

## บทที่ 4

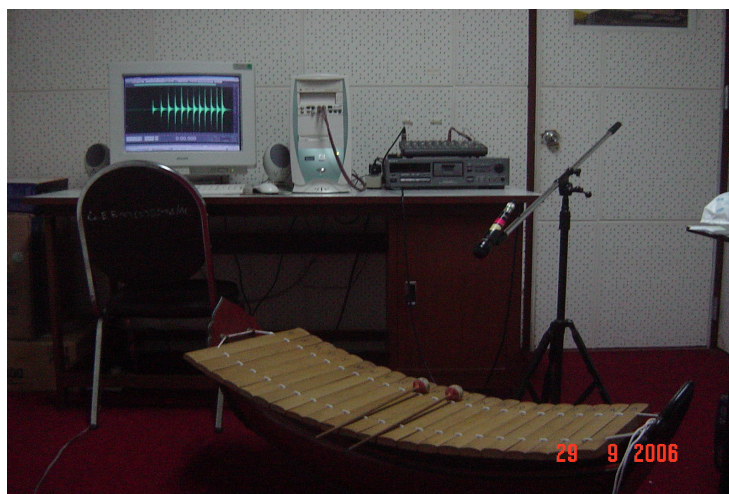
### ผลและการอภิปรายผลการทดลอง

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะได้นำเสนอถึงวิธีการทดลองการทำงานของระบบรู้จำเสียงตัวโน้ตของระนาดเอกตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 กับเสียงฐานข้อมูลเสียงระนาดเอกที่ได้จัดบันทึกขึ้นมา รวมถึงผลการทดสอบที่ได้และอภิปรายผล

เนื้อหาในบทนี้เริ่มต้นด้วยการกล่าวถึงการจัดทำฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการทดลองในหัวข้อที่ 4.1 โดยได้ทดลองหาค่าพลังงานองในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต ในหัวข้อที่ 4.2 มีการอธิบายการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในรูปแบบต่างๆที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้สำหรับการตัดสินใจในการระบุโน้ตในหัวข้อที่ 4.3 รวมถึงการทดลองแบ่งช่วงโน้ตเสียงแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการใช้ค่าอัตราเปลี่ยนแปลงพลังงานในหัวข้อที่ 4.4 และสุดท้ายคือหัวข้อ 4.5 เป็นการสรุปเนื้อหาทั้งหมดที่ได้กล่าวอธิบายในบทนี้

#### 4.1 การจัดทำฐานข้อมูลเสียง

ในการทดลองได้จัดทำฐานข้อมูลเสียงตัวโน้ตของระนาดเอกโดยในการทดลองจะใช้ฐานข้อมูลอ้างอิงเดียวกันทั้งหมด ข้อมูลเสียงโน้ตดนตรีที่บันทึกมีอัตราการสุ่มตัวอย่างข 16,000 เฮิรตซ์ ขนาดความละเอียดของข้อมูล 16 บิต และบันทึกเสียงทำในสภาวะแวดล้อมที่เงียบใช้ไมโครโฟนรุ่น SONY F-720 DYNAMIC และการ์ดเสียงรุ่น Creative Sound Blaster Audigy Platinum จำนวน 1 ตัว ในการบันทึกเสียง ตั้งระดับเหมือนลักษณะการนำไปใช้งานจริงดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลักษณะการจัดตั้งอุปกรณ์ในการบันทึกเสียงระนาด

