

การจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนในบ้านความถี่เดียว โดยใช้เทคนิค K-NN

AUDIO NOISE TYPE IDENTIFICATION USING K-NN TECHNIQUE



วิชาเรียนพิเศษเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2010-EN-M-010-025

การจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนในย่านความถี่เสียง โดยใช้เทคนิค K-NN

AUDIO NOISE TYPE IDENTIFICATION USING K-NN TECHNIQUE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-EN-M-010-025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนในย่านความถี่เสียงโดยใช้เทคนิค K-NN
Thesis Title Audio Noise Type Identification using K-NN Technique
นักศึกษา นายเชิดไชย เอี่ยมดีเลิศ
รหัสประจำตัว 48060903
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ไกรสิน ส่องวัฒนา
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-010-025

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|------------------------------|--|
| ผศ.อัศรพล ศรีรัตน์ |  |
| ผศ.ดร.สมเกียรติ อุกฤษ์วรัญญู |  |
| รศ.จิระศักดิ์ ชาญวุฒิชัยธรรม |  |
| รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี |  |
| รศ.ดร.ไกรสิน ส่องวัฒนา |  |

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2553 เวลา 13:00-15:00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.

วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

วันที่ 4 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้ทั้งการขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีที่มีเหตุจำเป็น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-----------------------|--|
| Thesis Title | Audio Noise Type Identification using K-NN Technique |
| Student | Mr. Cherdchai Eamdeelerd |
| Student ID. | 48060903 |
| Degree | Master of Engineering |
| Program | Telecommunications Engineering |
| Year | 2010 |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Dr. Kraisin Songwatana |

ABSTRACT

This thesis proposes an audio noise type identification which is a part of the process in speaker independent speech recognition system in the presence of noise. This thesis uses audio noise signal from NoiseX-92 [1] which provides 15 types of recorded noises from different environment. The proposed feature extraction uses the spectrum intensity from transfer function of linear predictive coding (LPC) coefficient on critical band and use K-NN technique to classify them. Average accuracy of 98.60% of audio noise classification is obtained when $K=3$ and median over 9 consecutive frames. The results will be used for optimization of speech recognition model in the presence of noise.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.ไกรสิน ส่องวัฒนา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่าน อาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พนักงาน แผนกการจัดการโครงการ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุน และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน ที่ห้องวิจัย T-310 ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณภรรยาและลูกสาวแสนน่ารักของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจเสมอมา
สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริม คอยให้กำลังใจเป็นห่วงเป็นใย ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี
คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เชิดไชย เอี่ยมดีเลิศ

สารบัญ

หน้า

| | |
|--|-----|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VII |
| สารบัญรูป..... | IX |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 3 |
| 1.3 สมมติฐานของการศึกษา..... | 3 |
| 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... | 3 |
| 1.5 ขอบเขตการวิจัย..... | 4 |
| 1.6 ขั้นตอนการศึกษา..... | 4 |
| บทที่ 2 สัญญาณรบกวนเสียง..... | 5 |
| 2.1 สัญญาณรบกวนสีต่าง ๆ (Colors of Noise)..... | 5 |
| 2.2 สัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92..... | 7 |
| 2.2.1 สัญญาณรบกวนขาว (White Noise)..... | 7 |
| 2.2.2 สัญญาณรบกวนสีชมพู (Pink Noise)..... | 8 |
| 2.2.3 สัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูง (HF Channel Noise)..... | 8 |
| 2.2.4 สัญญาณรบกวนเสียงคนพูด (Speech Babble)..... | 9 |
| 2.2.5 สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1 (Factory floor noise 1)..... | 10 |
| 2.2.6 สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2 (Factory floor noise 2)..... | 10 |
| 2.2.7 สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1 (Jet cockpit noise 1)..... | 11 |
| 2.2.8 สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2 (Jet cockpit noise 2)..... | 12 |
| 2.2.9 สัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือ (Destroyer engine room noise)..... | 12 |
| 2.2.10 สัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือ (Destroyer operations room noise)..... | 13 |
| 2.2.11 สัญญาณรบกวนเสียง F-16 (F-16 cockpit noise)..... | 14 |

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

| | |
|--|-----------|
| 2.2.12 สัญญาณเสียงรบกวนยานพาหนะทหาร (Military vehicle noise)..... | 14 |
| 2.2.13 สัญญาณรบกวนรถถัง (Tank noise)..... | 15 |
| 2.2.14 สัญญาณรบกวนปืนกล (Machine gun noise)..... | 16 |
| 2.2.15 สัญญาณรบกวนในรถ (Car interior noise)..... | 16 |
| บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง..... | 18 |
| 3.1 การสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ..... | 18 |
| 3.1.1 การแบ่งช่วงสัญญาณ (Frame Blocking)..... | 19 |
| 3.1.2 การวินโดว์ (Windowing)..... | 21 |
| 3.1.3 แบบจำลอง Linear Predictive Coding..... | 22 |
| 3.1.3.1 สมการการวิเคราะห์ LPC..... | 24 |
| 3.1.3.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การประมาณโดยวิธีอัตราส่วนสัมพัทธ์..... | 26 |
| 3.1.4 แถบความถี่วิกฤต และความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤต..... | 28 |
| 3.1.4.1 การหาความกว้างของแถบความถี่วิกฤต..... | 30 |
| 3.1.4.2 สเกลอัตราแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Rate Scale)..... | 34 |
| 3.1.4.3 Critical Band Rate Scale..... | 35 |
| 3.1.4.4 ความเข้มแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Intensity)..... | 37 |
| 3.2 กระบวนการตัดสินใจแบบ K-Nearest Neighbor Rule..... | 38 |
| 3.2.1 การหา Nearest Neighbor โดยตรง..... | 40 |
| 3.2.2 การหาค่า K-Nearest Neighbor..... | 42 |
| บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง..... | 44 |
| 4.1 ลำดับขั้นการทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง..... | 44 |
| 4.2 การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองด้าน Hardware และ Software..... | 44 |
| 4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ..... | 45 |
| 4.4 การเตรียมข้อมูลสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92..... | 45 |
| 4.4.1 เพื่อให้มีรูปแบบเดียวกับสัญญาณเสียงที่บันทึกเป็นแบบอ้างอิง ในระบบการรู้จำเสียงพูดโดยไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูด..... | 45 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| 4.4.2 เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ที่ไม่ซ้ำกันนำไปสร้างชุดอ้างอิง และชุดทดสอบ | 46 |
| 4.5 การจัดเตรียมข้อมูลแบบอ้างอิง | 46 |
| 4.6 การทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง | 58 |
| 4.7 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล | 84 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 85 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 85 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 86 |
| 5.2.1 กรณีไม่สามารถตัดสินใจระบุชนิดของสัญญาณรบกวนเสียงได้ | 86 |
| 5.2.2 การลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผล | 87 |
| เอกสารอ้างอิง | 88 |
| ภาคผนวก ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ | 89 |
| ประวัติผู้เขียน | 95 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ค่าความเข้มสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสี่ต่าง ๆ ที่แปรผันตามความถี่..... | 5 |
| 3.1 ขอบเขตและความถี่ศูนย์กลาง Critical Band Rate scale | 36 |
| 4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง..... | 45 |
| 4.2 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=3..... | 59 |
| 4.3 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=5..... | 59 |
| 4.4 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=7..... | 60 |
| 4.5 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=9..... | 60 |
| 4.6 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=11..... | 61 |
| 4.7 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=13..... | 61 |
| 4.8 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=15..... | 62 |
| 4.9 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=17..... | 62 |
| 4.10 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=19..... | 63 |
| 4.11 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=21..... | 63 |
| 4.12 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=3..... | 64 |
| 4.13 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=5..... | 64 |
| 4.14 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=7..... | 65 |
| 4.15 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=9..... | 65 |
| 4.16 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=11..... | 66 |
| 4.17 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=13..... | 66 |
| 4.18 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=15..... | 67 |
| 4.19 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=17..... | 67 |
| 4.20 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=19..... | 68 |
| 4.21 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=21..... | 68 |
| 4.22 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=3..... | 69 |
| 4.23 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=5..... | 69 |
| 4.24 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=7..... | 70 |
| 4.25 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=9..... | 70 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 1.1 ระบบการรู้จำเสียงแบบ ไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูด โดยใช้ชุดแบบอ้างอิงที่สร้างจากเสียงพูด ปราศจากเสียงรบกวน | 1 |
| 1.2 ระบบการรู้จำเสียงแบบ ไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก โดยใช้ชุดแบบอ้างอิงที่สร้างจากเสียงพูด+สัญญาณรบกวน..... | 2 |
| 2.1 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนขาว..... | 6 |
| 2.2 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีชมพู | 6 |
| 2.3 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีแดง (สีน้ำตาล)..... | 6 |
| 2.4 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีน้ำเงิน (สีฟ้าสด)..... | 6 |
| 2.5 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีม่วง..... | 6 |
| 2.6 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีเทา..... | 6 |
| 2.7 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนขาวบนแกนความถี่ | 7 |
| 2.8 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีชมพูบนแกนความถี่ | 8 |
| 2.9 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูงบนแกนความถี่..... | 9 |
| 2.10 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงคนพูดบนแกนความถี่..... | 9 |
| 2.11 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1 บนแกนความถี่..... | 10 |
| 2.12 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2 บนแกนความถี่..... | 11 |
| 2.13 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1 บนแกนความถี่..... | 11 |
| 2.14 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2 บนแกนความถี่..... | 12 |
| 2.15 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือบนแกนความถี่..... | 13 |
| 2.16 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือบนแกนความถี่..... | 13 |
| 2.17 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง F-16 บนแกนความถี่ | 14 |
| 2.18 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงยานพาหนะทหารบนแกนความถี่..... | 15 |
| 2.19 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงรถถังบนแกนความถี่ | 15 |
| 2.20 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงปืนกลบนแกนความถี่..... | 16 |
| 2.21 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนในรถบนแกนความถี่..... | 17 |
| 3.1 ขั้นตอนการสกัดค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ | 19 |
| 3.2 การแบ่งช่วงของสัญญาณที่ตัดมาวิเคราะห์ในกรอบของเฟรม | 20 |
| 3.3 องค์ประกอบทางเวลาและทางความถี่ของฟังก์ชันวิน โคว์แฮมมิง เมื่อ $N = 300$ | 22 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|--|------|
| 3.4 แบบจำลอง LPC สำหรับเสียงพูด | 23 |
| 3.5 การสังเคราะห์เสียงพูดของมนุษย์ตามแบบจำลอง LPC | 24 |
| 3.6 ระดับของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณรบกวนที่ความถี่ต่าง ๆ | 29 |
| 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอ้างอิง และจำนวนสัญญาณทดสอบ | 30 |
| 3.8(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอ้างอิง | 32 |
| 3.8(ข) จำนวนสัญญาณทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน | 32 |
| 3.9 ระดับอ้างอิงของสัญญาณรบกวนความถี่แคบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณทดสอบ | 33 |
| 3.10 ระดับอ้างอิงของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณรบกวนความถี่แคบ | 34 |
| 3.11 ความกว้างของแถบความถี่วิกฤตเมื่อเทียบกับความถี่ของสัญญาณทดสอบ | 35 |
| 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของแถบความถี่วิกฤตกับความถี่ของสัญญาณทดสอบ | 37 |
| 3.13 ตัวอย่างของพื้นที่ Voronoi Tessellation | 40 |
| 3.14 โฟลวชาร์ทการคำนวณหา Nearest Neighbor โดยตรง | 41 |
| 3.15 การจัดกลุ่มโดยอาศัยการตัดสินใจของ K-Nearest Neighbor | 42 |
| 3.16 โฟลวชาร์ทการคำนวณหา Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ | 43 |
| 4.1 กระบวนการสกัดค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณรบกวนเสียงของชุดข้อมูลอ้างอิง | 47 |
| 4.2(ก) $x(n)$ สัญญาณรบกวนขาวที่ผ่านกระบวนการแบ่งช่วงสัญญาณ เมื่อ $N=300, M=100$ | 48 |
| 4.2(ข) $w(n)$ สัญญาณแฮมมิงวินโดว์ | 48 |
| 4.2(ค) $x'(n) = x(n) \cdot w(n)$ ผลคูณระหว่างสัญญาณรบกวนขาวกับสัญญาณแฮมมิงวินโดว์ | 48 |
| 4.3(ก) $R_n(k)$ ค่าอัตราสหสัมพันธ์ของสัญญาณ เมื่อ $p=24$ | 49 |
| 4.3(ข) α ค่าสัมประสิทธิ์ LPC จำนวน 24 ลำดับ | 49 |
| 4.4(ก) $ H(z) $ ค่า LPC สเปกตรัมบนแกนความถี่ | 49 |
| 4.4(ข) $LPC_{spec}(f) = H(z) _{norm}$ ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมบนแถบความถี่วิกฤต | 49 |
| 4.5 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนขาว | 50 |
| 4.6 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนสีชมพู | 51 |
| 4.7 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูง | 51 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.8 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงคนพูด..... | 52 |
| 4.9 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1..... | 52 |
| 4.10 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2..... | 53 |
| 4.11 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1..... | 53 |
| 4.12 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2..... | 54 |
| 4.13 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือ..... | 54 |
| 4.14 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือ..... | 55 |
| 4.15 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง F-16..... | 55 |
| 4.16 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงยานพาหนะทหาร..... | 56 |
| 4.17 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนรถถัง..... | 56 |
| 4.18 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนปืนกล..... | 57 |
| 4.19 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่ วิกฤตของสัญญาณรบกวนในรถ..... | 57 |
| 4.20 ขั้นตอนการทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง..... | 58 |
| 5.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 1,3,5,7,9 และ K-NN=3,5,7,9,11,13,15,17,19,21..... | 85 |

บทที่ 1

บทนำ

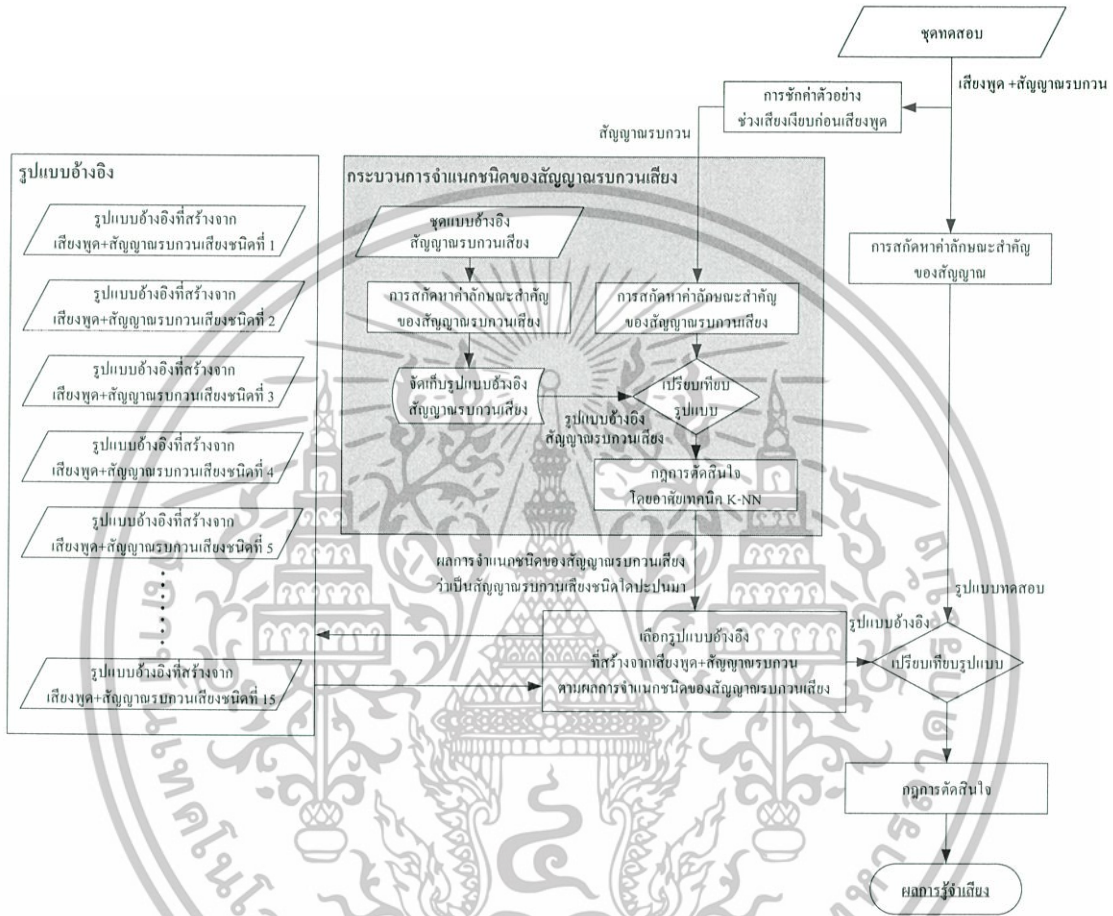
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูด (Speaker Independent Speech Recognition) นั้นได้มีการพัฒนา ศึกษา ค้นคว้า วิจัย กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งกระบวนการรู้จำแบบนี้จะใช้ฐานข้อมูลเสียงจากผู้พูดกลุ่มหนึ่งแล้วนำไปสร้างรูปแบบอ้างอิงเพื่อใช้ในกระบวนการรู้จำเสียงของผู้พูดทั่ว ๆ ไป การรู้จำแบบนี้จะมีความยุ่งยากและซับซ้อน แต่ก็มีประโยชน์ในแง่ของการประยุกต์ใช้ที่ไม่จำเป็นต้องมีการสร้างฐานข้อมูลเสียงเฉพาะสำหรับผู้ใช้งานแต่ละคน เมื่อนำระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดตามรูปที่ 1.1 ไปประยุกต์ใช้งานจริง โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเสียงที่นำมาทดสอบจะมีสัญญาณรบกวนที่เกิดจากสถานะแวดล้อมต่าง ๆ ปะปนอยู่ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการตัดสินใจโดยการเปรียบเทียบกับแบบอ้างอิงที่สร้างขึ้นจากสัญญาณเสียงที่ปราศจากสัญญาณรบกวน ก็จะเกิดปัญหาตามมาคือค่าความถูกต้องของการรู้จำเสียงต่ำลง



รูปที่ 1.1 ระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูด โดยใช้ชุดแบบอ้างอิงที่สร้างจากเสียงพูดปราศจากเสียงรบกวน

ดังนั้น ถ้าหากสามารถทราบได้ว่ามีสัญญาณรบกวนชนิดใดปะปนมากับสัญญาณเสียงที่นำมาทดสอบ จากนั้นเลือกแบบอ้างอิงที่สร้างขึ้นจากสัญญาณเสียงที่มีสัญญาณรบกวนชนิดนั้นปะปนอยู่ ก็จะส่งผลทำให้ค่าความถูกต้องในการรู้จำเสียงเพิ่มขึ้นและสามารถทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น ตามรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก โดยใช้ชุดแบบอ้างอิงที่สร้างจากเสียงพูด+สัญญาณรบกวน

เพราะฉะนั้น การจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงเพื่อให้ทราบว่าเป็นสัญญาณรบกวนชนิดใดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จักจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก หากผลการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงที่ได้มีความผิดพลาด ทำให้เลือกแบบอ้างอิงผิด ก็จะส่งผลทำให้ค่าความถูกต้องในการรู้จำเสียงต่ำลง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาเฉพาะวิธีการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาลักษณะสำคัญของสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ชนิดต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาวิธีการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง ด้วยวิธีการหาความเข้มของสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตแล้วใช้การตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K Nearest Neighbor
3. เพื่อศึกษาหาค่า K-NN ที่เหมาะสมและจำนวนเฟรมที่นำมาทดสอบที่ส่งผลทำให้การจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงมีค่าความถูกต้องสูงสุด เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกแบบอ้างอิงของระบบรู้จำเสียงต่อไป

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สมมติฐานของการศึกษาอยู่ภายใต้ข้อกำหนดว่า สัญญาณรบกวนเสียงที่มีโดยทั่วไปจะเกิดขึ้นในลักษณะเป็นสัญญาณสุ่มตามสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งสัญญาณรบกวนในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นกับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จักนั้น จะใช้ช่วงเสียงเงียบก่อนที่จะทำการพูดหรือข้อมูลช่วงต้นเฟรมของสัญญาณประมาณ 3 ถึง 9 เฟรม (136-300 ms) กำหนดให้เป็นสัญญาณรบกวนเสียง ซึ่งจะถูกแทนที่หรือถูกนิยามด้วย NoiseX-92 จำนวน 15 ชนิด

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นกับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จักนั้น มีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการสกัดหาลักษณะสำคัญของสัญญาณรบกวนเสียง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการแบ่งสัญญาณออกเป็นช่วง ๆ (Frame Blocking) หรือเฟรม แล้วนำสัญญาณแต่ละเฟรมมาทำการวินโดว์ (Windowing) จากนั้นนำไปหาค่าออโตคอร์รีเลชัน (Autocorrelation) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ LPC (Linear Prediction Coding Coefficient) ที่ใช้ในการทรานส์เฟอร์สัญญาณให้อยู่บนโดเมนความถี่ เพื่อจะหาค่าความเข้มของสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Intensity) ได้เป็นค่าเวกเตอร์ขนาด 19 มิติ ซึ่งเป็นการเลียนแบบการสกัดหาลักษณะสำคัญของเสียงในระบบการรู้จำเสียงทั่วไป
2. ขั้นตอนการตัดสินใจ ในงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้กระบวนการตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K-NN เนื่องจากใช้จำนวนชุดทดสอบน้อยและใช้เวลาในการประมวลผลต่ำ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเฉพาะวิธีการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก ซึ่งได้นำมาจาก NoiseX-92 จำนวน 15 ชนิด เพราะเป็นฐานข้อมูลที่นิยมใช้เมื่อมีการวิจัยเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนเสียง แล้วนำมาสกัดเพื่อหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ โดยเลียนแบบการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของเสียงในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นกับผู้พูด แล้วใช้การตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K-NN ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะใช้โปรแกรม MATLAB ในการประมวลผลหาค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

