e-001	Char ฒ = 7.333333e-001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			Char ม = 1.333333e-001
ป	61		Char ข = 3.225806e-002 Char ฒ = 7.580645e-001 Char บ = 8.064516e-002 Char พ = 3.225806e-002 Char ม = 9.677419e-002
ผ	60	Char ผ = 2.000000e-001	Char ค = 1.166667e-001 Char ฝ = 6.500000e-001 Char ย = 3.333333e-002
ฝ	62	Char ฝ = 9.838710e-001	Char ฒ = 1.612903e-002
พ	63	Char พ = 7.777778e-001	Char ฒ = 1.269841e-001 Char น = 1.587302e-002 Char บ = 3.174603e-002 Char ม = 4.761905e-002
ฟ	61	Char ฟ = 2.131148e-001	Char ฒ = 1.475410e-001 Char น = 3.278689e-002 Char พ = 5.901639e-001 Char ม = 1.639344e-002
ภ	64	Char ภ = 8.113208e-001	Char ฦ = 1.886792e-001
ม	63	Char ม = 9.230769e-002	Char ฒ = 9.076923e-001
ย	68	Char ย = 4.166667e-001	Char อ = 3.333333e-001 Char ฮ = 2.500000e-001
ร	63	Char ร = 2.542373e-001	Char ฦ = 7.118644e-001 Char ภ = 3.389831e-002
ล	59	Char ล = 1.000000e+000	
ว	61	Char ว = 1.000000e+000	
ห	62	Char ห = 9.193548e-001	Char ต = 4.838710e-002 Char ท = 1.612903e-002 Char น = 1.612903e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟ	72	Char ฟ = 3.492063e-001	Char ฒ = 1.746032e-001 Char ม = 4.761905e-001
อ	64	Char อ = 5.614035e-001	Char ค = 1.754386e-002 Char ฌ = 1.754386e-002 Char ย = 8.771930e-002 Char ฮ = 3.157895e-001
ฮ	60	Char ฮ = 7.222222e-001	Char ย = 1.805556e-001 Char อ = 9.722222e-002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่าง Model ที่ได้จากการฝึกสอน

Ergodic Model

ตัวอักษร ก

State : 10

Symbols :10

[PINE]

1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

[A]

0.954232 0.000000 0.000073 0.000000 0.000000 0.000000 0.020727 0.003402 0.021566 0.000000

0.008952 0.718407 0.000000 0.009167 0.083868 0.006443 0.000000 0.000000 0.000000 0.173162

0.170778 0.000000 0.310855 0.000000 0.000000 0.000000 0.018365 0.000000 0.500002 0.000000

0.012475 0.063290 0.000000 0.047632 0.043323 0.747620 0.000015 0.000000 0.000000 0.085646

0.266386 0.551098 0.000000 0.011459 0.102111 0.032802 0.000000 0.000000 0.000000 0.036143

0.000001 0.042698 0.000000 0.126071 0.009761 0.767243 0.000000 0.000000 0.000000 0.054226

0.021480 0.000000 0.000578 0.000003 0.000000 0.000003 0.457047 0.519312 0.001576 0.000000

0.001247 0.000000 0.000000 0.010456 0.000000 0.077906 0.281741 0.628650 0.000000 0.000000

0.054453 0.000000 0.135606 0.000000 0.000000 0.000000 0.007734 0.000000 0.802207 0.000000

0.010065 0.777370 0.000000 0.030791 0.079748 0.035250 0.000000 0.000000 0.000000 0.066775

[B]

0.000001 0.033287 0.359621 0.586076 0.000001 0.000001 0.000001 0.021010 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.999096 0.000896 0.000001

0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.746307 0.000495 0.253190 0.000001 0.000001

0.000001 0.084393 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.478734 0.436866 0.000001

0.000001 0.000087 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.995672 0.004233 0.000001

0.000001 0.179519 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.184272 0.636202 0.000001

0.000001 0.268502 0.345650 0.385840 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.866705 0.074302 0.058985 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.748850 0.102021 0.149122 0.000001 0.000001

0.000001 0.000595 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.987010 0.012388 0.000001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[End_State]

15 45 0 0 0 0 0 0 0 0

Left-Right Model

ตัวอักษร ก

State : 10

Symbols :10

[PINE]

1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

[A]

0.000000 0.997460 0.002540 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

0.000000 0.186452 0.813379 0.000169 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

0.000000 0.000000 0.182212 0.817788 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.680475 0.319524 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.593865 0.405510 0.000625 0.000000 0.000000 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.239087 0.760848 0.000065 0.000000 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.264716 0.735277 0.000008 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.594724 0.405276 0.000000

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.876519 0.123481

0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000

[B]

0.000001 0.000001 0.000001 0.999991 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.000001 0.999991 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.000790 0.999202 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.351529 0.648463 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.743623 0.256369 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.000006 0.999986 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000001 0.002696 0.997296 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.000008 0.667510 0.332475 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.238091 0.506885 0.255017 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001 0.000001

0.000001 0.144068 0.095283 0.228524 0.000001 0.081895 0.010225 0.378572 0.061429 0.000001

[End_State]

0 0 0 0 0 0 0 0 0 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้