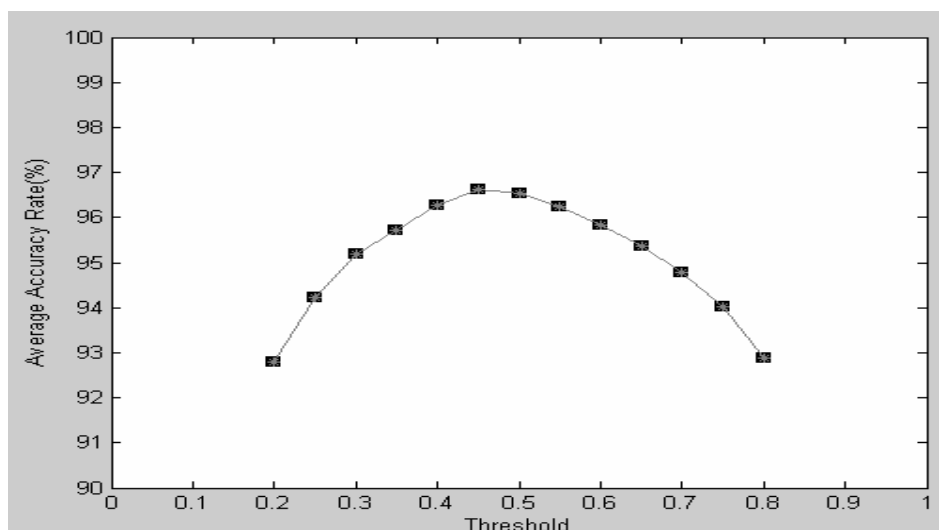
สำหรับโน้ตขนาดที่ได้บันทึกไว้สามารถแบ่งออกได้เป็น โน้ตเดี่ยวตั้งแต่โน้ตตัวที่ 1 ถึง โน้ตตัวที่ 21 และโน้ตผสม หรือ โน้ตแบบโพลีโฟนิก ซึ่งเกิดจากโน้ตสองตัวรวมกันตั้งแต่ตัวที่ 1 ถึงโน้ตตัวที่ 21 รวมมีชุดตัวโน้ตทั้งสิ้น 231 ชุด โดยในแต่ละชุดจะบันทึกชุดละ 50 ไฟล์เสียง รวมเป็นไฟล์เสียงที่ใช้ทั้งหมด 11,550 ไฟล์เสียง

#### 4.2 การทดลองสำหรับกรณีการใช้จ่ายพลังงานอิ่งในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต

สำหรับการทดลองในการหาค่าพลังงานอิ่งที่ใช้ในการระบุตัวโน้ตตัวโน้ตนั้น ได้ทดลองโดยการใช้ฐานข้อมูลเสียงทั้งหมดคือ 11,550 ไฟล์เสียงในการทดลองและพิจารณาผลลัพธ์การรู้จำตัวโน้ตในแต่ละไฟล์เสียง สำหรับโน้ตเสียงที่เป็นแบบโน้ตโพลีโฟนิก ที่มีจำนวน 2 โน้ตพร้อมกันนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องถูกต้องทั้ง 2 ตัวโน้ตจึงจะยอมรับได้ว่าระบบสามารถระบุตัวโน้ตได้ถูกต้อง ซึ่งผลลัพธ์ของการทดลองแสดงได้ดังในตารางที่ 4-1 และ รูปที่ 4.2

ตารางที่ 4-1 อัตราเฉลี่ยความถูกต้องของการรู้จำตัวโน้ตเมื่อใช้จ่ายพลังงานอิ่งในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต

ค่าพลังงานอิ่ง (Energy Threshold)	อัตราเฉลี่ยความถูกต้องของการรู้จำตัวโน้ต (%)
0.80	92.89
0.75	94.02
0.70	94.79
0.65	95.36
0.60	95.84
0.55	96.24
0.50	96.53
0.45	96.62
0.40	96.27
0.35	95.71
0.30	95.19
0.25	94.22
0.20	92.78



รูปที่ 4.2 แผนภูมิแสดงอัตราเฉลี่ยความถูกต้องของการรู้จำตัวโน้ตเมื่อใช้ค่าพลังงานอ้างอิงในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-1 และในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการใช้ตัวกรองผ่านแถบความถี่ตามความถี่มูลฐานของโน้ตดนตรีและการชดเชยความเด่นชัดของตัวโน้ตนั้น สามารถนำค่าผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นค่าลักษณะสำคัญของเสียงในการระบุตัวโน้ตของเสียงระนาดเอกได้ โดยเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ได้จัดบันทึกไว้พบว่า ระบบรู้จำตัวโน้ตของเสียงระนาดเอกตามที่ได้ออกแบบไว้นั้นให้ผลอัตราความถูกต้องของตัวโน้ตสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 96.62 เมื่อกำหนดค่าพลังงานอ้างอิงที่ 0.45

#### 4.3 การทดลองสำหรับกรณีการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตัดสินใจระบุตัวโน้ต

สำหรับในกรณีการทดสอบการระบุตัวโน้ตด้วยการนำเอาโครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการตัดสินใจนั้นจำเป็นที่จะต้องสอนระบบด้วยข้อมูลตัวอย่างก่อน โดยในการทดลองจะได้แบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ ฐานข้อมูลที่ใช้ในการสอนระบบ (Training Data) และฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบระบบ (Testing Data) และกำหนดฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูล (Activate Function) ในการสอนระบบคือ Hyperbolic tangent sigmoid (tansig) และ Logarithmic sigmoid (logsig) ดังที่กล่าวอธิบายไว้ในบทก่อนหน้า