1.6 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ชนิดต่าง ๆ

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง ซึ่งประกอบด้วย การแบ่งช่วงสัญญาณ (Frame Blocking) การวินโดว์ (Windowing) การหาค่าออโตคอร์รีเลชัน (Autocorrelation) การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ LPC (Linear Predictive Coding Coefficient) การหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer Function) การหาค่าความเข้มของสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Intensity) วิธีการตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K-NN

บทที่ 4 กล่าวถึงการจัดสรรข้อมูลสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 เพื่อนำมาทดลอง การทดลองและผลที่ได้จากการทดลองหาค่าความถูกต้องในการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

สัญญาณรบกวนเสียง

สัญญาณรบกวน (Noise) คือสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูล และเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการเข้ามาอยู่ในระบบ มีลักษณะการเกิดเป็นสัญญาณสุ่ม (random signal) สามารถเกิดได้ทุกเวลา ทุกความถี่ ซึ่งความเข้มสเปกตรัม หรือกำลังงานที่กระจายอยู่บนโดเมนความถี่ของสัญญาณรบกวน จะมีคุณลักษณะเชิงสถิติ ดังนั้น เราจึงนำคุณสมบัติของความเข้มสเปกตรัมที่เกิดขึ้นเชิงสถิติ มาใช้เป็นตัวกำหนดเพื่อจำแนกหรือแบ่งประเภทของสัญญาณรบกวน และใช้ “ชื่อสีของแสง” เป็นคำศัพท์เพื่อบ่งบอกชนิดของสัญญาณรบกวน

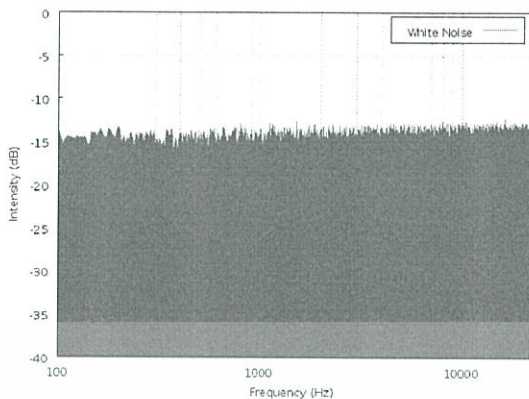
2.1 สัญญาณรบกวนสีต่าง ๆ (Colors of noise) [2]

สัญญาณรบกวนสีต่าง ๆ จะเรียกตามลักษณะความเข้มสเปกตรัมกำลัง (Power Spectral Density) ที่เกิดขึ้นเชิงสถิติ ซึ่งสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนแต่ละชนิดจะแปรผันตามความถี่ ดังตารางที่ 2.1

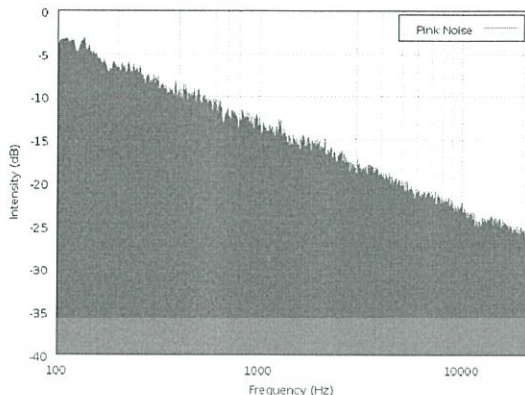
ตารางที่ 2.1 ค่าความเข้มสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีต่าง ๆ ที่แปรผันตามความถี่

| สัญญาณรบกวน | ตัวแปรที่ใช้กำหนดสเปกตรัมกำลัง | ค่าความเข้มสเปกตรัมกำลัง |
|--|--------------------------------|--|
| 1 สัญญาณรบกวนขาว White noise | $\beta=0, 1/f^\beta=1/f^0=1$ | จะมีค่าเท่ากันทุกความถี่ ตามรูปที่ 2.1 |
| 2 สัญญาณรบกวนสีชมพู Pink (or 1/f) noise | $\beta=1, 1/f^\beta=1/f^1$ | จะแปรผันตาม $1/f$ หรือมีค่าลดลง 3 dB/Octave เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.2 |
| 3 สัญญาณรบกวนสีแดง Red (or Brown) noise | $\beta=2, 1/f^\beta=1/f^2$ | จะแปรผันตาม $1/f^2$ หรือมีค่าลดลง 6 dB/Octave เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.3 |
| 4 สัญญาณรบกวนสีน้ำเงิน Blue (or azure) noise | f | จะแปรผันตาม f หรือมีค่าเพิ่มขึ้น 3 dB/Octave เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.4 |
| 5 สัญญาณรบกวนสีม่วง Violet (or purple) noise | f^2 | จะแปรผันตาม f^2 หรือมีค่าเพิ่มขึ้น 6 dB/Octave เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ตามรูปที่ 2.5 |
| 6 สัญญาณรบกวนสีเทา Grey noise | A-weighting curve | จะเป็นส่วนกลับของสเปกตรัมการได้ยินเสียงของมนุษย์ ตามรูปที่ 2.6 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนขาว



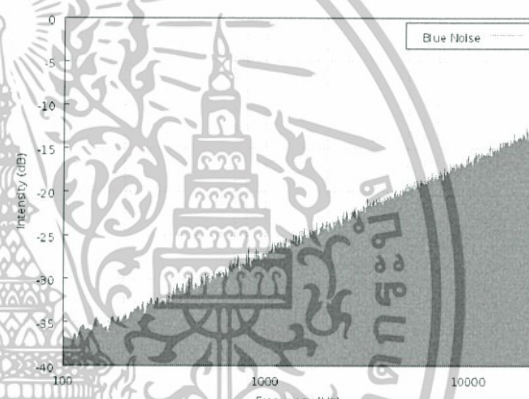
รูปที่ 2.2 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

สีชมพู



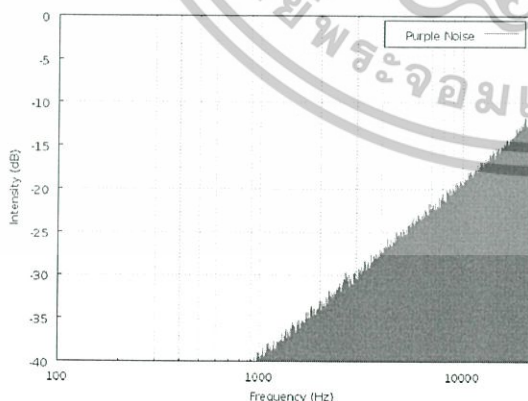
รูปที่ 2.3 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

สีแดง(สีน้ำตาล)



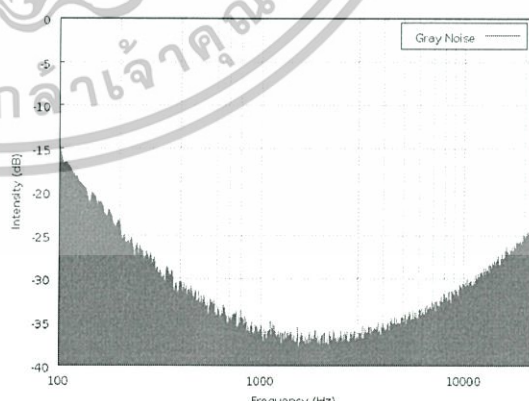
รูปที่ 2.4 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

สีน้ำเงิน(สีฟ้าสด)



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

สีม่วง



รูปที่ 2.6 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวน

สีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

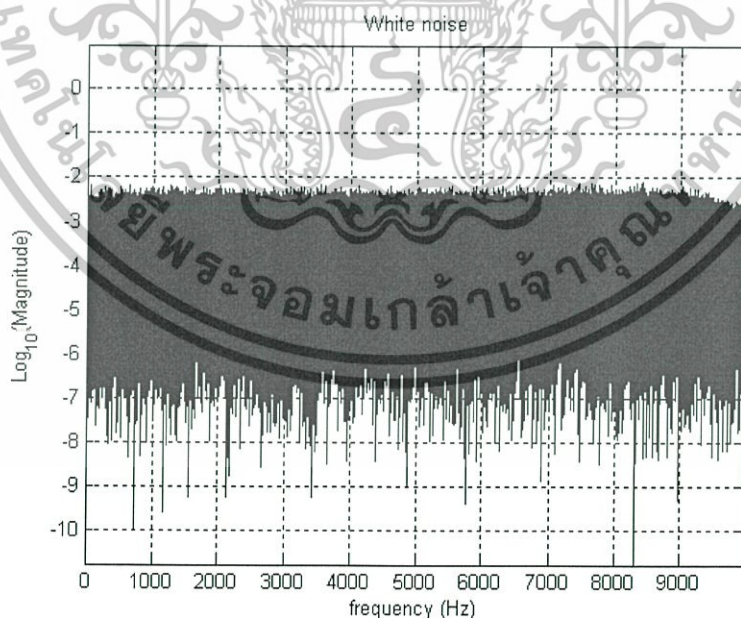
2.2 สัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 [1]

เป็นสัญญาณรบกวนในย่านความถี่เสียงที่นิยมใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณเชิงเลข (Digital Signal Processing) ในระบบการรู้จำเสียง ซึ่งมีการเผยแพร่อยู่บนเว็บไซต์ http://spib.rice.edu/spib/select_noise.html ของ The Rice University โดยสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 แต่ละชนิดที่เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog) จะนำมาผ่าน anti-aliasing filter จากนั้นจะถูกบันทึกด้วยระบบดิจิทัล 16 บิต มีอัตราการสุ่ม (sampling rate) 19,980 Hz แบบช่องสัญญาณเดี่ยว (Mono) และใช้เวลาในการบันทึกเสียงประมาณ 235 วินาที ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 15 ชนิด ดังต่อไปนี้

2.2.1 สัญญาณรบกวนขาว (White Noise)

คำว่าขาวอุปมาเปรียบเหมือนแสงสีขาว ที่ประกอบขึ้นจากแสงทุก ๆ สี หรือที่ทุก ๆ ความถี่ มีกำลังงานต่อความถี่เท่ากันตลอด เพราะฉะนั้นค่ากำลังงานทางไฟฟ้าที่ออกมาในทุกความถี่จะมีค่าเท่า ๆ กันทั้งหมด (ที่ 20 kHz ก็จะมีกำลังสัญญาณเท่ากับที่ 20 Hz) ดังนั้น เราจะได้ยินทุกความถี่ดังไม่เท่ากัน แต่จะมีค่ากำลังงานทางไฟฟ้าเท่ากันในแต่ละย่านความถี่เสียง

สัญญาณรบกวนขาวจาก NoiseX-92 ได้มาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวนอนาล็อกคุณภาพสูง ยี่ห้อ Wandel & Goltermann ที่ให้ค่ากำลังงานต่อความถี่เท่ากันตลอดทุกความถี่ ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.7



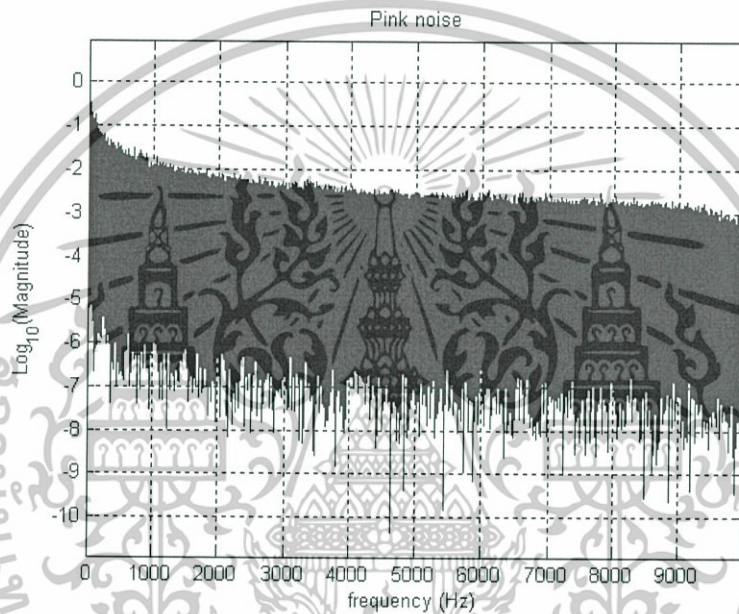
รูปที่ 2.7 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนขาวบนแกนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 สัญญาณรบกวนสีชมพู (Pink Noise)

สัญญาณรบกวนสีชมพูจะมีสเปกตรัมกำลังของสัญญาณจะลาดลง 3 dB/ Octave หรือกำลังของสัญญาณเป็นส่วนกลับของความถี่ คือ $1/f$ ความถี่ที่สูงมากกำลังสัญญาณจะยิ่งน้อยมากถึงไม่มีเลย

สัญญาณรบกวนสีชมพูจาก NoiseX-92 ได้มาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวนอนาล็อกคุณภาพสูง ยี่ห้อ Wandel & Goltermann ซึ่งให้ค่าพลังงานต่อความถี่ลดลงทุก ๆ $1/3$ ออกเตฟ ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.8

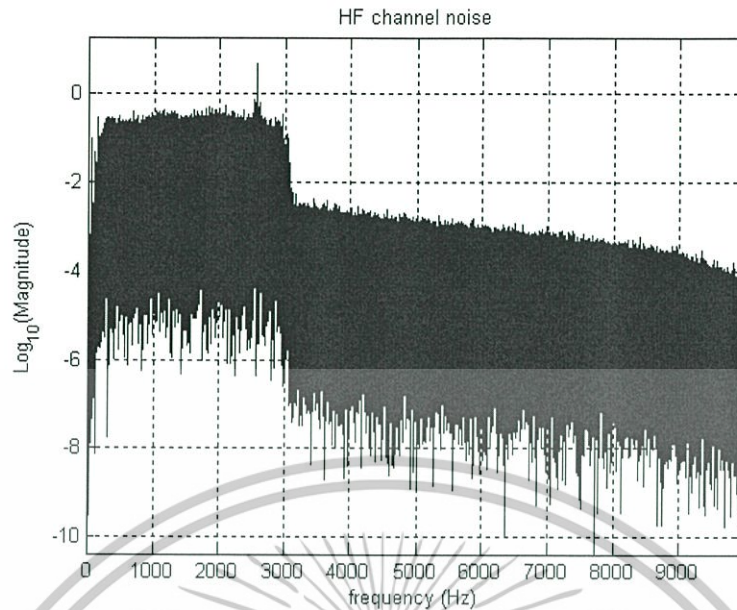


รูปที่ 2.8 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนสีชมพูบนแกนความถี่

2.2.3 สัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูง (HF Channel Noise)

สัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูงได้มาจาก การบันทึกเสียงสัญญาณรบกวนความถี่สูงในช่วงความถี่วิทยุหลังจากการดีมอดูเลตแล้ว ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ ดังรูปที่

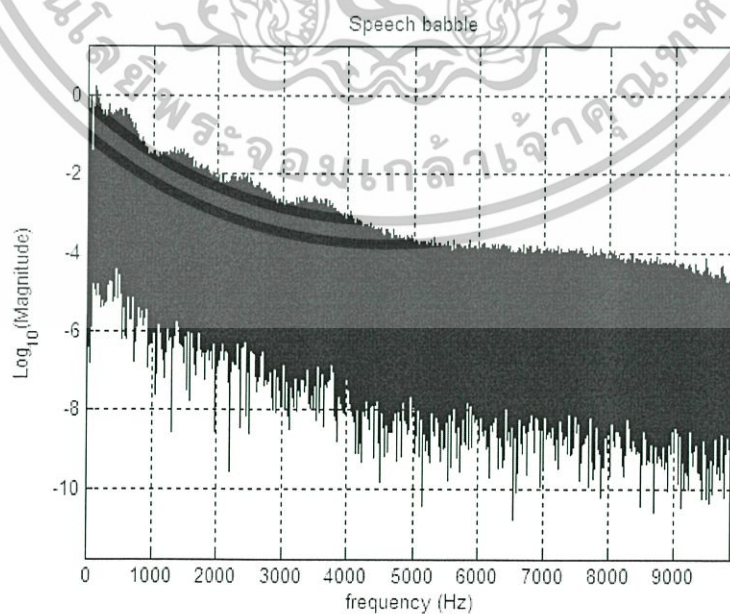
2.9



รูปที่ 2.9 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูงบนแกนความถี่

2.2.4 สัญญาณรบกวนเสียงคนพูด (Speech Babble)

สัญญาณรบกวนเสียงคนพูดได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิตอล (DAT: Digital Audio Tape) จากเสียงคน 100 คน พูดคุยภายในห้องอาหาร และจุดที่บ้านที่กมีรัศมีห่างจากคนพูดมากกว่า 2 เมตร เพราะฉะนั้นเสียงเฉพาะบุคคลจะได้ยินเบามาก ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 88 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.10

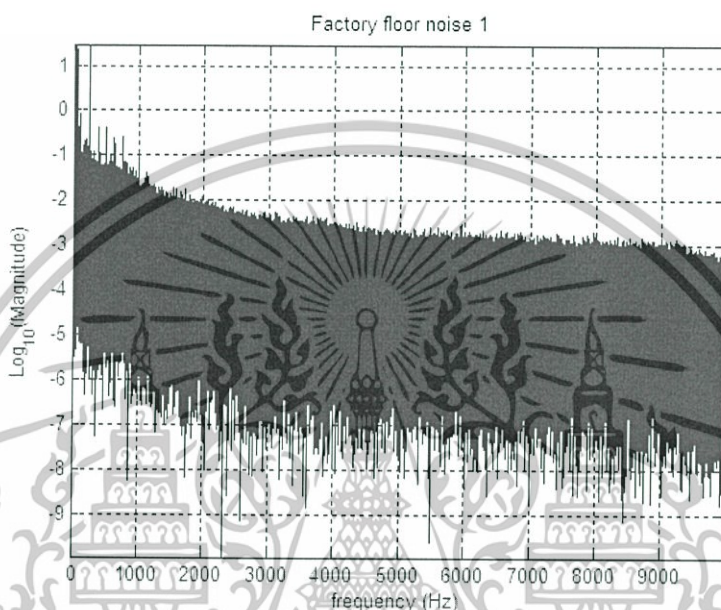


รูปที่ 2.10 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงคนพูดบนแกนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1 (Factory floor noise 1)

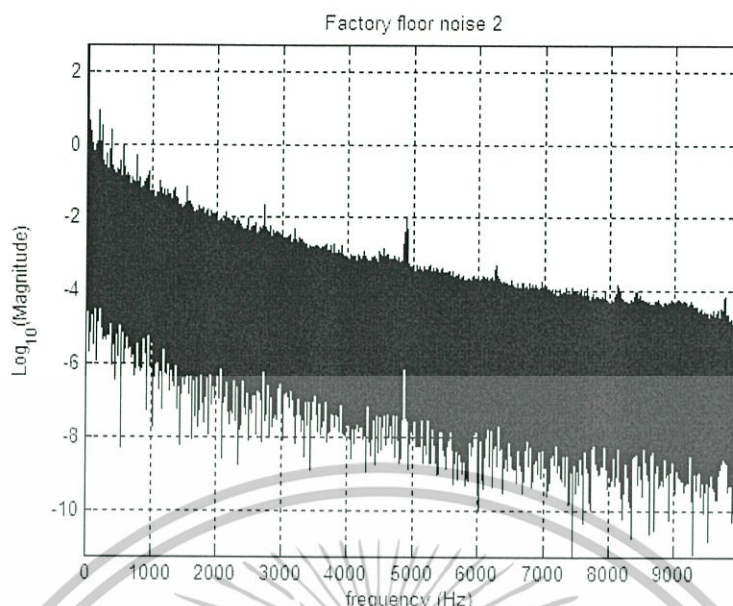
สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1 ใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิตอล (DAT:Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนนี้ถูกบันทึกภายในโรงงานใกล้กับเครื่องตัดชิ้นงานและอุปกรณ์เชื่อมไฟฟ้า ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงภายใน โรงงาน 1 บนแกนความถี่

2.2.6 สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2 (Factory floor noise 2)

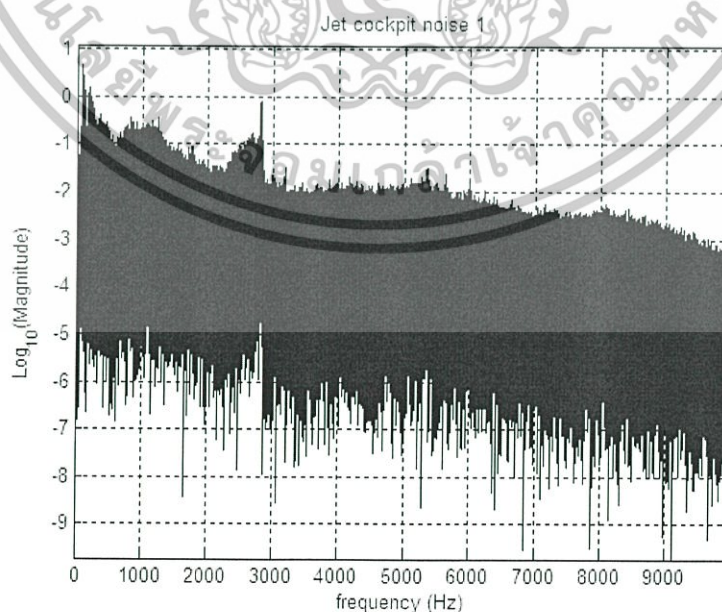
สัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2 ใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิตอล (DAT:Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนนี้ถูกบันทึกภายในโรงงานผลิตรถยนต์แห่งหนึ่ง ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2 บนแกนความถี่

2.2.7 สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1 (Jet cockpit noise 1)

สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน Buccancer ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT: Digital Audio Tape) ขณะที่ทำการบันทึกเครื่องบินเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 190 น็อตเหนือระดับน้ำทะเล 1000 ฟุต ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 109 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.13