เนื่องจากการสอนโครงข่ายประสาทเทียมในแต่ละครั้งการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น (Weight) ที่แตกต่างกันซึ่งจะส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทดลองหลายๆ ครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยได้ผลลัพธ์ของการทดลองคืออัตราความแม่นยำในการรู้จำ ดังแสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 4-2 ถึงตารางที่ 4-8 และรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4-2 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้ในการสอนระบบ  
รู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	98.01	97.39	98.16	97.04	89.39	97.40	98.25	89.39
2	98.11	97.30	97.63	98.13	97.90	97.66	97.44	97.45
3	97.77	97.96	98.11	98.15	97.42	98.22	97.66	89.39
4	98.04	98.25	97.90	97.80	98.22	89.39	97.75	98.23
5	97.68	97.61	89.39	89.39	97.40	97.45	97.66	98.20
6	97.96	97.71	89.39	97.97	97.80	97.56	97.71	96.36
7	97.85	97.82	89.39	98.25	97.85	89.39	97.73	97.65
8	97.73	97.44	98.16	98.25	89.39	97.90	97.37	96.87
9	97.85	98.06	98.04	89.39	97.84	97.66	97.73	89.40
10	97.96	97.80	97.30	98.03	98.25	97.99	98.10	97.87

ตารางที่ 4-3 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้ในการสอนระบบ  
รู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ logsig

ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	97.65	89.39	97.19	89.39	97.92	98.22	97.65	97.90
2	89.39	97.71	97.71	97.82	97.63	97.13	98.04	97.45
3	97.70	98.22	89.39	96.81	97.45	97.54	97.00	97.45
4	97.56	97.56	89.39	97.84	97.94	97.77	89.39	97.65
5	98.03	98.18	97.70	89.39	97.11	97.33	97.37	89.39
6	97.35	89.39	97.59	98.13	89.39	89.39	98.01	97.37
7	97.65	97.77	91.45	98.20	97.54	89.39	97.80	98.06
8	97.84	97.58	97.23	97.78	98.08	98.25	89.39	97.68
9	97.40	97.56	97.75	97.28	98.18	97.80	97.21	97.70
10	97.68	97.68	97.52	98.06	95.41	89.39	89.39	97.39

ตารางที่ 4-4 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	97.84	97.25	98.06	97.07	89.33	97.33	98.16	89.33
2	98.06	97.30	97.51	97.85	97.84	97.58	97.26	97.33
3	97.61	97.82	98.08	98.06	97.28	98.18	97.42	89.33
4	97.96	98.10	97.97	97.63	98.10	89.33	97.63	98.13
5	97.54	97.42	89.33	89.33	97.28	97.39	97.51	98.08
6	97.84	97.63	89.33	97.96	97.59	97.40	97.65	96.47
7	97.89	97.75	89.33	98.10	97.52	89.33	97.65	97.54
8	97.58	97.33	98.10	98.23	89.33	97.78	97.49	96.80
9	97.89	97.99	97.89	89.33	97.73	97.77	97.51	89.32
10	97.85	97.82	97.37	97.85	98.04	97.94	97.89	97.73

ตารางที่ 4-5 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ logsig

ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	97.66	89.33	97.11	89.33	97.75	98.11	97.58	97.82
2	89.33	97.75	97.52	97.73	97.49	97.04	97.97	97.45
3	97.42	98.13	89.33	96.81	97.32	97.52	96.94	97.44
4	97.58	97.42	89.33	97.89	97.85	97.68	89.33	97.35
5	97.84	98.01	97.65	89.33	96.78	97.21	97.35	89.33
6	97.30	89.33	97.56	98.15	89.33	89.33	97.70	97.25
7	97.68	97.71	91.34	98.15	97.39	89.33	97.70	97.94
8	97.73	97.35	97.14	97.54	97.89	98.20	89.33	97.44
9	97.59	97.35	97.52	97.25	98.13	97.73	97.18	97.68
10	97.66	97.63	97.49	97.92	95.55	89.33	89.33	97.35

ตารางที่ 4-6 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการสอนระบบและฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