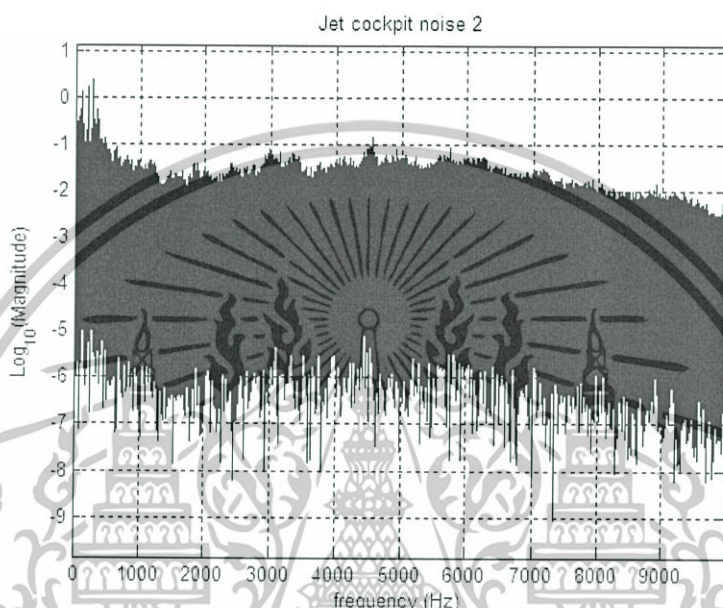


รูปที่ 2.13 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1 บนแกนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.8 สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2 (Jet cockpit noise 2)

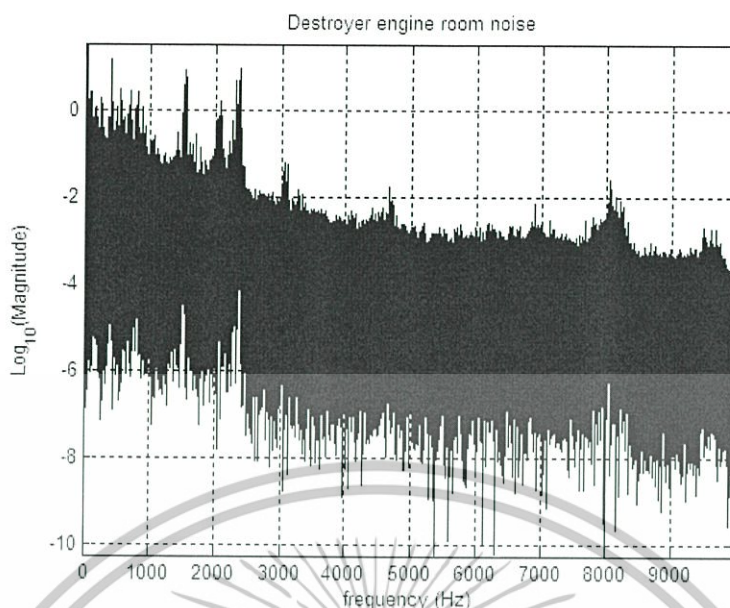
สัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน Buccaneer ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) ขณะที่ทำการบันทึกเครื่องบินเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 450 น็อตเหนือระดับน้ำทะเล 300 ฟุต ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 116 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2 บนแกนความถี่

2.2.9 สัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือ (Destroyer engine room noise)

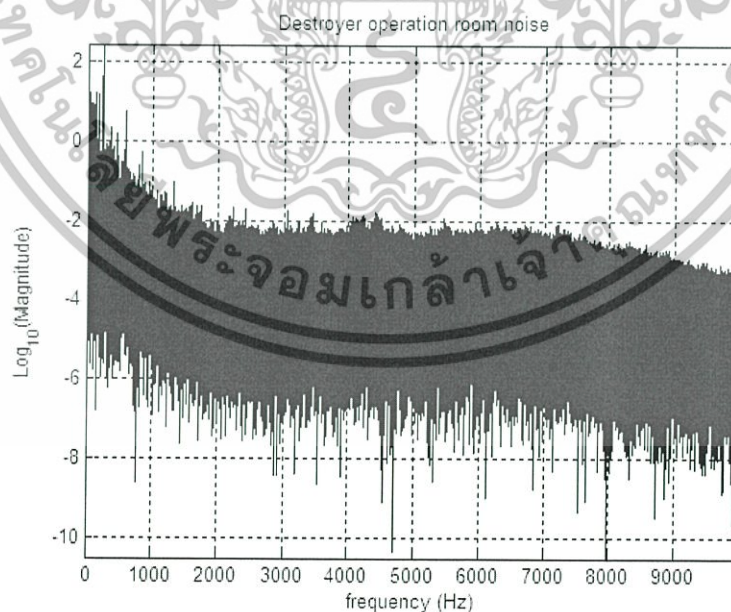
สัญญาณรบกวนเสียงของห้องเครื่องจักรเรือ ได้มาจากการใช้ไมค์บันทึกเสียงลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 101 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือบนแกนความถี่

2.2.10 สัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือ (Destroyer operations room noise)

สัญญาณรบกวนเสียงของห้องปฏิบัติการเรือ ได้มาจากการใช้ไมค์บันทึกเสียงลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT: Digital Audio Tape) ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 70 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.16

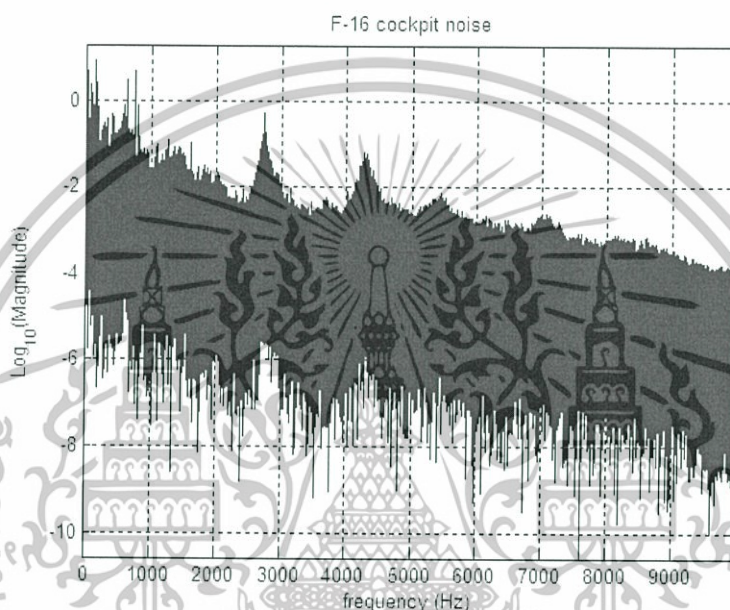


รูปที่ 2.16 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือบนแกนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.11 สัญญาณรบกวนเสียง F-16 (F-16 cockpit noise)

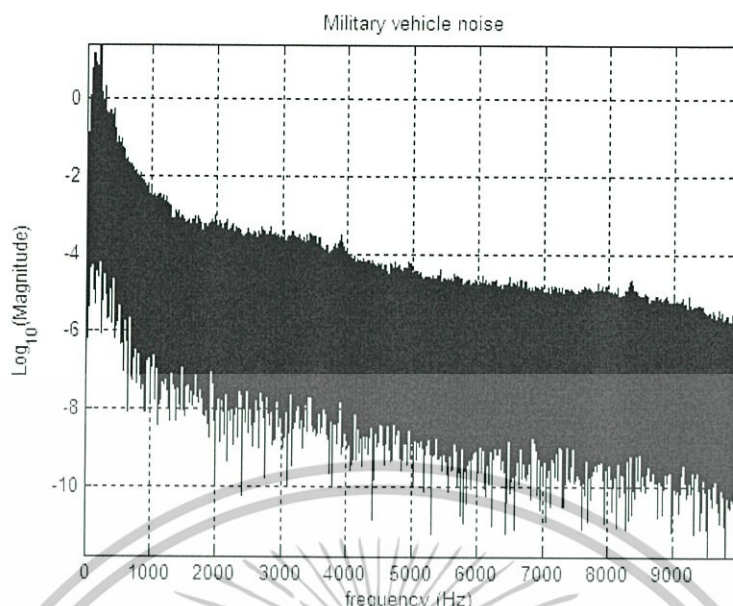
สัญญาณรบกวนเสียง F-16 ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนเสียงนี้ได้ถูกบันทึกที่ตำแหน่งที่นั่งนักบินที่สองภายในเครื่องบิน F-16 ขณะที่ทำการบันทึกเครื่องบินเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 500 น็อต เหนือระดับน้ำทะเล 300-600 ฟุต ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 103 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียง F-16 บนแกนความถี่

2.2.12 สัญญาณเสียงรบกวนยานพาหนะทหาร (Military vehicle noise)

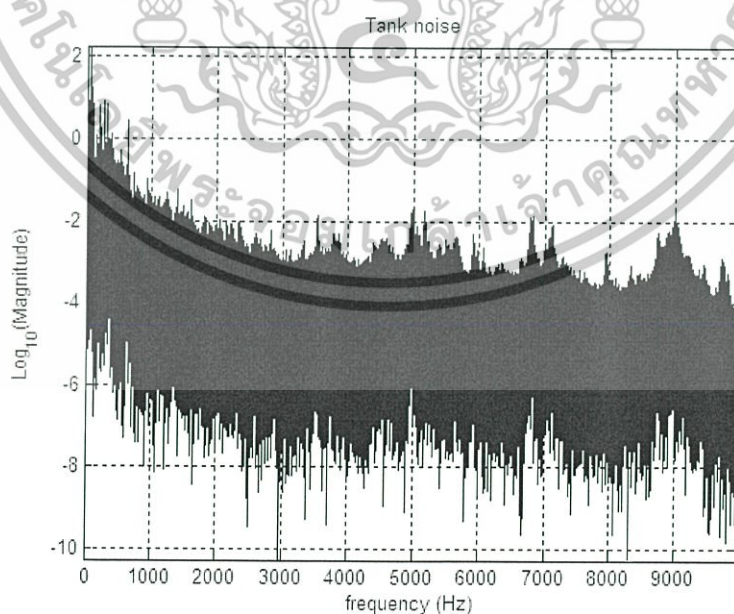
สัญญาณเสียงรบกวนยานพาหนะทหาร Leopard ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนนี้เป็นเสียงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทหาร Leopard ด้วยความเร็ว 70 กม./ชั่วโมง ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 114 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงยานพาหนะทหารบนถนนความถี่

2.2.13 สัญญาณรบกวนรถถัง (Tank noise)

สัญญาณรบกวนรถถัง M109 ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT: Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนนี้เป็นเสียงการเคลื่อนที่ของรถถัง M109 ด้วยความเร็ว 30 กม./ชั่วโมง ระดับเสียงระหว่างการบันทึกคือ 100 dBA ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.19

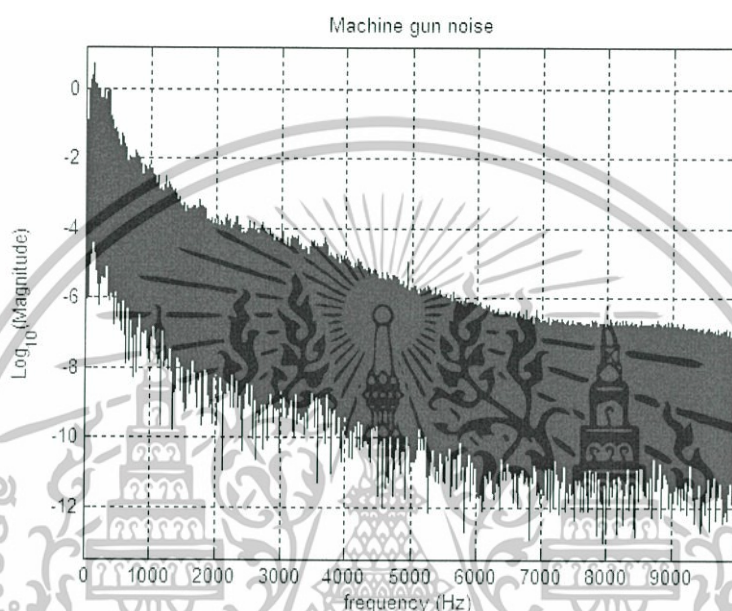


รูปที่ 2.19 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงรถถังบนถนนความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.14 สัญญาณรบกวนปืนกล (Machine gun noise)

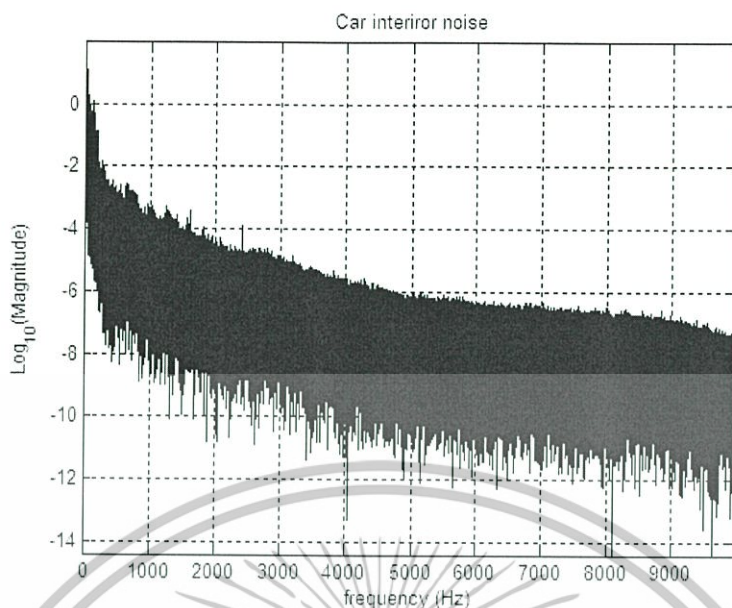
สัญญาณรบกวนปืนกล ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) สัญญาณรบกวนนี้เป็นเสียงการยิงด้วยอาวุธปืนที่มีขนาดลำกล้อง 0.50 มม. ชั่ว ๆ หลายครั้ง ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนเสียงปืนกลบนแกนความถี่

2.2.15 สัญญาณรบกวนในรถ (Car interior noise)

สัญญาณรบกวนในรถ Volvo 340 ได้มาจากการใช้คอนเดนเซอร์ไมค์ขนาด 1/2" ยี่ห้อ B&K เป็นตัวรับสัญญาณ แล้วนำไปบันทึกลงบนเทปเสียงดิจิทัล (DAT:Digital Audio Tape) ขณะบันทึกที่รถวิ่งที่เกียร์ 4 ด้วยความเร็ว 120 กม./ชั่วโมง บนถนนลาดยาง และมีฝนตก ซึ่งมีสเปกตรัมกำลังบนแกนความถี่ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 สเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนในรถยนต์บนถนนแอสฟัลต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่ใช้ในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย การแบ่งช่วงสัญญาณ

(Frame Blocking) การวินโดว์ (Windowing) การหาค่าออโตคอร์รีเลชัน (Autocorrelation)

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ LPC (Linear Predictive Coding Coefficient) การหาค่าทรานส์

เฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer Function) การหาค่าความเข้มของสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤต

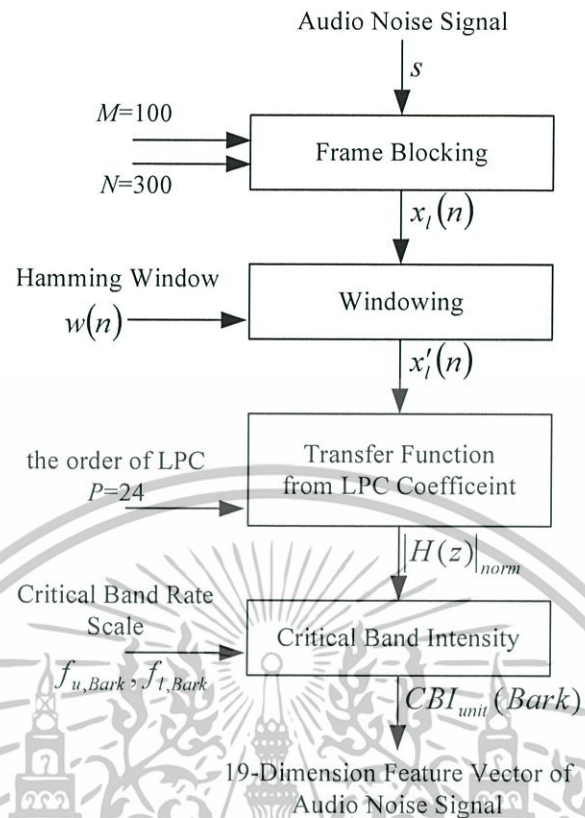
(Critical Band Intensity)

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการตัดสินใจ โดยอาศัยเทคนิค K-Nearest Neighbor

3.1 การสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ

ตามที่ได้ศึกษาลักษณะสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ชนิดต่าง ๆ ตามบทที่ 2 ทำให้ทราบว่าสัญญาณรบกวนเสียงมีลักษณะเป็นสัญญาณสุ่ม อยู่ในย่านความถี่เสียง และมีรูปแบบสเปกตรัมกำลังในแต่ละความถี่แตกต่างกันตามแต่ละชนิดของสัญญาณ คล้ายคลึงกับเสียงพูดที่มีลักษณะเป็นสัญญาณสุ่มเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงนำกระบวนการการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณเสียงในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นกับผู้พูดมาประยุกต์ใช้งาน โดยมีขั้นตอนตามรูปที่

3.1

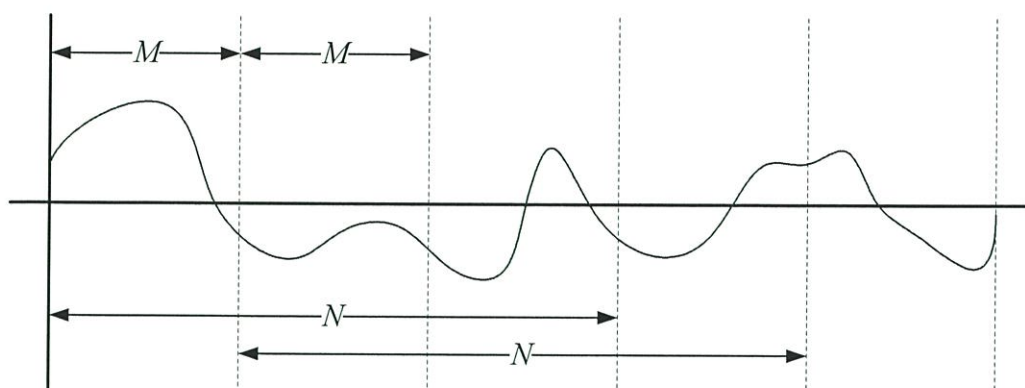


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ

3.1.1 การแบ่งช่วงสัญญาณ (Frame Blocking)

โดยธรรมชาติของสัญญาณรบกวนเสียงจะไม่นิ่งเชิงสถิติและเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Non-Stationary) ดังนั้น เมื่อต้องการนำสัญญาณรบกวนเสียงมาประมวลผลสัญญาณเชิงเลข (Digital Signal Processing) จึงจำเป็นต้องแบ่งสัญญาณรบกวนเสียงออกเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ (Short Time) เพื่อให้สัญญาณรบกวนเสียงมีความนิ่งเชิงสถิติและไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Stationary) จากนั้นจึงนำสัญญาณรบกวนเสียงไปประมวลผลต่อไปได้

สัญญาณจะถูกตัดแบ่งเป็นช่วง ๆ หรือเป็นเฟรม ๆ เฟรมละ N ตัวอย่างสัญญาณ ในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ เราจะวิเคราะห์ทีละช่วงของแต่ละ N ตัวอย่างสัญญาณ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การแบ่งช่วงของสัญญาณที่ตัดมาวิเคราะห์ในกรอบของเฟรม

โดยช่วงการวิเคราะห์แต่ละช่วงจะถูกเลื่อนไปเป็นระยะ M ช่วงสัญญาณ จะเห็นได้ว่า ถ้าค่า M ใหญ่กว่าค่า N ในการเลื่อนของช่วงในการวิเคราะห์จะทำให้บางสัญญาณไม่ถูกใช้ในการวิเคราะห์ ก็จะเป็นการสูญเสียส่วนหนึ่งทำให้ผลที่ได้ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร ถ้าค่า M เล็กกว่า N ยิ่งค่า M เล็กเท่าไรก็จะทำให้ตัวอย่างสัญญาณทุกตัวถูกนำมาวิเคราะห์ก็จะมีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูงขึ้นเท่านั้น แต่ก็จะทำให้การคำนวณช้าลง

หลักการกำหนดขนาดของเฟรม

1. ขนาดของเฟรมจะต้องสั้นพอที่คุณสมบัติของเสียงที่เราสนใจจะวิเคราะห์นั้น ยังไม่เปลี่ยนแปลงในเฟรม
2. ขนาดของเฟรมจะต้องยาวพอที่จำนวนตัวอย่างสัญญาณใน 1 เฟรม สามารถนำมาคำนวณหาคุณสมบัติที่ต้องการได้
3. เฟรมที่ติดกันไม่ควรจะสั้นจนกระโดดข้ามข้อมูลบางส่วนไป แต่ควรเลื่อนเฟรมให้น้อยกว่าขนาดของเฟรม

เนื่องจาก เราใช้ความถี่ในการสุ่มสัญญาณ 11,025 Hz [3] ในการวิเคราะห์นี้ เราเลือกใช้ค่า $N=300$ และค่า $M=100$ นั่นคือ ช่วงในการวิเคราะห์จะมีค่าเท่ากับ $300/11025 = 27.21$ ms และระยะในการเลื่อนเฟรมจะมีค่าเท่ากับ $100/11025 = 9.07$ ms

ตามกรอบเสียงพูด (Speech Frame) ที่คำนวณได้ จะมีความยาวประมาณ 20-30 ms [4] ทำให้สัญญาณรบกวนเสียงในแต่ละกรอบเสียงพูด เป็นสัญญาณที่มีความนิ่งเชิงสถิติและไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา การเหลื่อมกรอบเสียงพูด (Frame Overlap) จะทำให้รอยต่อของลักษณะสำคัญของเสียงพูด จากกรอบเสียงพูดหนึ่งไปยังอีกกรอบเสียงพูดหนึ่งเรียบ (Smooth) ขึ้น

จำนวนเฟรมทั้งหมดในหนึ่งไฟล์หาได้จากสมการที่ 3.1

$$L = \text{floor}\left(\left(\frac{\text{length}(s_i) - N}{M}\right) + 1\right) \quad (3.1)$$

เมื่อ L คือจำนวนเฟรมทั้งหมดในหนึ่งไฟล์
 s_i คือจำนวนตัวอย่างทั้งหมดในหนึ่งไฟล์
 N คือจำนวนตัวอย่างในแต่ละเฟรม
 M คือจำนวนตัวอย่างที่ใช้เลื่อนเฟรมในแต่ละครั้ง

ดังนั้น สามารถแทนค่าสัญญาณที่นำมาพิจารณาในแต่ละเฟรม

$$x_l(n) = s(Ml + n) \quad (3.2)$$

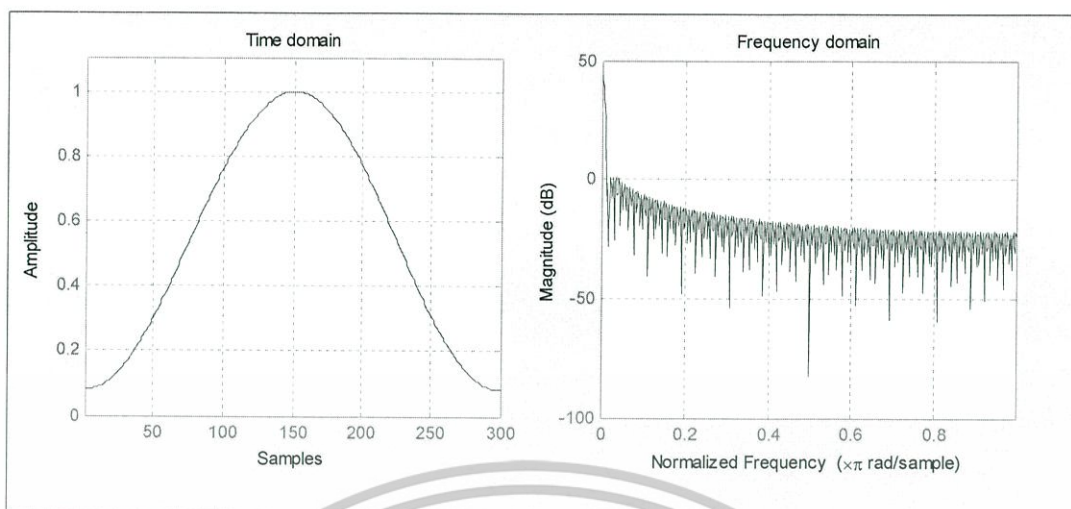
เมื่อ $x_l(n)$ คือสัญญาณที่นำมาพิจารณาในแต่ละเฟรม
 $n = 1, 2, \dots, N$ คือดัชนีจำนวนตัวอย่างในหนึ่งเฟรม
 $l = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ คือดัชนีจำนวนเฟรมในหนึ่งไฟล์

3.1.2 การวินโดว์ (Windowing)

พิจารณาช่วงสัญญาณ N ตัวอย่างสัญญาณของช่วงใด ๆ ที่ตัดมาวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า ที่ขอบเขตของเฟรมที่ตัดมานี้ มีความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณ ถ้าเราพิจารณาในโดเมนของความถี่สูง ก็จะพบว่ามีความถี่สูงเกิดขึ้น ดังนั้น เพื่อที่จะลดองค์ประกอบของความถี่สูงเหล่านี้ เราจะคูณด้วยฟังก์ชันวินโดว์ เพื่อลดความไม่ต่อเนื่องของสัญญาณที่บริเวณขอบ และไม่ทำให้สเปกตรัมของสัญญาณในช่วงความถี่ต่ำเปลี่ยนแปลงไปมากนัก โดยในที่นี้เราจะใช้ฟังก์ชันวินโดว์แฮมมิง (Hamming Window Function) ซึ่งนิยามตามสมการที่ 3.3

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(2\pi \frac{n}{N-1}\right) \quad (3.3)$$

เมื่อ $w(n)$ คือฟังก์ชันวินโดว์แฮมมิง
 $n = 0, 1, 2, \dots, N - 1$



รูปที่ 3.3 องค์ประกอบทางเวลาและทางความถี่ของฟังก์ชันวินโดว์แฮมมิง เมื่อ $N = 300$

ดังนั้น ผลคูณของสัญญาณที่นำมาพิจารณากับฟังก์ชันวินโดว์ จะได้ตามสมการที่ 3.4

$$x'_l(n) = x_l(n) \cdot w(n) \quad (3.4)$$

เมื่อ

$x'_l(n)$ คือสัญญาณที่ผ่านขบวนการวินโดว์

$x_l(n)$ คือสัญญาณที่นำมาพิจารณาในแต่ละเฟรม

$$0 \leq n \leq N-1; 0 \leq l \leq L-1$$

3.1.3 แบบจำลอง Linear Predictive Coding

แนวคิดเบื้องต้นของแบบจำลอง LPC คือสัญญาณเสียงที่เวลา n หรือ $s(n)$ สามารถหาค่าโดยประมาณจากผลรวมเชิงเส้นของค่าตัวอย่างของสัญญาณเสียงก่อนหน้า จำนวน p ตัวอย่าง

$$s(n) \approx a_1 s(n-1) + a_2 s(n-2) + \dots + a_p s(n-p) \quad (3.5)$$

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ a_1, a_2, \dots, a_p จะเป็นค่าคงที่ตลอดช่วงของเสียงที่ทำการวิเคราะห์ สมการ (3.5) สามารถเขียนใหม่โดยเพิ่มพจน์ของค่าการกระตุ้น (Excitation Term) ได้ดังนี้

$$s(n) = \sum_{i=1}^p a_i s(n-i) + Gu(n) \quad (3.6)$$

โดยที่ $u(n)$ คือค่าการกระตุ้นบรรทัดฐาน (Normalized Excitation) และ G คืออัตราขยายของการกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

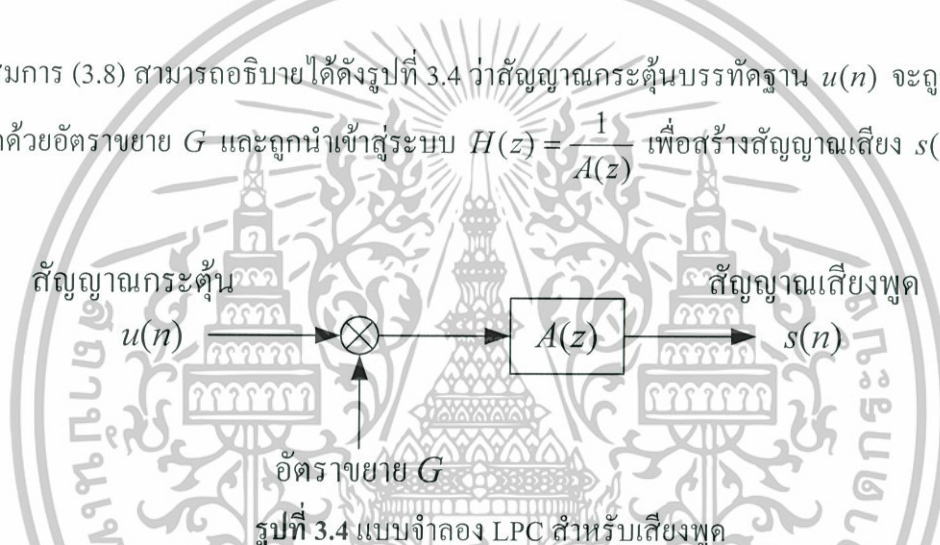
จากสมการที่ (3.6) สามารถเขียนในโดเมน z ได้เป็น

$$S(z) = \sum_{i=1}^p a_i z^{-i} S(z) + GU(z) \quad (3.7)$$

และได้ค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน

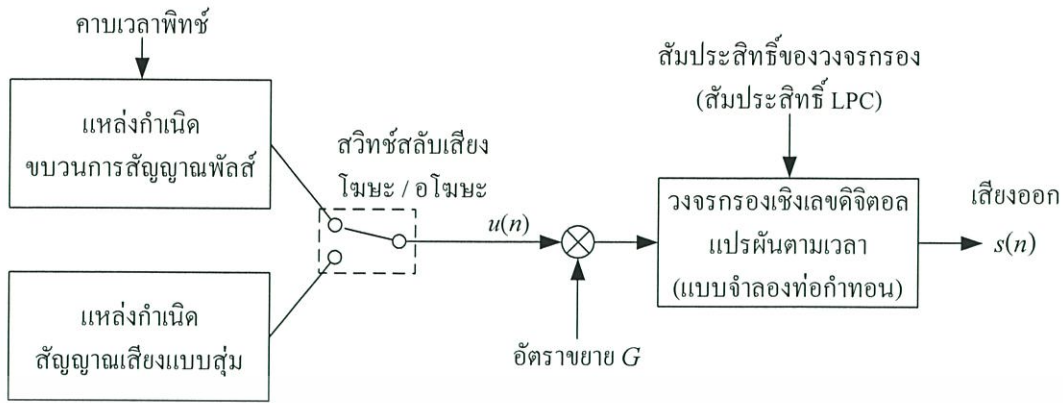
$$H(f) = H(e^{j2\pi f}) = H(z) = \frac{S(z)}{GU(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}} = \frac{1}{A(z)} \quad (3.8)$$

จากสมการ (3.8) สามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.4 ว่าสัญญาณกระตุ้นมาตรฐาน $u(n)$ จะถูกปรับขนาดด้วยอัตราขยาย G และถูกนำเข้าสู่ระบบ $H(z) = \frac{1}{A(z)}$ เพื่อสร้างสัญญาณเสียง $s(n)$



รูปที่ 3.4 แบบจำลอง LPC สำหรับเสียงพูด

ฟังก์ชันของค่าการกระตุ้นสำหรับเสียงพูดของมนุษย์ในความเป็นจริงนั้นอาจจะมีทั้งที่เป็นสัญญาณพัลส์กึ่งคาบ (Quasi-periodic Pulse) หรือเสียงโชนะ และสัญญาณรบกวนสุ่ม (Random Noise) หรือเสียงอโชนะ ดังนั้นการสังเคราะห์เสียงพูดจึงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมีส่วนของสวิทช์ที่ทำหน้าสลับแหล่งกำเนิดเสียงระหว่างเสียงโชนะ และอโชนะ เพื่อส่งเข้าไปยังตัวกรอง $H(z)$ ซึ่งถูกควบคุมคุณลักษณะโดยค่าพารามิเตอร์ของทางเดินของเสียง



รูปที่ 3.5 การสังเคราะห์เสียงพูดของมนุษย์ตามแบบจำลอง LPC

3.1.3.1 สมการการวิเคราะห์ LPC

จากรูปที่ 3.4 เราเขียนความสัมพันธ์ของ $s(n)$ และ $u(n)$ ได้เป็น

$$s(n) = \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) + Gu(n) \quad (3.9)$$

ถ้าเรากำหนดให้ค่าโดยประมาณของสัญญาณเสียง $\tilde{s}(n)$ นั้นได้จากผลรวมเชิงเส้นของค่าตัวอย่างของสัญญาณเสียงก่อนหน้า จะได้ว่า

$$\tilde{s}(n) = \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) \quad (3.10)$$

เราจะได้ค่าความผิดพลาดของการประมาณ (Prediction Error) $e(n)$ ซึ่งนิยามได้ว่า

$$e(n) = s(n) - \tilde{s}(n) = s(n) - \sum_{k=1}^p a_k s(n-k) \quad (3.11)$$

ซึ่งจะได้ค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของความผิดพลาดเป็น

$$A(z) = \frac{E(z)}{S(z)} = 1 - \sum_{k=1}^p a_k z^{-k} \quad (3.12)$$

จะเห็นได้ว่าค่าสัญญาณ $s(n)$ ซึ่งสร้างจากระบบเชิงเส้นตามรูปที่ 3.4 นั้นจะมีค่าความผิดพลาดของการประมาณ $e(n)$ เท่ากับค่าการกระตุ้นที่มีการปรับขนาดหรือ $Gu(n)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่เราต้องการหาจากระบบเชิงเส้นดังกล่าวคือ เซตของค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณ (Prediction Coefficient) หรือ $\{a_k\}$ จากสัญญาณเสียงโดยตรง ซึ่งสเปกตรัมคุณสมบัติของตัวกรองดิจิทัลในรูปที่ 3.5 นั้นตรงกับรูปคลื่นของสัญญาณเสียงในช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์ เนื่องจากสเปกตรัมคุณสมบัติของสัญญาณเสียงนั้นเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้น การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณที่เวลา n นั้น จะต้องประมาณจากช่วงสั้น ๆ ของสัญญาณเสียงที่เวลานั้น การประมาณค่าสัญญาณเสียงนั้นจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่ทำให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Mean-squared error) มีค่าน้อยที่สุด

การสร้างสมการในการหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณนั้น เริ่มจากการกำหนดช่วงสั้น ๆ ของสัญญาณเสียง และค่าผิดพลาดที่เวลา n ดังนี้

$$s_n(m) = s(n+m) \quad (3.13a)$$

$$e_n(m) = e(n+m) \quad (3.13b)$$

และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสองที่เวลา n จะเท่ากับ

$$E_n = \sum_m e_n^2(m) \quad (3.14)$$

จากนิยามของ $e_n(m)$ และ $s_n(m)$ จะได้ว่า

$$E_n = \sum_m \left[s_n(m) - \sum_{k=1}^p a_k s_n(m-k) \right]^2 \quad (3.15)$$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การประมาณจากสมการที่ (3.15) นั้นจะต้องหาค่าอนุพันธ์ของ E_n เมื่อเทียบกับ a_k แต่ละตัว แล้วเท่ากับ 0

$$\frac{\partial E_n}{\partial a_k} = 0 \text{ เมื่อ } k = 1, 2, \dots, p \quad (3.16)$$

กำหนดให้

$$\sum_m s_n(m-i)s_n(m) = \sum_{k=1}^p \hat{a}_k \sum_m s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (3.17)$$

โดยที่ $\sum_m s_n(m-i)s_n(m-k)$ คือพจน์ของโควาเรียนซ์ (Covariance) ในช่วงสั้น ๆ ของ $s_n(m)$

$$\phi_n(i, k) = \sum_m s_n(m-i)s_n(m-k) \quad (3.18)$$

สมการ (3.17) สามารถเขียนในรูปย่อได้ว่า

$$\phi_n(i, 0) = \sum_{k=1}^p \hat{a}_k \phi_n(i, k) \quad (3.19)$$

ซึ่งอธิบายเขตของสมการ p สมการที่มีตัวแปร p ตัว และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสองที่น้อยที่สุด \hat{E}_n จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \hat{E}_n &= \sum_m s_n^2(m) - \sum_{k=1}^p \hat{a}_k \sum_m s_n(m)s_n(m-k) \\ &= \phi_n(0, 0) - \sum_{k=1}^p \hat{a}_k \phi_n(0, k) \end{aligned} \quad (3.20)$$

3.1.3.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การประมาณโดยวิธีอัตรสหสัมพันธ์

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณจากสมการที่ (3.20) นั้นทำได้หลายวิธี แต่การวิจัยนี้จะใช้วิธีอัตรสหสัมพันธ์หรือออโตคอร์เรเลชัน (Autocorrelation) ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและนิยมใช้ โดยจะกำหนดให้ช่วงของสัญญาณเสียง $s_n(m)$ ที่อยู่นอกช่วง $0 \leq m \leq N-1$ มีค่าเป็น 0 และให้มีค่าเท่ากับผลคูณของสัญญาณเสียง $s(m+n)$ กับวินโดว์ที่มีความยาวจำกัด $w(m)$ ซึ่งมีค่าเป็น 0 ภายนอกช่วง $0 \leq m \leq N-1$ ดังนั้น สัญญาณเสียงจะเขียนได้เป็น

$$s_n(m) = \begin{cases} s(m+n)w(m) & ; 0 \leq m \leq N-1 \\ 0 & ; otherwise \end{cases} \quad (3.21)$$

จากสมการที่ (3.21) ค่าความผิดพลาดของการประมาณสัญญาณ $e_n(m)$ ที่อยู่นอกช่วง $0 \leq m \leq N-1+p$ นั้นจะมีค่าเป็น 0 ด้วย เนื่องจากสัญญาณในบริเวณนี้ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 ในขณะที่ช่วง $m=0$ ถึง $m=p-1$ และ $m=N-1$ ถึง $m=N-1+p$ หรือบริเวณขอบของวินโดว์อาจจะมีค่าความผิดพลาดสูงเนื่องจากการประมาณที่ใช้ค่า 0 แทนสัญญาณก่อนหน้าในการคำนวณ ซึ่งค่าผิดพลาดดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างมากกับเสียงโฆชะ แต่สำหรับเสียงโฆชะนั้นค่าผิดพลาดบริเวณขอบจะมีไม่มากนัก การกำหนดวินโดว์ในสมการที่ (3.21) จะมีผลทำให้ลดค่าความผิดพลาดของการประมาณสัญญาณบริเวณขอบได้

จากสมการ (3.21) จะได้ค่าความผิดพลาดในการประมาณเฉลี่ยกำลังสองเท่ากับ

$$E_n = \sum_{m=0}^{N-1+p} e_n^2(m) \quad (3.22)$$

และ $\phi_n(i, k)$ จะเขียนได้เป็น

$$\phi_n(i, k) = \sum_{m=0}^{N-1+p} s_n(m-i)s_n(m-k), \quad \begin{matrix} 1 \leq i \leq p \\ 0 \leq k \leq p \end{matrix} \quad (3.23)$$

หรือ

$$\phi_n(i, k) = \sum_{m=0}^{N-1-(i-k)} s_n(m)s_n(m+i-k), \quad \begin{matrix} 1 \leq i \leq p \\ 0 \leq k \leq p \end{matrix} \quad (3.24)$$

เนื่องจากสมการ (3.24) เป็นฟังก์ชันของ $i-k$ ดังนั้นฟังก์ชันโคเวเรียนซ์ $\phi_n(i, k)$ จะลดรูปเป็นฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์อย่างง่าย คือ

$$\phi_n(i, k) = r_n(i-k) = \sum_{m=0}^{N-1-(i-k)} s_n(m)s_n(m+i-k), \quad \begin{matrix} 1 \leq i \leq p \\ 0 \leq k \leq p \end{matrix} \quad (3.25)$$

เนื่องจากฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นฟังก์ชันสมมาตร คือ $r_n(-k) = r_n(k)$ สมการ LPC จึงเขียนได้เป็น

$$\sum_{k=1}^p r_n(|i-k|)\hat{a}_k = r_n(i) \quad 1 \leq i \leq p \quad (3.26)$$

และเขียนให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ได้ว่า

$$\begin{bmatrix} r_n(0) & r_n(1) & r_n(2) & \cdots & r_n(p-1) \\ r_n(1) & r_n(0) & r_n(1) & \cdots & r_n(p-2) \\ r_n(2) & r_n(1) & r_n(0) & \cdots & r_n(p-3) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_n(p-1) & r_n(p-2) & r_n(p-3) & \cdots & r_n(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \\ \vdots \\ \hat{a}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_n(1) \\ r_n(2) \\ r_n(3) \\ \vdots \\ r_n(p) \end{bmatrix} \quad (3.27)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตริกซ์ขนาด $p \times p$ ของค่าอัตสหสัมพันธ์จะเป็นเมตริกซ์ที่ค่าระหว่างแนวทแยงมุมสมมาตรกัน วิธีที่ใช้แก้สมการดังกล่าวเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของการประมาณ ได้แก่ วิธีของ Durbin ซึ่งมีวิธีการดังนี้

$$E^{(0)} = r(0) \quad (3.28)$$

$$k_i = \frac{r(i) - \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j^{(i-1)} r(|i-j|)}{E^{(i-1)}} \quad , 1 \leq i \leq p \quad (3.29)$$

$$\alpha_i^{(i)} = k_i \quad (3.30)$$

$$\alpha_j^{(i)} = \alpha_j^{(i-1)} - k_i \alpha_{i-j}^{(i-1)} \quad (3.31)$$

$$E^{(i)} = (1 - k_i^2) E^{(i-1)} \quad (3.32)$$

ผลรวมของสมการที่ (3.29) จะไม่ได้ใช้ในกรณีที่ $i=1$ และสมการที่ (3.30), (3.31), (3.32) นั้นจะมีการคำนวณแบบวนซ้ำสำหรับ $i=1, 2, \dots, p$ และผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ

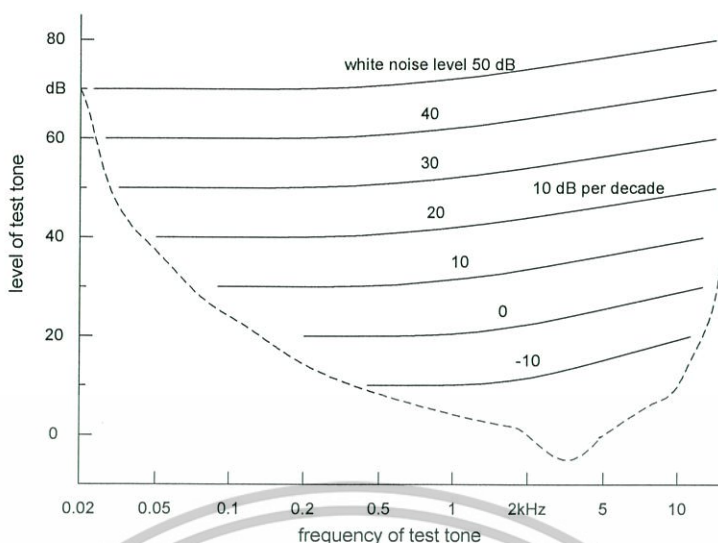
$$\alpha_m = \text{LPC coefficients} = \alpha_m^{(p)} \quad , 1 \leq m \leq p \quad (3.33)$$

$$k_m = \text{PARCOR coefficients} \quad (3.34)$$

$$g_m = \text{log area ratio coefficients} \quad \log = \log \left(\frac{1 - k_m}{1 + k_m} \right) \quad (3.35)$$