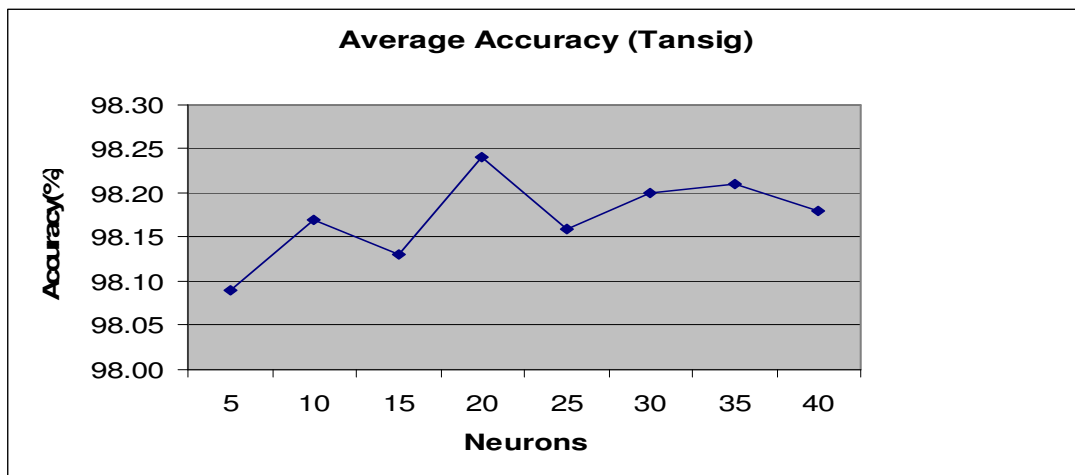
ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	97.92	97.32	98.11	97.06	89.36	97.37	98.21	89.36
2	98.09	97.30	97.57	97.99	97.87	97.62	97.35	97.39
3	97.69	97.89	98.10	98.10	97.35	98.20	97.54	89.36
4	98.00	98.17	97.94	97.71	98.16	89.36	97.69	98.18
5	97.61	97.52	89.36	89.36	97.34	97.42	97.58	98.14
6	97.90	97.67	89.36	97.97	97.70	97.48	97.68	96.42
7	97.87	97.78	89.36	98.17	97.69	89.36	97.69	97.59
8	97.65	97.39	98.13	98.24	89.36	97.84	97.43	96.83
9	97.87	98.03	97.97	89.36	97.78	97.71	97.62	89.36
10	97.90	97.81	97.33	97.94	98.15	97.97	97.99	97.80

ตารางที่ 4-7 ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการสอนระบบและฐานข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ logsig

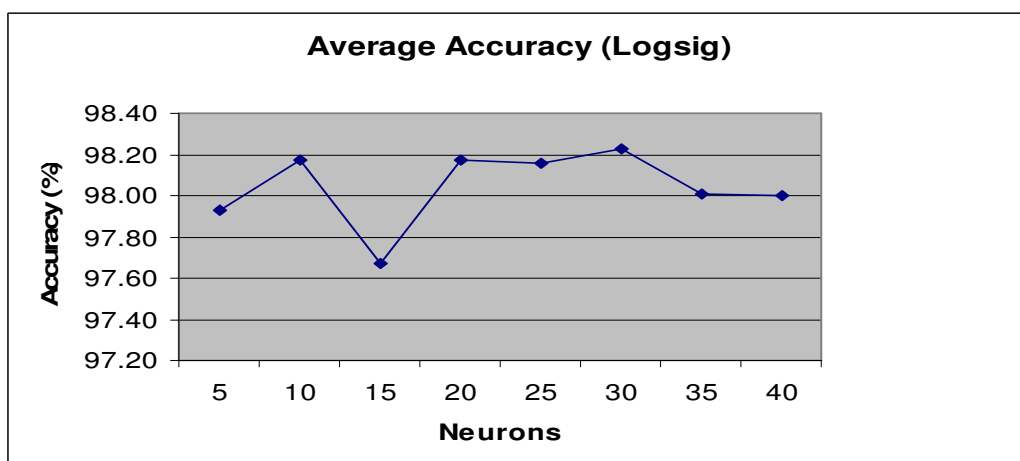
ครั้งที่	ค่าอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต (%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	97.65	89.36	97.15	89.36	97.84	98.16	97.61	97.86
2	89.36	97.73	97.62	97.77	97.56	97.08	98.01	97.45
3	97.56	98.17	89.36	96.81	97.39	97.53	96.97	97.45
4	97.57	97.49	89.36	97.86	97.90	97.72	89.36	97.50
5	97.93	98.10	97.67	89.36	96.94	97.27	97.36	89.36
6	97.32	89.36	97.58	98.14	89.36	89.36	97.85	97.31
7	97.66	97.74	91.39	98.17	97.46	89.36	97.75	98.00
8	97.78	97.46	97.19	97.66	97.98	98.23	89.36	97.56
9	97.50	97.45	97.64	97.26	98.16	97.77	97.19	97.69
10	97.67	97.65	97.51	97.99	95.48	89.36	89.36	97.37

ตารางที่ 4-8 อัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดในแต่ละกรณีเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำ

Activate Function	อัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ต(%) เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer							
	5	10	15	20	25	30	35	40
tansig	98.09	98.17	98.13	98.24*	98.16	98.20	98.21	98.18
logsig	97.93	98.17	97.67	98.17	98.16	98.23	98.01	98.00



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ Activate Function แบบ tansig



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแสดงอัตราความถูกต้องการรู้จำตัวโน้ตสูงสุดเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงที่ใช้ในการสอนระบบและข้อมูลที่ใช้เฉพาะทดสอบระบบรู้จำและใช้ Activate Function แบบ logsig

จากผลการทดลองในตารางที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการตัดสินใจระบุตัวโน้ตนั้นสามารถช่วยให้การตัดสินใจมีความถูกต้องได้มากยิ่งขึ้น โดยเมื่อทดลองกับฐานข้อมูลเสียงทั้งหมดพบว่า ค่าอัตราความถูกต้องของตัวโน้ตสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 98.24 เมื่อกำหนดจำนวน Neurons ในชั้น hidden layer มีค่าเท่ากับ 20 และใช้ฟังก์ชันการแปลงถ่ายทอดข้อมูลแบบ tansig

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบพบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเข้ามาช่วยในการตัดสินใจระบุตัวโน้ตนั้นทำให้ค่าอัตราความถูกต้องที่มากที่สุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.62 จากค่าอัตราความถูกต้องที่มากที่สุดร้อยละ 96.62 เมื่อใช้พลังงานอ้างอิง ซึ่งจากอัตราความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นนี้จะช่วยทำให้ค่าความผิดพลาดในการระบุตัวโน้ตลดลงจากเดิมถึงร้อยละ 47.93

#### 4.4 การทดลองสำหรับกรณีการแบ่งช่วงโน้ตเสียงแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการใช้ค่าอัตราเปลี่ยนแปลงพลังงาน

สำหรับการทดลองในการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบต่อเนื่องด้วยวิธีการใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานนั้นตามที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อที่ 3.7 ได้ทดลองโดยได้จัดทำฐานข้อมูลเสียงสำหรับทดลองเพิ่มขึ้นมาโดยฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบนี้จะมีทั้งหมด 42 ไฟล์เสียงจากชุดโน้ตทั้งหมด 21 โน้ต ซึ่งกำหนดและจำแนกรูปแบบได้คือ

1. เคาะแบบมีช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัว (Space) มีระยะห่างระหว่างตัวโน้ตประมาณคือ 1.5 - 2.0 วินาที และแบบต่อเนื่องมีระยะห่างระหว่างตัวโน้ตประมาณคือ 0.2 - 0.4 วินาที โดยในแต่ละแบบจะมีจำนวน 21 ไฟล์เสียงตามจำนวนตัวโน้ต
2. เคาะโน้ตขนาดแต่ละตัวโน้ตเป็นจำนวน 50 ครั้งในแต่ละไฟล์เสียง
3. มีระดับความดังของเสียงที่แตกต่างกัน

สำหรับการทดลองได้ทดลองโดยกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานอ้างอิงที่ใช้ในการแบ่งช่วงตัวโน้ตในระดับค่าต่าง ๆ กัน ซึ่งในการทดลองจะมีตัวโน้ตทั้งหมด 1,050 ตัวโน้ต สำหรับผลลัพธ์ของตัวโน้ตที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตได้แสดงไว้ในตารางที่ 4-9 ตารางที่ 4-10







ตารางที่ 4-11 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่ช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัว

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง พลังงานอ้างอิง	จำนวนตัวโน้ต ที่คลาดเคลื่อน	ร้อยละของ ความคลาดเคลื่อน
0.0	15,530	1,479.05
0.5	2	0.19
1.0	2	0.19
1.5	8	0.76
2.0	14	1.33
2.5	33	3.14
3.0	55	5.24
3.5	74	7.05
4.0	104	9.90
4.5	137	13.05
5.0	162	15.43

ตารางที่ 4-12 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่เคาะต่อเนื่อง

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง พลังงานอ้างอิง	จำนวนตัวโน้ต ที่คลาดเคลื่อน	ร้อยละของ ความคลาดเคลื่อน
0.0	1,850	176.19
0.5	8	0.76
1.0	8	0.76
1.5	13	1.24
2.0	26	2.48
2.5	45	4.29
3.0	65	6.19
3.5	89	8.48
4.0	117	11.14
4.5	152	14.48
5.0	194	18.48