3.1.4 แลบบความถี่วิกฤต และความเข้มสัญญาณบนแลบบความถี่วิกฤต

จากสมมติฐานของ Fletcher [5] ที่บอกว่าส่วนของสัญญาณรบกวนที่มีผลในการบดบัง (Masking) สัญญาณทดสอบ (Test tone) จะเป็นส่วนที่มีสเปกตรัมใกล้เคียงกับสัญญาณทดสอบ และการบดบังจะเกิดขึ้นเมื่อกำลังของสัญญาณทดสอบ และสัญญาณรบกวนที่มีสเปกตรัมใกล้เคียงกับสัญญาณนั้นมีค่าเท่ากัน ส่วนของสัญญาณรบกวนที่มีสเปกตรัมอยู่นอกบริเวณดังกล่าว จะไม่มีผลต่อการบดบังสัญญาณ โดยแถบของความถี่บริเวณดังกล่าวนี้จะมีแบนด์วิธที่สร้างกำลังทางเสียงเดียวกับสัญญาณทดสอบ และสัญญาณรบกวนที่อยู่ในแถบนี้ เมื่อสัญญาณทดสอบถูกบดบัง



รูปที่ 3.6 ระดับของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ต่าง ๆ

รูปที่ 3.6 แสดงการบดบังสัญญาณทดสอบโดยสัญญาณรบกวนแถบความถี่กว้าง (Broadband Noise) ซึ่งในที่นี้ใช้ White Noise ที่ระดับความเข้มสัญญาณต่าง ๆ โดยเส้นประในรูปคือระดับสัญญาณที่หูของมนุษย์เริ่มที่จะได้ยินเมื่อไม่มีระดับสัญญาณรบกวน หรือ Threshold in Quiet เช่น สัญญาณที่ความถี่ 2 kHz หากไม่มีสัญญาณรบกวนใด ๆ มนุษย์จะเริ่มได้ยินเสียงเมื่อสัญญาณนั้นมีความเข้มประมาณ 0 dB (10^{-12} w/m²) ขึ้นไป ส่วนเส้นทึบนั้นจะเป็นระดับที่มนุษย์เริ่มได้ยินเสียงในกรณีที่มีสัญญาณรบกวนซึ่งมีระดับความเข้มต่าง ๆ หรือ Masking Threshold เช่น สัญญาณทดสอบความถี่ 2 kHz และสัญญาณรบกวนที่มีความเข้ม 20 dB จะเริ่มได้ยินเมื่อสัญญาณนั้นมีความเข้มมากกว่า 40 dB จะเห็นว่าสัญญาณรบกวนนั้นจะมีระดับการบดบังสัญญาณทดสอบที่ขึ้นกับความถี่ แม้ว่าสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณ White Noise นั้นจะไม่ขึ้นกับความถี่ก็ตาม อย่างไรก็ตามระดับการบดบังของสัญญาณรบกวนที่ขึ้นกับความถี่นี้จะเกิดขึ้นกับความถี่ตั้งแต่ 500 Hz ขึ้นไปและจะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงประมาณ 10 dB/decade

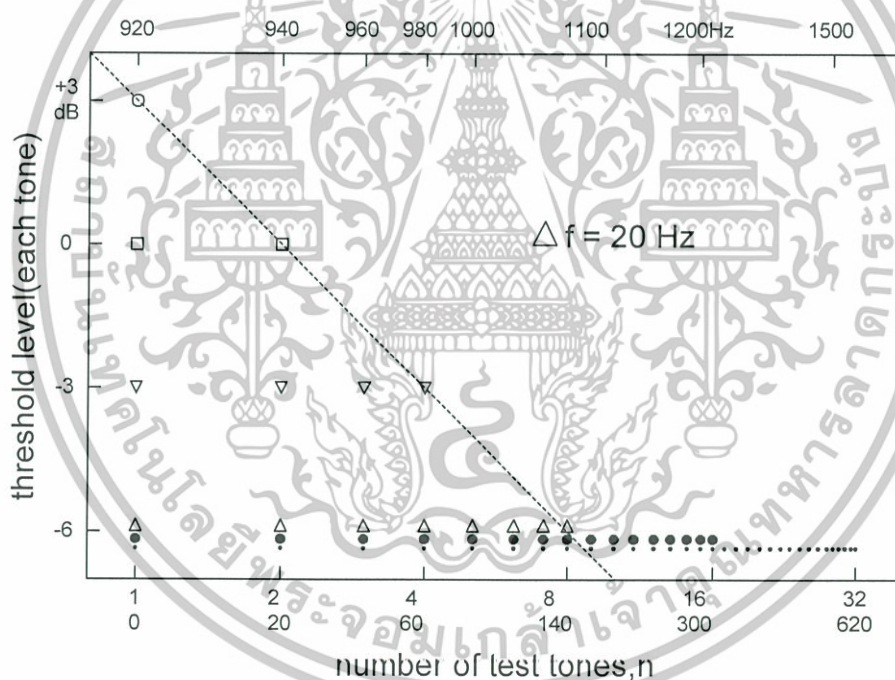
ที่ระดับความถี่ต่ำกว่า 500 Hz ระดับการบดบังของสัญญาณรบกวนจะไม่ขึ้นกับความถี่ แถบความถี่วิกฤตในช่วงนี้จึงมีความกว้างเท่า ๆ กัน แต่ระดับความถี่ที่สูงกว่านี้ จะมีระดับการบดบังสัญญาณเพิ่มขึ้นประมาณ 10 dB/decade ดังนั้นความกว้างของแถบความถี่วิกฤตในช่วงนี้จึงเพิ่มขึ้นในลักษณะเดียวกัน

จากสมมติฐานของ Fletcher แสดงว่ามนุษย์จะเริ่มได้ยินเสียงสัญญาณทดสอบเมื่อสัญญาณรบกวนที่มีแถบความถี่ใกล้เคียงกับแถบความถี่วิกฤตในช่วงความถี่ศูนย์กลางของสัญญาณทดสอบ และสัญญาณรบกวนนั้นมีกำลังเท่ากับสัญญาณทดสอบ ความกว้างของแถบความถี่วิกฤตที่ความถี่ต่ำกว่า 500 Hz ความเข้มของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังจะสูงกว่าระดับความเข้มของสัญญาณรบกวนอยู่ประมาณ 17 dB ซึ่งจะหาความกว้างของแถบความถี่วิกฤต ได้ประมาณ 50 Hz

แต่ในความเป็นจริง เราสามารถได้ยินสัญญาณทดสอบที่มีความเข้มเพียงครึ่งหนึ่งหรือหนึ่งในสี่ ของกำลังของสัญญาณรบกวนในแถบความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่ของสัญญาณทดสอบ ดังนั้น ความกว้างของความถี่วิกฤตในย่านความถี่ต่ำกว่า 500 Hz จะมีความกว้างประมาณ 100 Hz ส่วนใน ย่านความถี่ที่สูงกว่า 500 Hz จะมีความกว้างของแถบความถี่วิกฤตประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของความถี่ศูนย์กลางนั้น ๆ

3.1.4.1 การหาความกว้างของแถบความถี่วิกฤต

การหาความกว้างของแถบความถี่วิกฤต จะใช้การวัดระดับอ้างอิงโดยตรง โดยเปลี่ยนทั้ง ความกว้างแถบความถี่ และค่าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับความกว้างแถบความถี่ ในกรณีนี้ระดับของ สัญญาณจะเป็นฟังก์ชันของจำนวนสัญญาณทดสอบ ซึ่งแต่ละเสียงจะมีค่าแอมพลิจูดเท่ากันซึ่งใช้ ประมาณค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤตในช่วงความถี่ 1 kHz



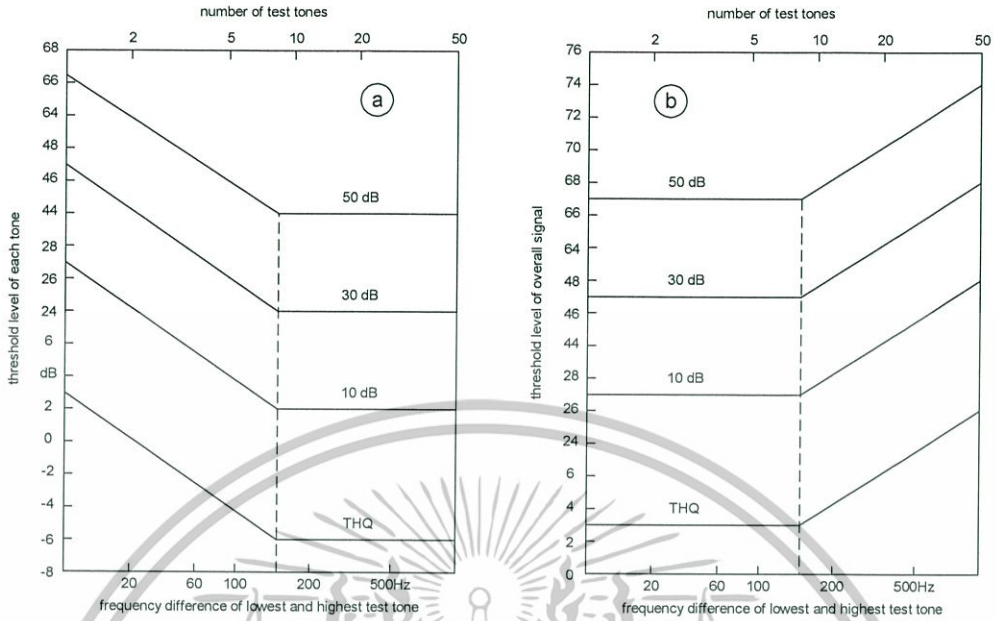
frequency difference between lowest and highest tone

รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอ้างอิง และจำนวนสัญญาณทดสอบ

รูปที่ 3.7 แสดงระดับอ้างอิงของสัญญาณซึ่งเป็นฟังก์ชันของจำนวนของสัญญาณ และความแตกต่างของความถี่ระหว่างสัญญาณสูงสุดและสัญญาณต่ำสุด จำนวนของสัญญาณทดสอบที่ระดับ อ้างอิงต่าง ๆ จะแสดงด้วยสัญลักษณ์ที่ต่างกันได้ มีการกำหนดให้ความถี่ของแต่ละสัญญาณ ทดสอบมีค่าความแตกต่างคงที่ โดยเท่ากับ 20 Hz ระดับอ้างอิงที่วัดจากสัญญาณทดสอบที่ความถี่ 920 Hz จะเกิดขึ้นที่ระดับความดังเสียง +3 dB เมื่อเพิ่มสัญญาณทดสอบที่ระดับเดียวกันอีกเสียงซึ่งมี

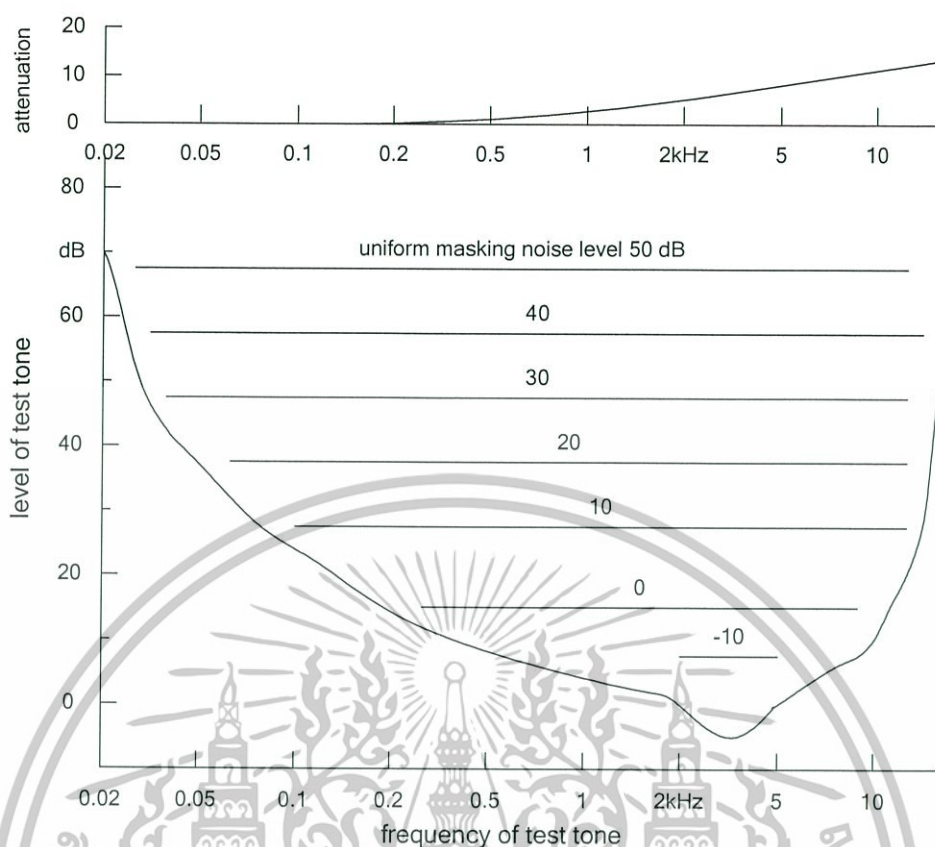
ความถี่ 940 Hz (เพิ่มขึ้น 20 Hz) แล้ววัดระดับอ้างอิง จะได้ระดับอ้างอิงของสัญญาณเสียงทั้งสองที่ระดับ 0 dB สำหรับสัญญาณเสียงที่มีจำนวนเสียง 4 และ 8 เสียงจะมีระดับอ้างอิงอยู่ที่ -3 dB และ -6 dB ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าระดับอ้างอิงของสัญญาณเสียงจะลดลงเมื่อจำนวนของสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มจำนวนเสียงไปถึงจุด ๆ หนึ่ง ระดับอ้างอิงจะไม่ลดลงอีก ดังจะเห็นได้จากรูปว่าที่จำนวนเสียง 16 และ 32 เสียงนั้นระดับอ้างอิงจะไม่ต่างจากระดับอ้างอิงของสัญญาณเสียงที่มีจำนวนเสียง 8 เสียงมากนัก จะสังเกตได้ว่าระดับอ้างอิงจะลดลง 3 dB เมื่อมีการเพิ่มจำนวนสัญญาณทดสอบเป็น 2 เท่า หมายความว่าที่ระดับอ้างอิงใด ๆ ระดับแรงดันเสียงทุกเสียง จะค่อนข้างคงที่และไม่ขึ้นกับจำนวนของเสียง แต่จะใช้ได้กับสัญญาณเสียงที่มีจำนวนเสียงไม่เกิน 8 เสียงเท่านั้น ถ้ามีการเพิ่มจำนวนเสียงมากกว่านี้ระดับอ้างอิงจะไม่ลดลงตามจำนวนของสัญญาณเสียง ระดับอ้างอิงของการได้ยินของมนุษย์สามารถประมาณได้ด้วยความเข้มของสัญญาณเสียงทั้งหมด โดยที่สัญญาณเสียงเหล่านั้นอยู่ในช่วงแถบความถี่วิกฤต ส่วนที่อยู่นอกเหนือแถบความถี่นี้จะไม่มีผลต่อระดับอ้างอิงของการได้ยิน เช่น มนุษย์จะได้ยินเสียงที่ความถี่ 920 Hz เมื่อมีระดับความเข้มตั้งแต่ +3 dB หรือสัญญาณเสียงใด ๆ ที่อยู่ในช่วงแถบความถี่วิกฤตที่มีความถี่ศูนย์กลางที่ 920 Hz และมีความเข้มรวมกันมากกว่า +3 dB จากการวัดระดับอ้างอิงการคำนวณค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤตจะคำนวณจากจำนวนของเสียง และระยะห่างระหว่างเสียงแต่ละเสียง จากรูปจะให้ความกว้างของแถบความถี่วิกฤต เท่ากับ $(9-1) \times 20 \text{ Hz} = 160 \text{ Hz}$ สำหรับสัญญาณเสียงที่มีความถี่ศูนย์กลาง 920 Hz การหาค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤตโดยไม่มีสัญญาณรบกวนนั้น จะได้ค่าที่ถูกต้องเมื่ออยู่ในย่านความถี่ที่ระดับอ้างอิงไม่ขึ้นกับความถี่ ซึ่งอยู่ในช่วง 500 Hz ถึง 2 kHz เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่บดบังสัญญาณทดสอบที่มีลักษณะคงรูป (Uniform Masking Noise) นั้นจะทำให้ระดับอ้างอิงไม่ขึ้นกับความถี่ได้ ดังนั้นหากทำการวัดระดับอ้างอิงโดยมีสัญญาณรบกวนในลักษณะนี้จะทำให้สามารถวัดค่าระดับอ้างอิง ตลอดช่วงความถี่ที่มนุษย์สามารถได้ยินได้ ซึ่งผลของการวัดค่าระดับอ้างอิงโดยมีสัญญาณรบกวนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 โดยจำนวนสัญญาณเสียงที่มีระดับอ้างอิงเท่ากันจะเป็นค่าที่แสดงในแกนด้านบน ส่วนความกว้างของแถบสัญญาณที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงจำนวนสัญญาณเสียงจะแสดงอยู่ในแกนด้านล่างจะเห็นว่าระดับอ้างอิงของแต่ละเสียงจะลดลงในช่วงที่ความแตกต่างของความถี่มีค่าน้อยกว่าค่า ๆ หนึ่ง และในช่วงที่ความแตกต่างของความถี่มีค่ามากกว่าค่านั้นระดับอ้างอิงจะคงที่ ในรูปที่ 3.8 (ก) จะแสดงระดับอ้างอิงของเสียงทดสอบแต่ละเสียง ในขณะที่รูป 3.8 (ข) จะแสดงระดับอ้างอิงโดยเปรียบเทียบกับระดับแรงดันเสียงรวมของทุกเสียง ซึ่งจะเห็นว่าระดับแรงดันเสียงโดยรวมนั้น จะคงที่ที่ระดับอ้างอิงในบริเวณที่ความแตกต่างของความถี่น้อยกว่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต และระดับแรงดันโดยรวมจะเพิ่มขึ้น เมื่อความแตกต่างของความถี่มากกว่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของเสียงในส่วนที่เกินจากแถบความถี่วิกฤต จะไม่มีผลต่อการวัดระดับอ้างอิง หรือระดับการบดบังของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



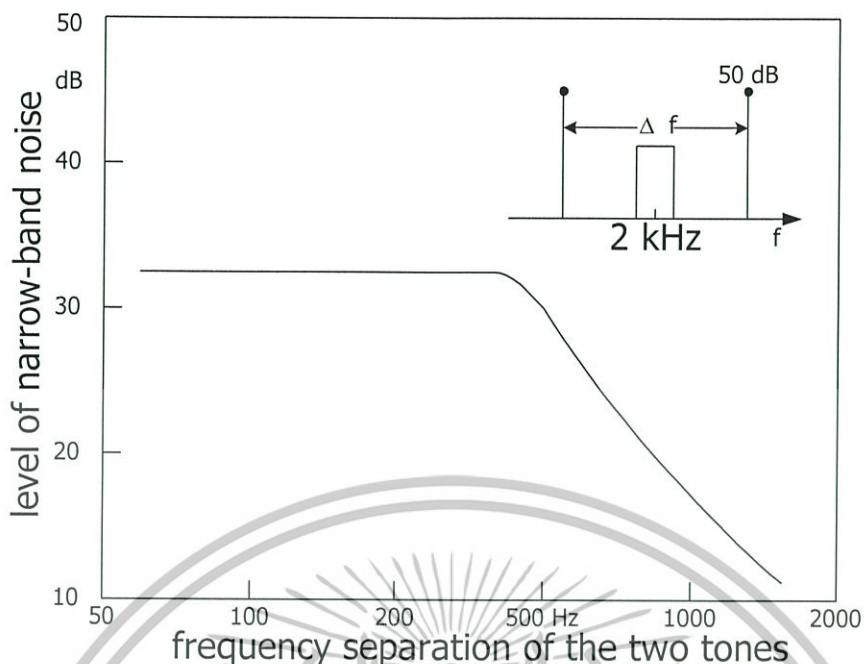
รูปที่ 3.8 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างระดับอ้างอิง (ข) จำนวนสัญญาณทดสอบที่มีสัญญาณรบกวน

นอกจากนี้ในการหาค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต อาจจะใช้สัญญาณเสียงสองความถี่ที่มีระดับสัญญาณเท่ากันทำหน้าที่บดบังสัญญาณ และให้สัญญาณรบกวนที่มีความถี่ในช่วงแคบเป็นสัญญาณทดสอบ โดยทำการวัดระดับอ้างอิงของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังเทียบกับความแตกต่างของความถี่ของสัญญาณเสียงทั้งสอง ซึ่งมีสัญญาณทดสอบอยู่ที่ความถี่กึ่งกลาง ดังนั้นช่วงความถี่ของสัญญาณทดสอบจึงต้องแคบกว่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต ในรูปที่ 3.9 ภาพเล็กนั้นจะแสดงสัญญาณเสียงทั้งสองที่ใช้ในการบดบังสัญญาณ และสัญญาณรบกวนความถี่แคบที่ใช้เป็นสัญญาณทดสอบในแกนความถี่ ส่วนภาพใหญ่จะเป็นระดับอ้างอิงที่ถูกบดบังด้วยสัญญาณเสียง 2 เสียง ที่มีระดับ 50 dB และสัญญาณทดสอบมีความถี่ศูนย์กลางที่ 2 kHz โดยระดับอ้างอิงของสัญญาณรบกวนที่ถูกบดบังโดยสัญญาณเสียงทั้งสองนั้น จะแสดงเปรียบเทียบกับความแตกต่างของความถี่ของสัญญาณเสียงทั้งสอง เมื่อความแตกต่างของความถี่ของสัญญาณเสียงมีค่าน้อย ระดับอ้างอิงจะไม่ขึ้นกับความแตกต่างของความถี่ แต่เมื่อความแตกต่างของความถี่เกินระดับหนึ่ง ระดับอ้างอิงจะลดลง ซึ่งจุดนั้นจะเป็นความกว้างของแถบความถี่วิกฤต เมื่อทำการวัดโดยเปลี่ยนความถี่ศูนย์กลางไปเรื่อย ๆ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของแถบความถี่วิกฤต กับความถี่ศูนย์กลาง



รูปที่ 3.9 ระดับอ้างอิงของสัญญาณรบกวนความถี่แคบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณทดสอบ

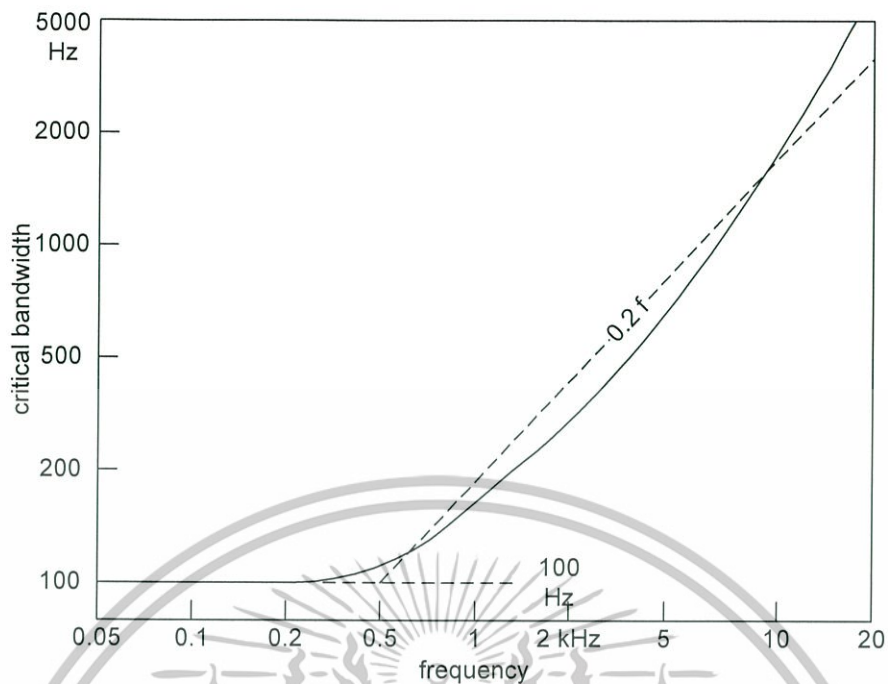
การหาค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต ยังอาจใช้สัญญาณรบกวนความถี่แคบเป็นสัญญาณบดบัง แล้วใช้สัญญาณเสียงเป็นสัญญาณทดสอบ โดยให้ความถี่ที่แตกต่างของสัญญาณรบกวนความถี่แคบทั้งสอง เป็นความแตกต่างของความถี่ ซึ่งจะเปลี่ยนค่าไปเรื่อย ๆ เพื่อทำการวัดระดับอ้างอิง โดยใช้สัญญาณเสียงที่มีความถี่ 2 kHz เป็นสัญญาณทดสอบ และสัญญาณรบกวนทั้งสองสัญญาณที่ใช้ จะมีระดับ 50 dB โดยมีความกว้างของแถบความถี่ที่ 200 Hz ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ระดับอ้างอิงของสัญญาณทดสอบที่ถูกบดบังโดยสัญญาณรบกวนความถี่แคบ

3.1.4.2 สเกลอัตราแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Rate Scale)

จากหัวข้อที่ผ่านมาได้แสดงวิธีการต่าง ๆ ในการประมาณค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต ซึ่งแถบความถี่วิกฤตแรกที่อยู่ในช่วงความถี่ต่ำสุดที่มนุษย์สามารถได้ยินเสียง จะอยู่ที่ประมาณ 20-100 Hz แต่เพื่อความสะดวกจึงรวมช่วงความถี่ 0-20 Hz ที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงเข้าไว้ด้วย และกำหนดให้แถบความถี่แรกของความถี่วิกฤตมีค่าเท่ากับ 0-100 Hz ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นข้อมูลของแถบความถี่วิกฤตที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของวิธีต่าง ๆ จะเห็นว่าที่ความถี่ต่ำกว่า 500 Hz นั้นแถบความถี่วิกฤตจะมีความกว้าง 100 Hz ส่วนความถี่ที่สูงกว่านั้นจะมีความกว้างประมาณ 20 เฮอร์เซ็นต์ของความถี่ศูนย์กลาง ค่าความกว้างของแถบความถี่วิกฤต รวมทั้งขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่ได้จากการทดลองสามารถแสดงได้ ดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.11 ความกว้างของแถบความถี่วิกฤตเมื่อเทียบกับความถี่ของสัญญาณทดสอบ

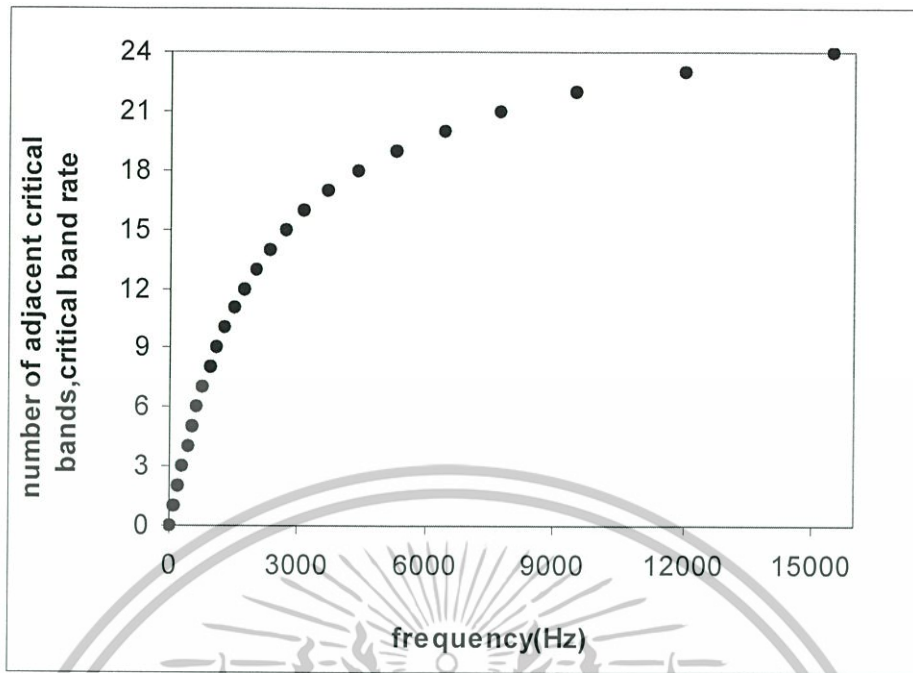
3.1.4.3 Critical Band Rate Scale

ความหมายของแถบความถี่วิกฤตนั้น มีความสำคัญต่อการอธิบายลักษณะในการได้ยินของมนุษย์อย่างมาก โดยจะถูกใช้ในแบบจำลองต่างๆ ในรูปแบบของสเกลที่เรียกว่า Critical Band Rate Scale ซึ่งสเกลนี้อ้างอิงจากหลักความจริงที่ว่า ระบบการรับฟังเสียงของคนเรานั้นจะทำการแบ่งการวิเคราะห์เสียงออกเป็นส่วนต่างๆ ตามแถบความถี่วิกฤต และถ้าเราขีดเอาแถบความถี่วิกฤตแรกเป็นจุดอ้างอิงแล้วทำการคำนวณแถบความถี่วิกฤตต่อมาเรื่อยๆ โดยให้ขอบเขตบนของแถบความถี่วิกฤตปัจจุบันเป็นขอบเขตล่างของแถบความถี่วิกฤตถัดไปก็จะทำให้ได้สเกลที่เรียกว่า Critical Band Rate Scale ซึ่งจากตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าช่วงความถี่ถึง 16 kHz นั้น จะถูกแบ่งออกเป็นแถบความถี่วิกฤต 24 แถบ ส่วนในรูปที่ 3.12 เป็นแผนภูมิที่นำข้อมูลในตารางที่ 3.1 มาแสดงให้เห็น ซึ่งใน Critical Band Rate Scale นั้นอันดับของ Critical Band ถูกเรียกเป็น “Bark”

ตารางที่ 3.1 ขอบเขตและความถี่ศูนย์กลาง Critical Band Rate scale [5]

| Critical Band Number | f_{Lower} / f_{Upper} (Hz) | f_c (Hz) | Bandwidth (Hz) | Critical Band Number | f_{Lower} / f_{Upper} (Hz) | f_c (Hz) | Bandwidth (Hz) |
|----------------------|------------------------------|------------|----------------|----------------------|------------------------------|------------|----------------|
| | 0 | | | | 1720 | | |
| 1 | | 50 | 100 | 13 | | 1850 | 280 |
| | 100 | | | | 2000 | | |
| 2 | | 150 | 100 | 14 | | 2150 | 320 |
| | 200 | | | | 2320 | | |
| 3 | | 250 | 100 | 15 | | 2500 | 380 |
| | 300 | | | | 2700 | | |
| 4 | | 350 | 100 | 16 | | 2900 | 450 |
| | 400 | | | | 3150 | | |
| 5 | | 450 | 110 | 17 | | 3400 | 550 |
| | 510 | | | | 3700 | | |
| 6 | | 570 | 120 | 18 | | 4000 | 700 |
| | 630 | | | | 4400 | | |
| 7 | | 700 | 140 | 19 | | 4800 | 900 |
| | 770 | | | | 5300 | | |
| 8 | | 840 | 150 | 20 | | 5800 | 1100 |
| | 920 | | | | 6400 | | |
| 9 | | 1000 | 160 | 21 | | 7000 | 1300 |
| | 1080 | | | | 7700 | | |
| 10 | | 1170 | 190 | 22 | | 8500 | 1800 |
| | 1270 | | | | 9500 | | |
| 11 | | 1370 | 210 | 23 | | 10500 | 2500 |
| | 1480 | | | | 12000 | | |
| 12 | | 1600 | 240 | 24 | | 13500 | 3500 |
| | 1720 | | | | 15500 | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของแถบความถี่วิกฤตกับความถี่ของสัญญาณทดสอบ

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง Critical Band Rate scale และ สเกลความถี่มีการประมาณการแปลงระหว่างความถี่ และ Critical Band Rate ตลอดช่วงความถี่เสียงที่เราสามารถได้ยินดังต่อไปนี้ [5]

$$\frac{z}{Bark} = 13 \tan^{-1}\left(\frac{0.76f}{kHz}\right) + 3.5 \tan^{-1}\left(\frac{f}{7.5kHz}\right)^2 \quad (3.36)$$

และ

$$\frac{\Delta f_G}{Hz} = 25 + 75 \left[1 + 1.4 \left(\frac{f}{kHz} \right)^2 \right]^{0.69} \quad (3.37)$$

3.1.4.4 ความเข้มแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Intensity)

ความสามารถในการรับรู้เสียงในย่านความถี่ต่างๆของระบบการได้ยินเสียงของมนุษย์นั้นสามารถอธิบายอย่างคร่าวๆ ได้โดยความเข้มของสัญญาณเสียงที่ถูกคำนวณ โดยแบ่งเป็นย่านความถี่ตามแถบความถี่วิกฤตซึ่งเรียกค่านี้ว่าเป็น Critical Band Intensity โดยค่า Critical Band Intensity สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$I_G = \int_{f_G - \frac{\Delta f_g(f)}{2}}^{f_G + \frac{\Delta f_g(f)}{2}} |H(f)| df \quad (3.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถเขียนได้เป็น

$$I_G = \int_{z_G - \frac{2}{Bark}}^{z_G + \frac{2}{Bark}} |H(z)| dz \quad (3.39)$$

สำหรับการแสดงค่าในสเกลลอการิทึมนั้น เราใช้ค่า $I_0 = 10^{-12}$ W/m² เป็นค่าอ้างอิง ดังนั้นระดับแถบความถี่วิกฤต (Critical Band Level) จะหาได้จาก

$$L_G = 10 \log \frac{I_G}{I_0} \text{ dB} \quad (3.40)$$

จากสมการจะเห็นว่าความเข้มแถบความถี่วิกฤตเป็นค่าความเข้มส่วนหนึ่งของเสียงในช่วงความถี่ของแถบความถี่วิกฤต และการเปลี่ยนจากสเกลความถี่เป็นสเกลอัตราแถบความถี่วิกฤตเป็นการเปลี่ยนจากขนาดที่ขึ้นกับความถี่เป็นขนาดในช่วงความถี่เดียวคือ 1 บาร์ค ซึ่งไม่ขึ้นกับช่วงความถี่ใด ๆ

ซึ่งการหา Critical Band Intensity ก็คือพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละแถบความถี่ภายใน Transfer Function บนสเกลบาร์ค นั่นเอง และจะเห็นได้ว่า Critical Band Intensity นั้นเป็นค่าความเข้มส่วนหนึ่งของเสียงในช่วงความถี่ของแถบความถี่วิกฤตและการแปลงจากสเกลความถี่ให้เป็น Critical Band Rate Scale นั้นคือการเปลี่ยนจากขนาด Window ที่ขึ้นกับความถี่เป็นขนาด Window ที่มีขนาดเดียวคือ 1 Bark ไม่ขึ้นกับช่วงความถี่ใดๆ

ในงานวิจัยนี้เสียงรบกวนจะถูกสุ่มที่ความถี่ 11,025 Hz ดังนั้นความถี่สูงสุดของเสียงที่สุ่มมาได้คือ $11025/2 = 5501.25$ Hz ซึ่งอยู่ในบาร์คที่ 19 (4400~5300 Hz) ดังนั้น Critical Band Intensity ทั้ง 19 ตัว จะถูกนำไปใช้ป้อนค่าประกอบของ Feature Vector 19 มิติ ที่จะใช้เป็นตัวแทนของเสียงรบกวน

3.2 กระบวนการตัดสินใจแบบ K-Nearest Neighbor Rule

ภายหลังจากกระบวนการวัดค่าพารามิเตอร์แล้ว พารามิเตอร์ที่ได้จะถูกนำไปทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์อ้างอิง ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการตัดสินใจเพื่อจำแนกค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในรูปของเวกเตอร์คุณสมบัติ (Feature Vector)

ขั้นตอนของการตัดสินใจนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับลักษณะของเวกเตอร์คุณสมบัติที่มี กระบวนการตัดสินใจแบบ K-Nearest Neighbor Rule นั้นนับเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระบวนการตัดสินใจแบบนี้จะต้องมีเวกเตอร์อ้างอิง (Training Vector) ทั้งหมด N ตัว และต้องรู้ว่าเวกเตอร์เหล่านี้เป็นสมาชิกของกลุ่ม (Class) $\omega_i, i = 1, 2, \dots, M$ ใด เมื่อมีเวกเตอร์คุณสมบัติที่ต้องการทดสอบ (Test Vector) x การจำแนกเวกเตอร์ทดสอบจะมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หาระยะทางระหว่างเวกเตอร์ x กับเวกเตอร์อ้างอิงแต่ละตัว จำนวน N ตัว
 2. หาเวกเตอร์อ้างอิงจำนวน k ตัว ซึ่งมีระยะทางระหว่างเวกเตอร์อ้างอิงกับเวกเตอร์ ทดสอบสั้นที่สุด จากเวกเตอร์อ้างอิงนี้จะได้กลุ่มของเวกเตอร์อ้างอิงเหล่านั้นด้วย โดยค่า k ที่ใช้มักจะเป็นเลขคี่ เพื่อป้องกันปัญหาในการตัดสินใจภายหลัง และไม่ควรเป็นจำนวนเท่าของจำนวนกลุ่มทั้งหมด M
 3. จากเวกเตอร์อ้างอิงที่ได้จำนวน k ตัว จะต้องหาจำนวนเวกเตอร์ที่อยู่ในกลุ่ม ω_i จำนวน k_i ตัว โดยที่ $\sum_i k_i = k$
 4. จะได้ว่าเวกเตอร์ทดสอบ x นั้นเป็นสมาชิกของกลุ่ม ω_i ที่มีจำนวน k_i สูงที่สุด
- ค่าระยะทางระหว่าง เวกเตอร์ทดสอบกับเวกเตอร์อ้างอิงแต่ละตัวนั้น อาจจะใช้ค่าระยะทางแบบ Euclidean ซึ่งเท่ากับ

$$d_e = |x - \tilde{x}_i| \quad (3.41)$$

หรือ

$$d_e = \sqrt{(x - \tilde{x}_i)^T (x - \tilde{x}_i)} \quad (3.42)$$

โดยที่ \tilde{x}_i คือเวกเตอร์อ้างอิงแต่ละตัว

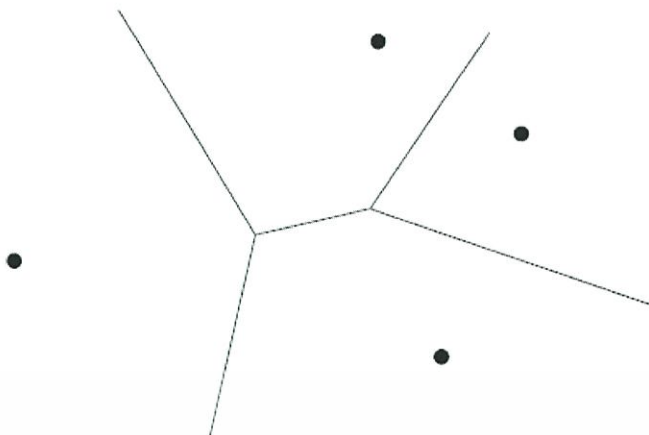
สมมติว่า N มีค่ามาก รูปทรงที่มีจุดศูนย์กลางเป็น x จะมียุคที่มีมีความต่อเนื่อง โดยมีตัวอย่างที่มีระยะห่างน้อยที่สุด k ตัวอย่างรอบ ๆ จุดศูนย์กลางนี้ ตัวอย่างที่อยู่รอบ ๆ เหล่านี้จะอยู่ใกล้กับตัวอย่าง x มากเมื่อเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงทั้งหมด และถ้า k มีค่ามาก ตัวอย่างที่อยู่รอบ ๆ ตัวอย่างทดสอบ x ก็จะเป็นตัวอย่างที่เป็นสมาชิกของกลุ่มที่มีความน่าจะเป็นของเงื่อนไขสูงที่สุด

สำหรับกรณีที่มีการใช้การตัดสินใจแบบ Nearest Neighbor โดยที่ $k=1$ เวกเตอร์คุณสมบัติอ้างอิง $x_i, i=1,2,\dots,N$ จะสร้างส่วนแบ่งของพื้นที่ที่เป็น L มิติ หรือ R_i จำนวน N พื้นที่ซึ่งแต่ละพื้นที่จะนิยามว่า

$$R_i = \{x : d(x, x_i) < d(x, x_j), i \neq j\} \quad (3.47)$$

ซึ่งพื้นที่ R_i นี้จะประกอบไปด้วยจุดทุกจุดในพื้นที่ที่ใกล้กับ x_i มากกว่าจุดอื่น ๆ ของตัวอย่างอ้างอิง เมื่อเทียบตามระยะทาง d ซึ่งส่วนแบ่งของพื้นที่ที่คุณสมบัตินี้เรียกว่า Voronoi Tessellation ตัวอย่างของพื้นที่ Voronoi Tessellation ในกรณีที่ $L=2$ สามารถแสดงได้ดังรูปที่

3.13



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างของพื้นที่ Voronoi Tesselation

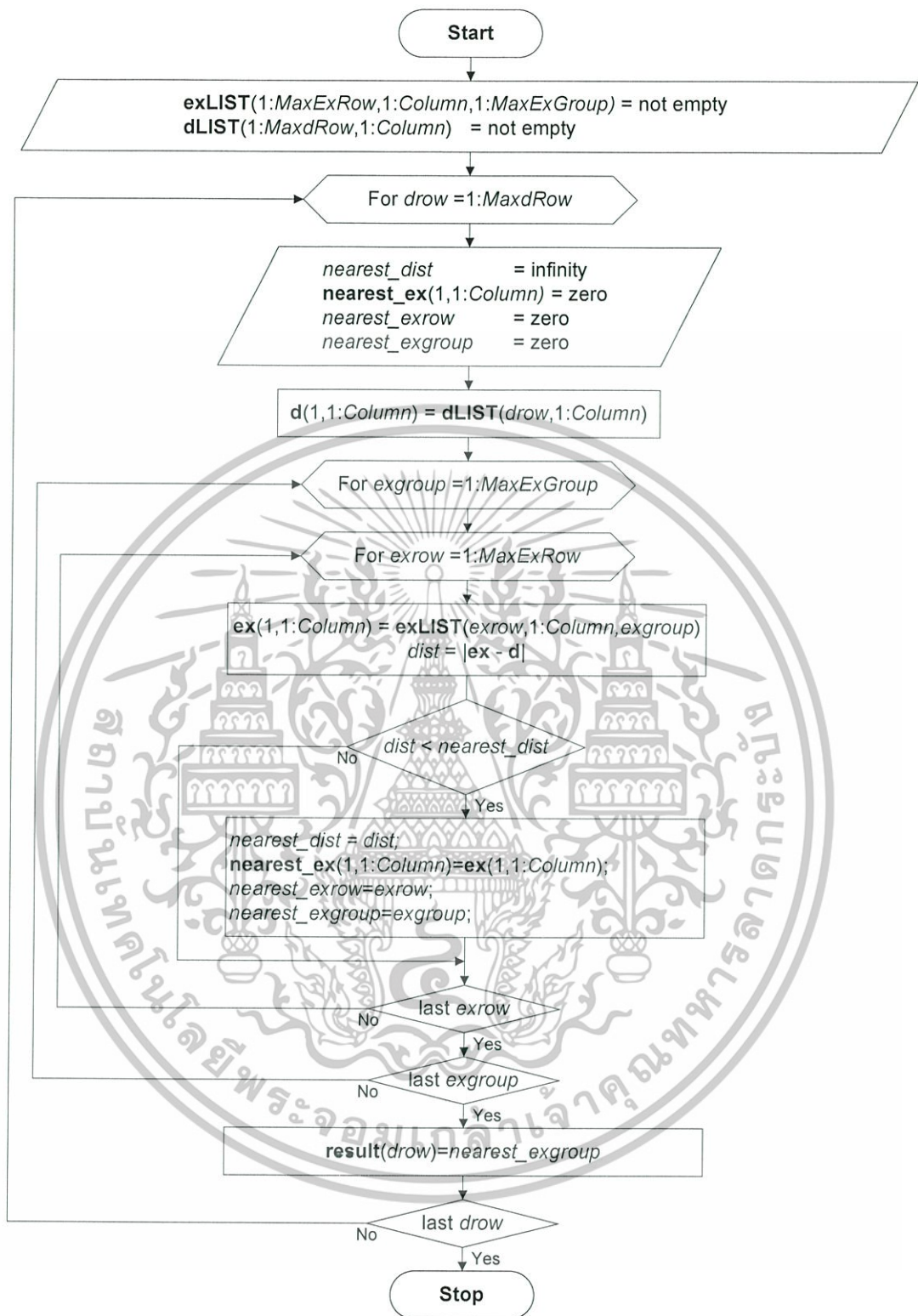
แม้ว่าเทคนิค K-NN นี้จะให้ผลของการตัดสินใจได้ค่อนข้างดี แต่เทคนิคนี้ก็มีปัญหาสำคัญคือความยุ่งยากซับซ้อนในการหาตัวอย่างที่ใกล้จุด x ที่สุดจากตัวอย่างอ้างอิงทั้งหมด N ตัวอย่างซึ่งจำนวนครั้งในการคำนวณจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าผลคูณระหว่าง k กับ N และหากมิติของเวกเตอร์คุณสมบัติมีค่ามากก็จะยิ่งทำให้ปัญหานี้มีความซับซ้อนยิ่งขึ้นด้วย