จากผลการทดลองใน ตารางที่ 4-11 แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของการใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่ช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.5 และ 1.0 ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตเป็นจำนวน 2 ตัวโน้ตจากทั้งหมด 1,050 ตัวโน้ตซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.19 ของตัวโน้ตที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองใน ตารางที่ 4-12 แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของการใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบเคาะต่อเนื่องที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.5 และ 1.0 ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตเป็นจำนวน 8 ตัวโน้ตจาก 1,050 ตัวโน้ต ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.76 ของตัวโน้ตที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดลองใน ตารางที่ 4-11 ตารางที่ 4-12 พบว่าค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่ทดสอบคือ 0.5 และ 1.0 จึงได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตดังกล่าวมาทดสอบหาค่าความถูกต้องในการระบุตัวโน้ต ดังแสดงในตารางที่ 4-13 และ ตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-13 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตที่ได้การแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่มีช่องว่างระหว่างโน้ตแต่ละตัว

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	จำนวนตัวโน้ตที่ได้จากแบ่งช่วงตัวโน้ต	ตัวโน้ตที่ระบุได้ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้องของการระบุตัวโน้ต
0.5	1052	1050	99.81
1.0	1048	1047	99.90

ตารางที่ 4-14 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตที่ได้การแบ่งช่วงตัวโน้ตแบบที่เคาะต่อเนื่อง

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	จำนวนตัวโน้ตที่ได้จากแบ่งช่วงตัวโน้ต	ตัวโน้ตที่ระบุได้ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้องของการระบุตัวโน้ต
0.5	1046	1043	99.71
1.0	1042	1039	99.71

เนื่องจากการเล่นระนาดโดยทั่วไปส่วนใหญ่แล้วนิยมเล่นโน้ตคู่แปดเป็นหลัก ดังนั้นจึงได้ทดลองการแบ่งช่วงตัวโน้ตและระบุตัวโน้ตโดยกำหนดค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้นคือ 0.5 และ 1.0 ทั้งนี้ได้บันทึกเสียงโน้ตคู่แปดของระนาดเอกซึ่งมีได้ทั้งหมด 14 คู่เสียงโดยในแต่ละไฟล์เสียงจะมีจำนวนโน้ต 50 ตัวโน้ต รวมเป็นจำนวนโน้ตทั้งหมด 700 ตัวโน้ตเพื่อใช้ในการทดสอบ ซึ่งได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4-15 และในตารางที่ 4-16

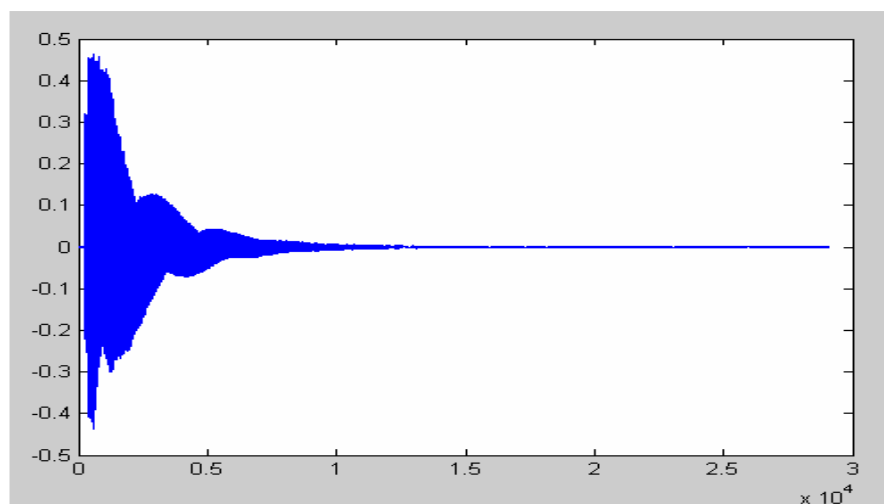
ตารางที่ 4-15 ค่าคลาดเคลื่อนของการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปด

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	จำนวนตัวโน้ตที่ได้จากแบ่งช่วงตัวโน้ต	จำนวนตัวโน้ตที่คลาดเคลื่อน	ร้อยละของความคลาดเคลื่อน
0.5	709	9	1.27
1.0	702	2	0.29