3.2.1 การหา Nearest Neighbor โดยตรง

วิธีการนี้ทำโดยการแจกแจงเขตของเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิก ออกเป็นลำดับรายการของเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิกทั้งหมด ในรูปที่ 3.14 เป็นโฟลวชาร์ท (Flow Chart) แสดงขั้นตอนในการหา Nearest Neighbor โดยตรง โดยการคำนวณหาระยะทางจากทุกเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิกในรายการทั้งหมด โดยที่

| | |
|------------------------|--|
| exLIST | คือเซตของเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิก |
| dLIST | คือเซตของเวกเตอร์ที่ต้องการหา Nearest Neighbor |
| d | คือเวกเตอร์ที่ต้องการหา Nearest Neighbor |
| ex | คือเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิก |
| dist | คือระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ d กับเวกเตอร์ ex |
| nearest_dist | คือระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ d กับเวกเตอร์ ex ที่เป็น Nearest Neighbor |
| nearest_ex | คือเวกเตอร์ ex ที่เป็น Nearest Neighbor |
| nearest_exrow | คือตำแหน่งแถวของเวกเตอร์ ex ที่เป็น Nearest Neighbor |
| nearest_exgroup | คือตำแหน่งกลุ่มของเวกเตอร์ ex ที่เป็น Nearest Neighbor |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

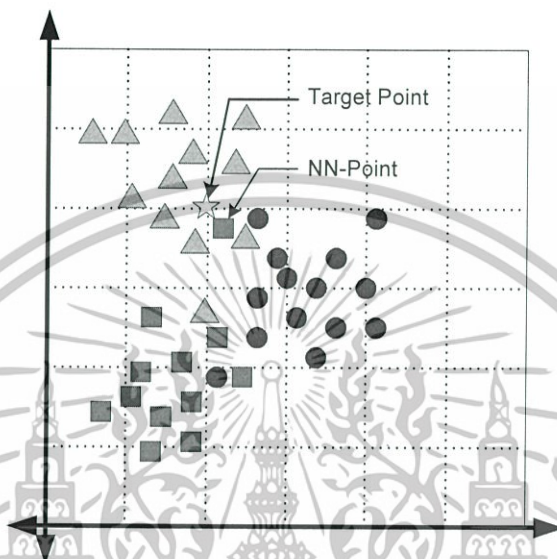


รูปที่ 3.14 โพลวาร์ทการคำนวณหา Nearest Neighbor โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การหาค่า K-Nearest Neighbor

การประยุกต์ที่นิยมมากอย่างหนึ่งของการทำ Nearest Neighbor คือการทำ K-Nearest Neighbor เราสามารถใช้วิธีนี้ในการจัดกลุ่มให้กับเวกเตอร์ใด ๆ เข้ากับกลุ่มที่ปรากฏมากที่สุดของเวกเตอร์ที่ใกล้กับเวกเตอร์เป้าหมายนั้นมากที่สุดจำนวน K ตัว หรืออีกนัยหนึ่งก็คือการตัดสินใจในการจัดกลุ่มให้กับเวกเตอร์ใด ๆ โดยจะทำการโหวตเวกเตอร์ที่ใกล้ที่สุดจำนวน K ตัว

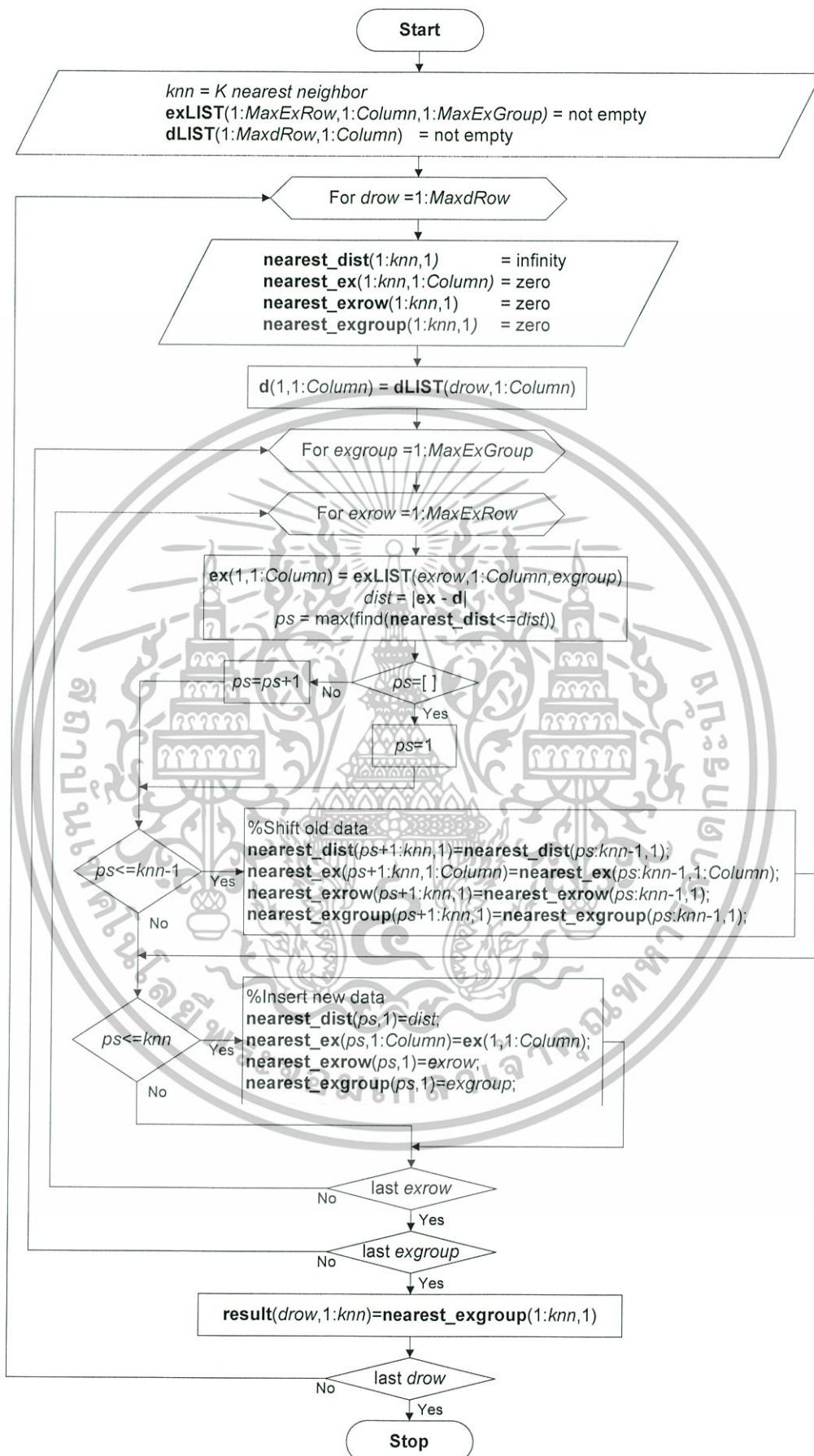


รูปที่ 3.15 การจัดกลุ่มโดยอาศัยการตัดสินใจของ K-Nearest Neighbor

จากรูปที่ 3.15 จะเห็นได้ว่าหากอาศัยการตัดสินใจของ Nearest Neighbor เพียงค่าเดียวแล้ว อาจได้ผลที่ผิดพลาดได้ เนื่องจาก Nearest Neighbor นั้นอาจเป็นค่าที่เกิดจากการเบี่ยงเบนอย่างมาก ก็เป็นไปได้ แต่ถ้าหากใช้การตัดสินใจของ Nearest Neighbor ในลำดับถัดมาด้วยก็จะช่วยให้มีความถูกต้องในการตัดสินใจมากขึ้น ซึ่งโฟลวชาร์ทการคำนวณหา Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ จะแสดงดังรูปที่ 3.16 โดยที่

- exLIST** คือเซตของเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิก
- dLIST** คือเซตของเวกเตอร์ที่ต้องการหา Nearest Neighbor
- d** คือเวกเตอร์ที่ต้องการหา Nearest Neighbor
- ex** คือเวกเตอร์ข้อมูลสมาชิก
- dist** คือระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ **d** กับเวกเตอร์ **ex**
- nearest_dist** คือค่า **dist** ที่เป็น Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ
- nearest_ex** คือเวกเตอร์ **ex** ที่เป็น Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ
- nearest_exrow** คือตำแหน่งแถวของเวกเตอร์ **ex** ที่เป็น Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ
- nearest_exgroup** คือตำแหน่งกลุ่มของเวกเตอร์ **ex** ที่เป็น Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โฟลวชาร์ทการคำนวณหา Nearest Neighbor จำนวน K ลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ชนิดต่าง ๆ มาสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณแล้วนำไปผ่านกระบวนการตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K-NN เพื่อหาค่า K ที่เหมาะสมและจำนวนเฟรมต่อเนื่องที่ส่งผลทำให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียงมีค่าสูงสุด ผลที่ได้แสดงค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิดสัญญาณรบกวนเสียงและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

4.1 ลำดับขั้นการทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

มีขั้นตอนดังนี้

1. การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองด้าน Hardware และ Software
2. การกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ
3. การจัดเตรียมข้อมูลสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92
4. การจัดเตรียมข้อมูลแบบอ้างอิง
5. การทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้จำนวนเฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 1,3,5,7,9 เฟรม และค่า K เท่ากับ 3,5,7,9,11,13,15,17,19,21
6. เวลาที่ใช้ในการประมวลผล

4.2 การจัดเตรียมอุปกรณ์ทดลองด้าน Hardware และ Software

การจัดเตรียมอุปกรณ์ด้าน Hardware จะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติดังนี้

CPU :Intel Pentium 4 Processor 3.00GHz

RAM :504MB

Hard Disk :80GB

การจัดเตรียมอุปกรณ์ด้าน Software

System :Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2

Software :Creative WaveStudio 4.00

:MATLAB 7.0

4.3 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ขั้นตอนการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณตามรูปที่ 3.1 และกระบวนการตัดสินใจโดยอาศัยเทคนิค K-NN ตามรูปที่ 3.5 สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง [6], [7]

| กระบวนการ | ตัวแปร | ค่าพารามิเตอร์ | ค่าที่กำหนด |
|--|--------|---|-------------------------------|
| Frame Blocking | N | จำนวนตัวอย่างในแต่ละเฟรม | 300 |
| | M | จำนวนตัวอย่างที่ใช้เลื่อนเฟรมแต่ละครั้ง | 100 |
| Windowing | $w(n)$ | วินโดว์ฟังก์ชัน | Hamming |
| Transfer Function from LPC Coefficient | P | จำนวนสัมประสิทธิ์ LPC | 24 |
| Critical Band Intensity | $Bark$ | จำนวนแวกเตอร์ความเข้มแถบความถี่วิกฤต | 19 |
| K-Nearest Neighbor | K | ลำดับจำนวนชุดอ้างอิงที่ใกล้เคียงกับชุดทดสอบ | 3,5,7,9,11,13, 15,17,19,21 |
| | F | จำนวนเฟรมต่อเนื่อง | 1,3,5,7,9 |

4.4 การจัดเตรียมข้อมูลสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92

4.4.1 เพื่อให้มีรูปแบบเดียวกับสัญญาณเสียงที่บันทึกเป็นแบบอ้างอิงในระบบการรู้จำเสียงพูดโดยไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูด

สัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ทั้งหมดที่นำมาจากฐานข้อมูล [1] เป็นการบันทึกเสียงในรูปแบบเวฟไฟล์ (Wave File .wav) ขนาด 9,399,852 ไบต์ ในระบบดิจิทัล PCM 16 บิต อัตราการสุ่ม 19,980 Hz แบบ Mono และมีจำนวนตัวอย่างในแต่ละไฟล์เท่ากับ 4,699,904 ตัวอย่าง (sample) ซึ่งจะต้องทำให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับสัญญาณเสียงที่บันทึกเป็นแบบอ้างอิงในระบบการรู้จำเสียงพูดโดยไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดที่เป็นแบบดิจิทัล PCM 16 บิต อัตราการสุ่ม 11,025 Hz แบบ Mono ซึ่งมีอัตราการสุ่มที่แตกต่างกัน ดังนั้น จะต้องใช้โปรแกรม Creative WaveStudio เปลี่ยนอัตราการสุ่มของสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ทั้งหมดจาก 19,980 Hz ให้เป็น 11,025 Hz

4.4.2 เพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ที่ไม่ซ้ำกันนำไปสร้างชุดอ้างอิง และชุดทดสอบ

สัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 เมื่อผ่านกระบวนการเปลี่ยนอัตราการสุ่มแล้ว จะมีจำนวนตัวอย่างในแต่ละไฟล์เท่ากับ 2,593,465 ตัวอย่าง (sample) สามารถคำนวณหาจำนวนเฟรมทั้งหมดได้ตามกระบวนการแบ่งสัญญาณออกเป็นช่วง ๆ ด้วยค่า $N=300$ และ $M=100$ ได้ตามสมการที่ 4.1

$$\begin{aligned} L &= \frac{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมดในแต่ละไฟล์} - N + M}{M} \\ &= \frac{2,593,465 - 300 + 100}{100} \\ &= 25,932.65 \end{aligned} \quad (4.1)$$

เมื่อ L คือจำนวนเฟรมทั้งหมดในหนึ่งไฟล์

ดังนั้น จำนวนเฟรมทั้งหมดต่อหนึ่งไฟล์เท่ากับ 25,932 เฟรม นำมาแบ่งเป็น 2 ชุด ไม่ซ้ำกัน ดังนี้ ตั้งแต่เฟรมที่ 1 ถึง 15,000 นำไปสร้างชุดอ้างอิง ส่วนที่เหลือตั้งแต่เฟรม 15,001 ถึง 25,932 นำไปสุ่มค่าเพื่อสร้างชุดทดสอบ

4.5 การจัดเตรียมข้อมูลแบบอ้างอิง

โดยจะนำข้อมูลตั้งแต่เฟรมที่ 1 ถึง 15,000 ของ NoiseX-92 จำนวน 15 ไฟล์ นำไปผ่านกระบวนการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณ จนครบทุกไฟล์ ผลที่ได้จะเป็นค่าเวกเตอร์ขนาด 19 มิติ ซึ่งจะแทนค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณในแต่ละเฟรมของแต่ละสัญญาณรบกวนเสียง

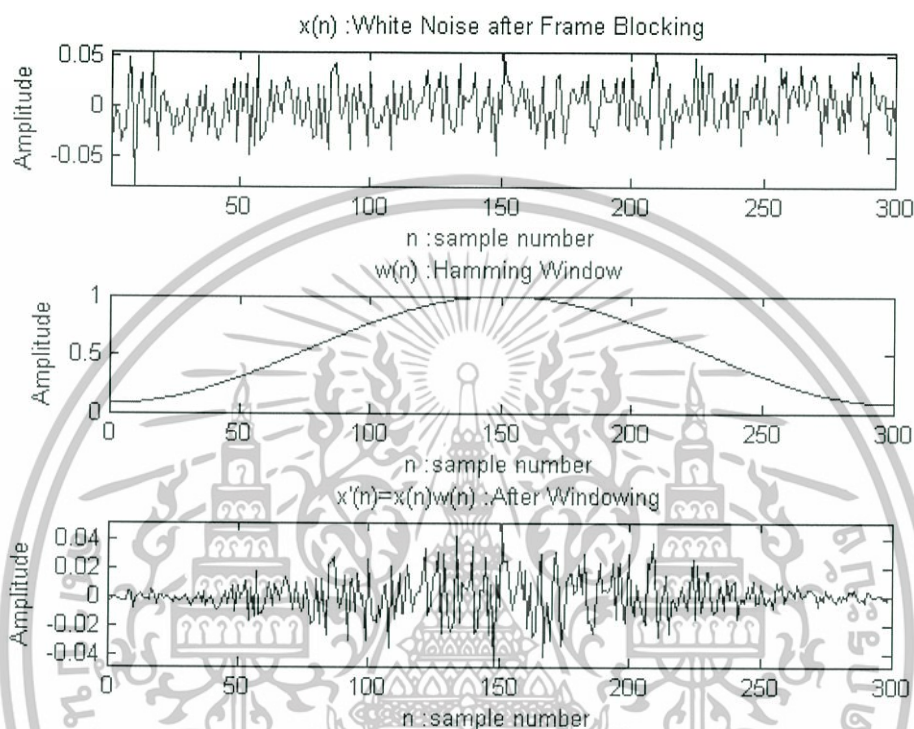
จากรูปที่ 4.1 แสดงกระบวนการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณรบกวนเสียง เพื่อสร้างเป็นชุดข้อมูลอ้างอิง โดยนำเฟรมตั้งแต่เฟรมที่ 1 ถึง 15,000 ของสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ทั้ง 15 ชนิด มาผ่านกระบวนการแบ่งช่วงสัญญาณเพื่อเลือกข้อมูลออกมาเป็นเฟรมขนาด 300 จุด จากนั้นนำไปคูณกับแฮมมิงวินโดว์ นำผลที่ได้ไปหาค่าอัตราสัมพัทธ์เพื่อนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ LPC จากนั้นนำไปสร้างสเปกตรัม LPC แล้วนอร์มอลไลซ์ค่าที่ได้



รูปที่ 4.1 กระบวนการสกัดค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณรบกวนเสียงของชุดข้อมูลอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปที่ 4.2 (ก) เป็นตัวอย่างของ $x(n)$ สัญญาณรบกวนขาวที่ผ่านขบวนการแบ่งช่วงสัญญาณแล้ว จากนั้นนำมาคูณกับ $w(n)$ สัญญาณแฮมมิงวินโดว์ตามรูปที่ 4.2 (ข) ผลที่ได้ $x'(n) = x(n) \cdot w(n)$ จะทำให้ช่วงต้นเฟรมและปลายเฟรมของสัญญาณรบกวนขาวมีขนาดของสัญญาณเล็กลงตามรูปที่ 4.2 (ค)

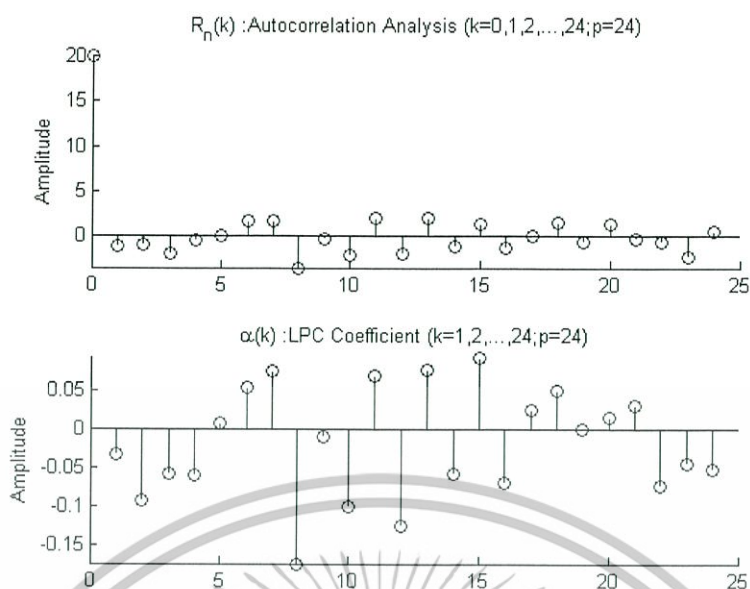


รูปที่ 4.2(ก) $x(n)$ สัญญาณรบกวนขาวที่ผ่านขบวนการแบ่งช่วงสัญญาณ เมื่อ $N=300$, $M=100$