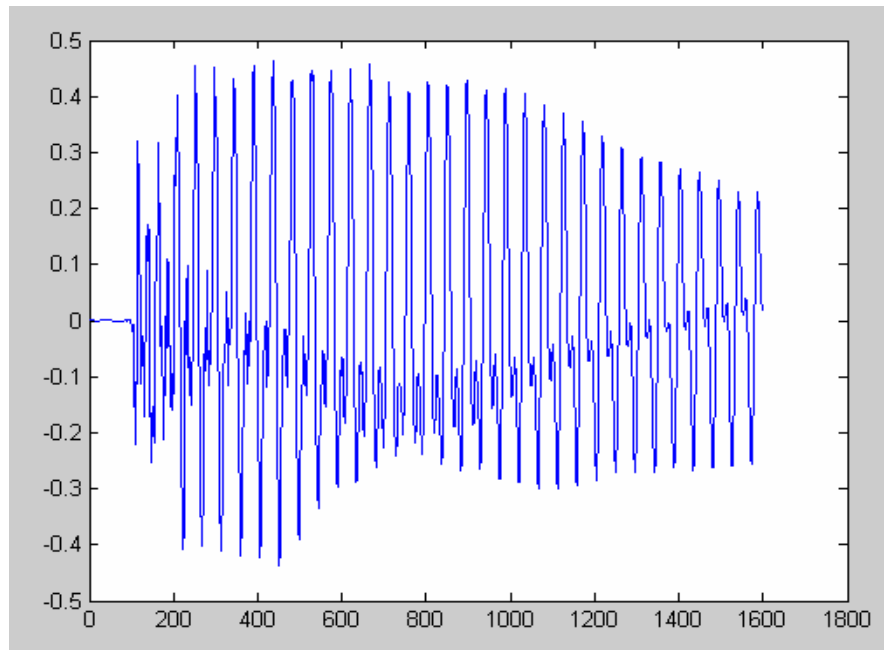
ตารางที่ 4-16 ค่าความถูกต้องของการระบุตัวโน้ตคู่แปด

ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	จำนวนตัวโน้ตที่ได้จากแบ่งช่วงตัวโน้ต	ตัวโน้ตที่ระบุได้ถูกต้อง	ร้อยละความถูกต้องของการระบุตัวโน้ต
0.5	709	704	99.29
1.0	702	702	100.00

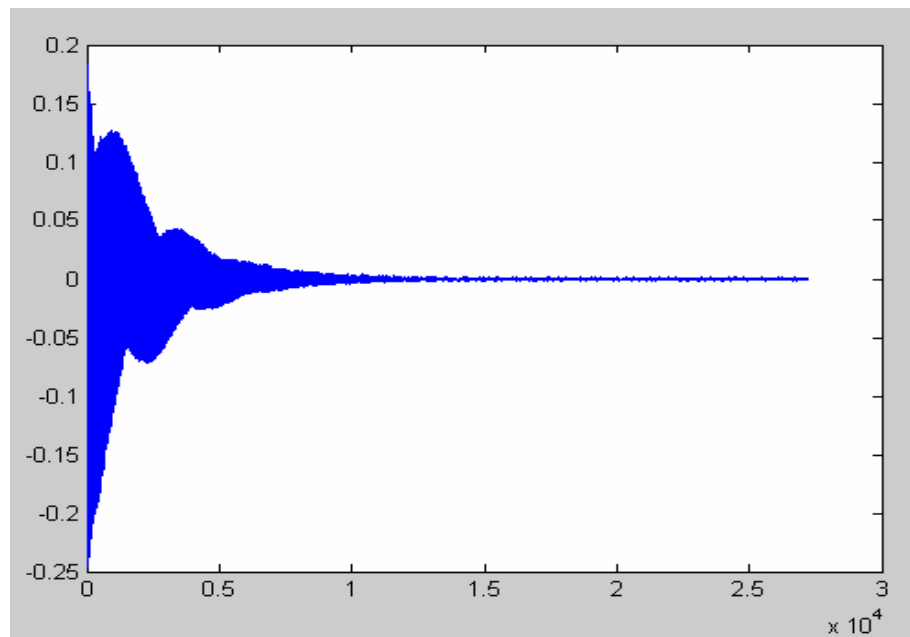
สำหรับการวิเคราะห์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดลองนั้นพบว่าสาเหตุของความผิดพลาดเกิดขึ้นมาจากปัจจัยสำคัญคือ การแบ่งช่วงตัวโน้ตที่ผิดพลาด ซึ่งส่งผลกระทบต่อทำให้ช่วงตัวโน้ตที่แบ่งได้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในกรณีการทดลองการใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงาน 0.5 ในการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15 นั้นมีการแบ่งช่วงตัวโน้ตดังรูปที่ 4.5, รูปที่ 4.6, รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8



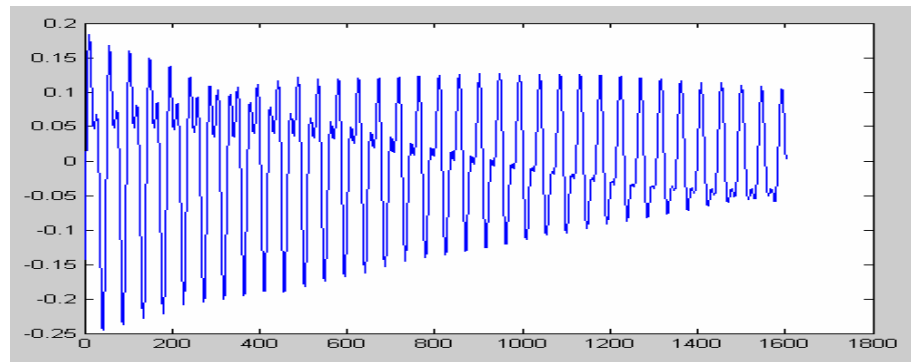
รูปที่ 4.5 ตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15



รูปที่ 4.6 โหนดส่วนที่หนึ่งที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15



รูปที่ 4.7 โหนดส่วนที่สองที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15



รูปที่ 4.8 ภาพขยายรายละเอียดโน้ตส่วนที่สองที่จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตคู่แปดสำหรับโน้ตในลำดับที่ 8 และลำดับที่ 15

เมื่อพิจารณารายละเอียดผลการรู้จำพบว่าโน้ตในแต่ละเฟรมย่อย 10 อันดับแรกของโน้ตทั้งสองส่วนได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4-17

ตารางที่ 4-17 รายละเอียดเฟรมย่อย 10 อันดับแรกที่ได้จากการแบ่งช่วงตัวโน้ตลำดับที่ 8 และโน้ตลำดับที่ 15

ลำดับเฟรมย่อย	โน้ตส่วนที่ 1		โน้ตส่วนที่ 2	
	โน้ตมือซ้าย	โน้ตมือขวา	โน้ตมือซ้าย	โน้ตมือขวา
1	8	15	8	15
2	8	15	8	15
3	8	15	8	15
4	8	15	8	0
5	8	15	8	0
6	8	15	8	0
7	8	15	8	0
8	8	15	8	0
9	1	15	8	0
10	9	15	8	0
11	1	0	8	0
12	20	0	8	0
13	20	0	8	0
14	20	0	8	0
15	20	0	8	0

ดังนั้นผลการรู้จำของโน้ตในส่วนที่หนึ่งซึ่งได้จากกระบวนการทำ Post-processing ได้ผลลัพธ์คือ โน้ตลำดับที่ 8 และโน้ตลำดับที่ 15 แต่สำหรับโน้ตส่วนที่สองจะได้ โน้ตลำดับที่ 8 และโน้ตลำดับที่ 0 ซึ่งหมายถึงมีโน้ตลำดับที่ 8 เพียงโน้ตเดียว ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นตอนของการทำ Post-processing นั้นได้กำหนดค่าระยะเวลาน้อยสุดที่ยอมรับได้ว่าเป็นตัวโน้ตคือต้องมีระยะเวลาอย่างน้อยเท่ากับ 4 เฟรมย่อยหรือ 40 มิลลิวินาที ดังนั้นเมื่อทดสอบโดยการเพิ่มค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานจาก 0.5 เป็น 1.0 จะเห็นได้ว่าจำนวนตัวโน้ตที่ได้จากแบ่งช่วงตัวโน้ตมีค่าถูกต้องมากขึ้นและผลลัพธ์ของอัตราความถูกต้องในการระบุตัวโน้ตมีค่ามากขึ้นเช่นกัน

อย่างไรก็ตามสำหรับการนำหลักการนี้ไปใช้งานจริงนั้นอาจจะต้องพิจารณากำหนดอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการเล่นระนาดแต่ละครั้ง

#### 4.5 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงการทดลองระบบรู้จำตัวโน้ตจากเสียงระนาดเอกตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 กับเสียงฐานข้อมูลเสียงระนาดเอกที่ได้จัดบันทึกขึ้นมา โดยได้ทำการทดสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพที่ได้รับในส่วนของการตัดสินเลือกตัวโน้ตด้วยการใช้ค่าพลังงานอ้างอิงเปรียบเทียบการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการตัดสินใจ รวมถึงการแบ่งช่วงตัวโน้ตจากเสียงต่อเนื่อง จากผลการทดลองที่ได้พบว่าสามารถนำแนวทางการออกแบบที่ได้ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมใช้งานได้จริง ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมตัวอย่างจะได้นำเสนอในบทที่ 5 และสรุปผลในบทที่ 6 ตามลำดับ