(ข) $w(n)$ สัญญาณแฮมมิงวินโดว์

(ค) $x'(n) = x(n) \cdot w(n)$ ผลคูณระหว่างสัญญาณรบกวนขาวกับสัญญาณแฮมมิงวินโดว์

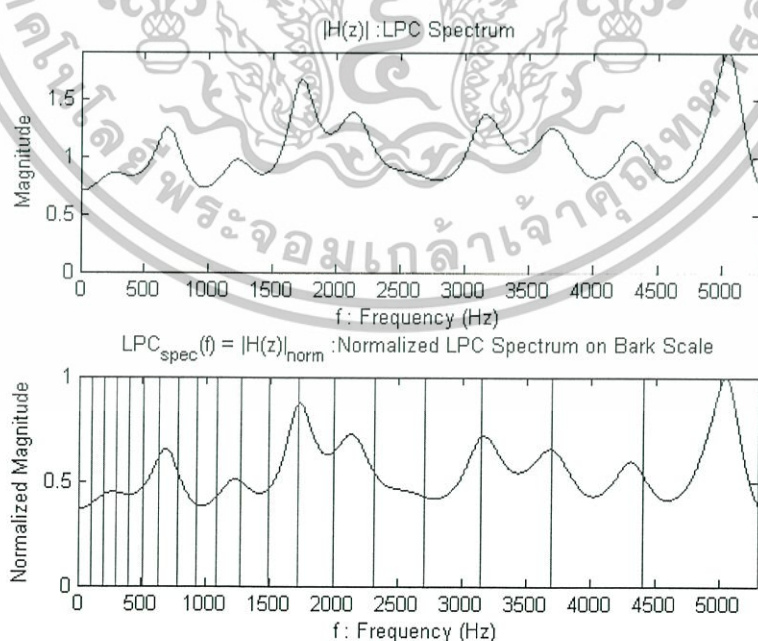
จากนั้นนำสัญญาณที่ได้จากการวินโดว์มาหาค่าอัตโนมัติสัมพัทธ์ โดยกำหนดให้ลำดับ LPC มีค่า $p=24$ จะได้ค่า $R_n(k)$ ตามรูปที่ 4.3 (ก) โดยที่ n เป็นค่า k และแนวตั้งเป็นขนาดของ $R_n(k)$ จากนั้นนำไปหา α ค่าสัมประสิทธิ์ LPC จำนวน 24 ลำดับได้ผลลัพธ์ตามรูปที่ 4.3 (ข)



รูปที่ 4.3(ก) $R_n(k)$ ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ของสัญญาณ เมื่อ $p=24$

(ข) α ค่าสัมประสิทธิ์ LPC จำนวน 24 ลำดับ

จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ LPC มาหาค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน $|H(z)|$ ผลที่ได้จะเป็นค่า LPC สเปกตรัมแล้วนำค่าที่ได้วาดกราฟเทียบบนแกนความถี่ได้ตามรูปที่ 4.4 (ก) จากนั้นทำการนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมแล้วนำ $LPC_{spec}(f) = |H(z)|_{norm}$ ค่าที่ได้วาดกราฟเทียบบนแกนความถี่ โดยมีเส้นแนวตั้งแบ่งช่วงตามแถบความถี่วิกฤตหรือบารกสเกลแสดงตามรูปที่ 4.4 (ข)

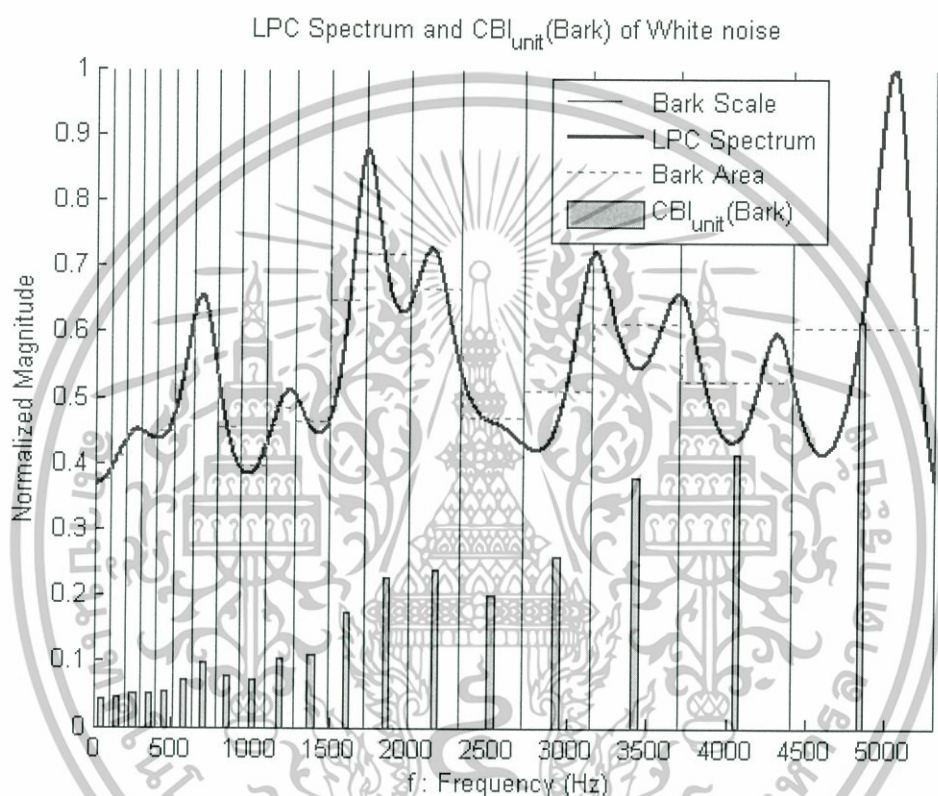


รูปที่ 4.4(ก) $|H(z)|$ ค่า LPC สเปกตรัมบนแกนความถี่

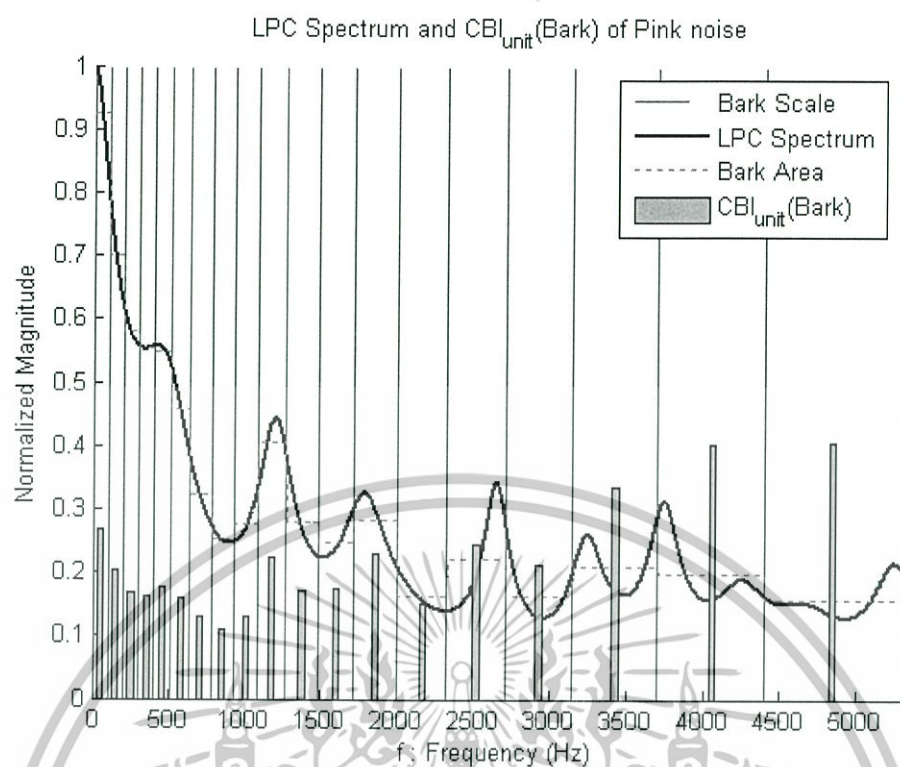
(ข) $LPC_{spec}(f) = |H(z)|_{norm}$ ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมบนแถบความถี่วิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

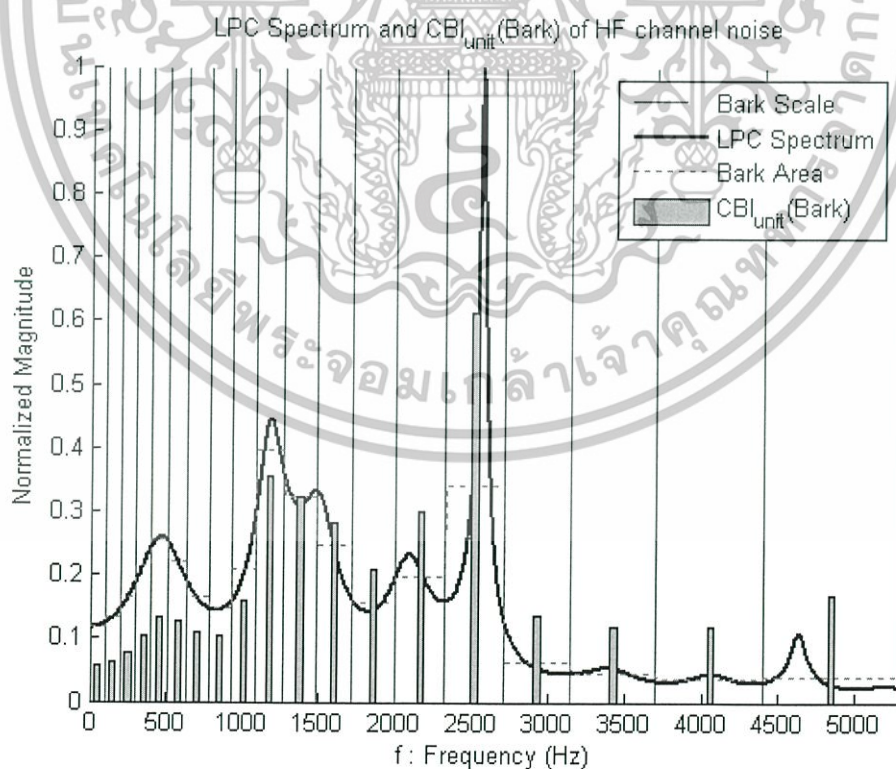
ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัม(เส้นหนา) ที่ตัดผ่านช่วงแถบความถี่วิกฤตหรือบาร์กสเกล (เส้นแนวตั้ง) จะทำให้เกิดเป็นพื้นที่ของแต่ละบาร์ก จากนั้นนำมาหาความเข้มหรือการหาพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละแถบความถี่ตามขอบเขตของ Bark Area (เส้นประ) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นเวกเตอร์ขนาด 19 มิติแล้วนำมาหาค่ายูนิตเวกเตอร์ ผลที่ได้จะเป็นค่า $CBI_{unit}(Bark)$ (แท่งแนวตั้ง) และจะแสดงตัวอย่างค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนชนิดต่าง ๆ ตามรูปที่ 4.5 – 4.19



รูปที่ 4.5 ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวน

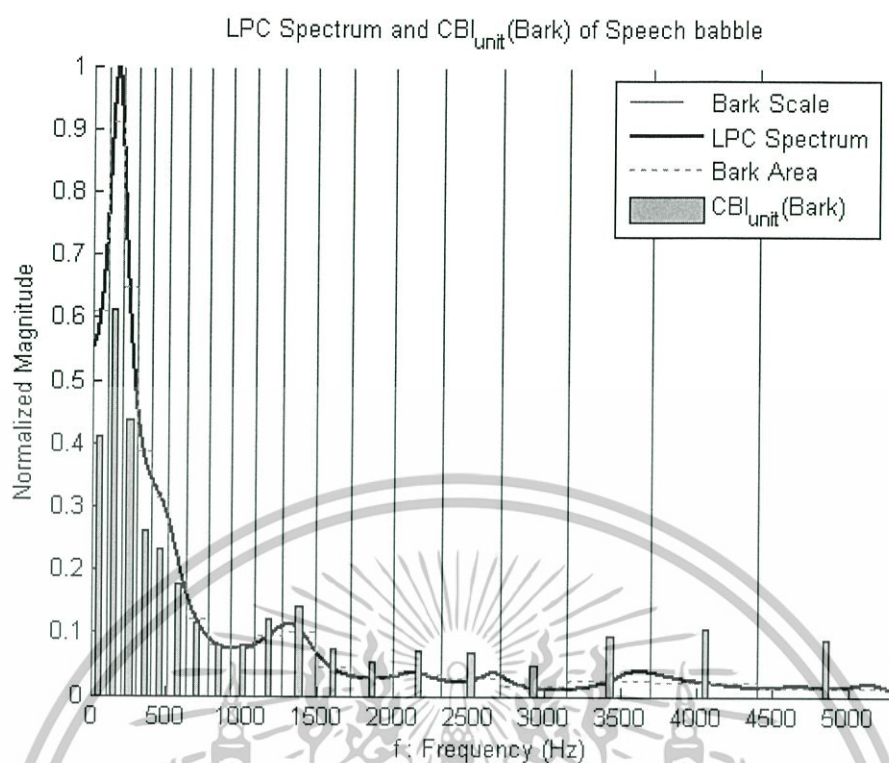


รูปที่ 4.6 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่
วิกฤตของสัญญาณรบกวนสีขาวชมพู

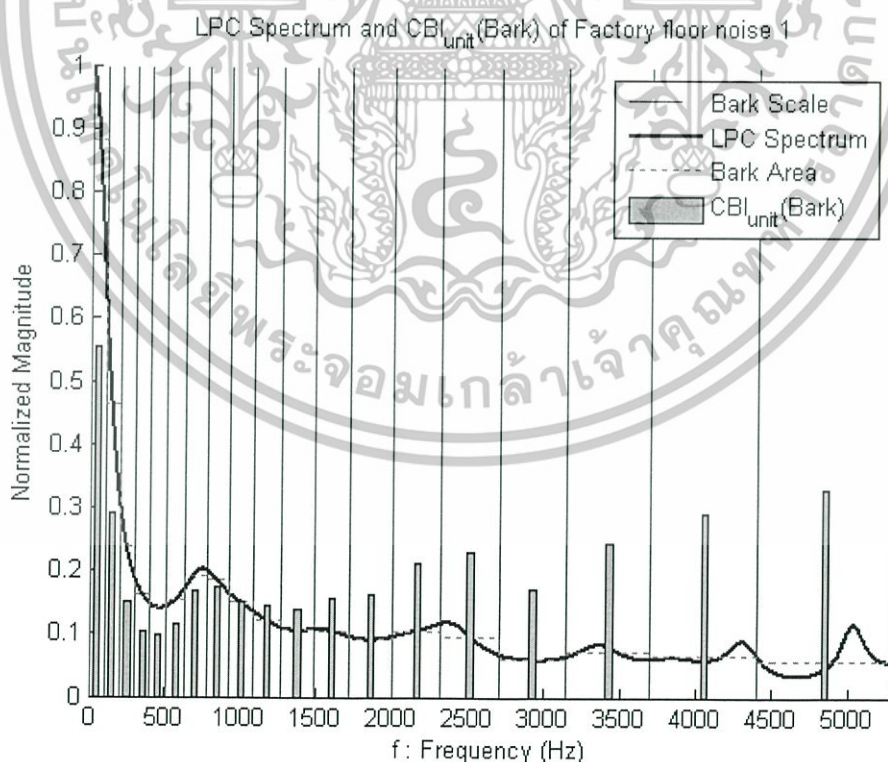


รูปที่ 4.7 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่
วิกฤตของสัญญาณรบกวนในช่องสัญญาณความถี่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

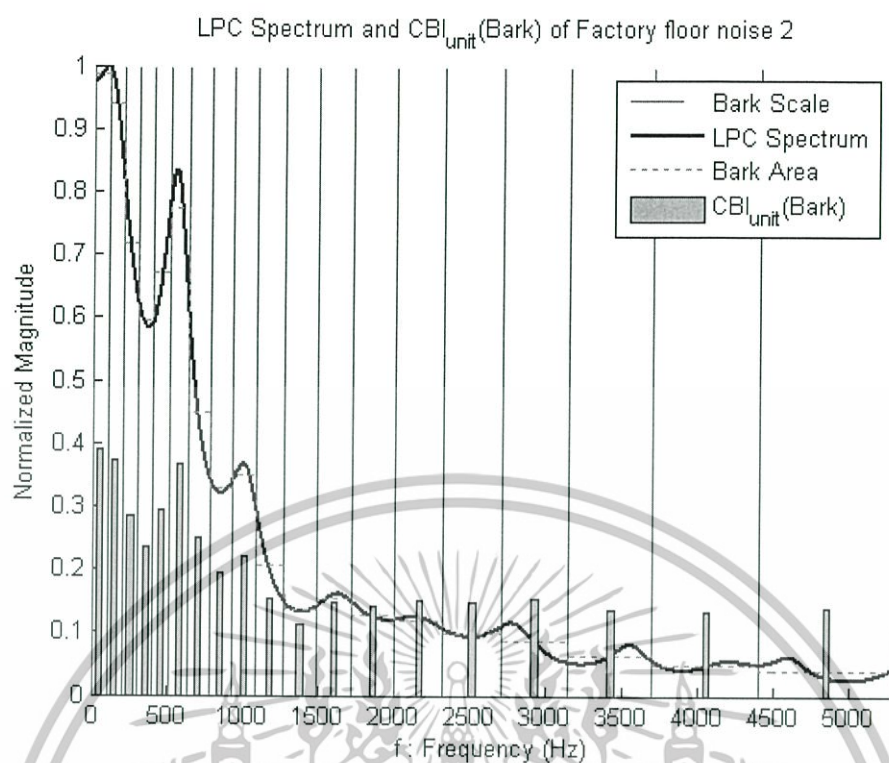


รูปที่ 4.8 ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงคนพูด

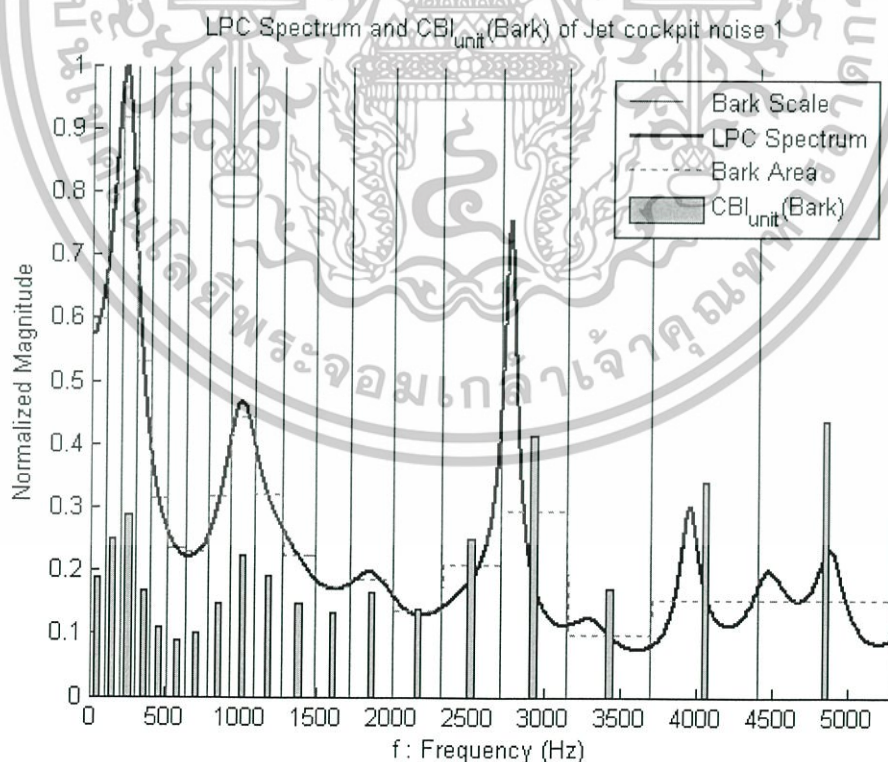


รูปที่ 4.9 ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

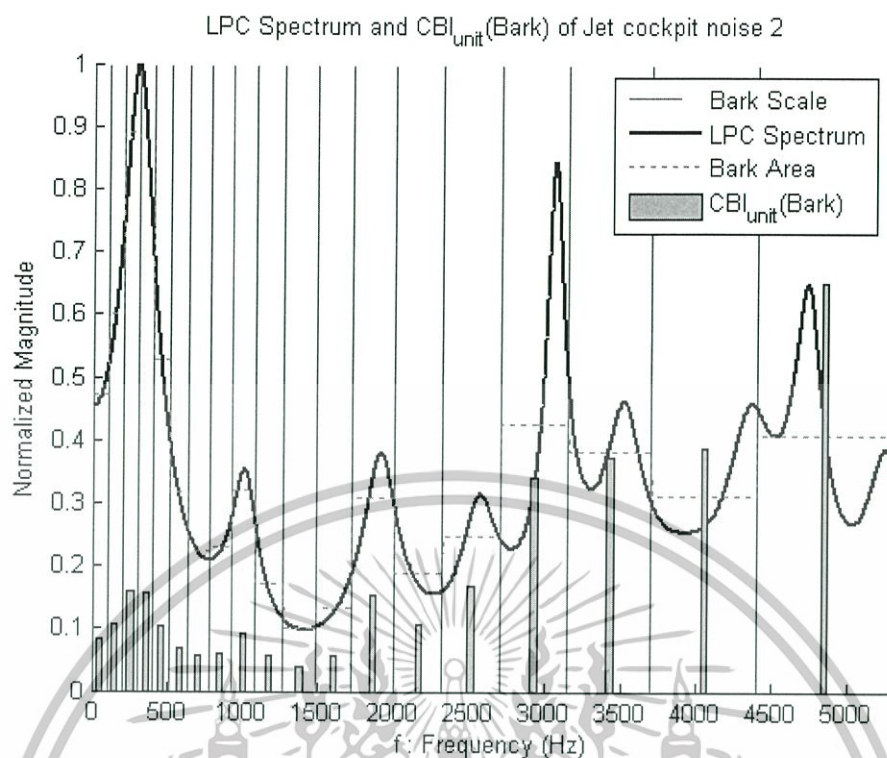


รูปที่ 4.10 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงภายในโรงงาน 2

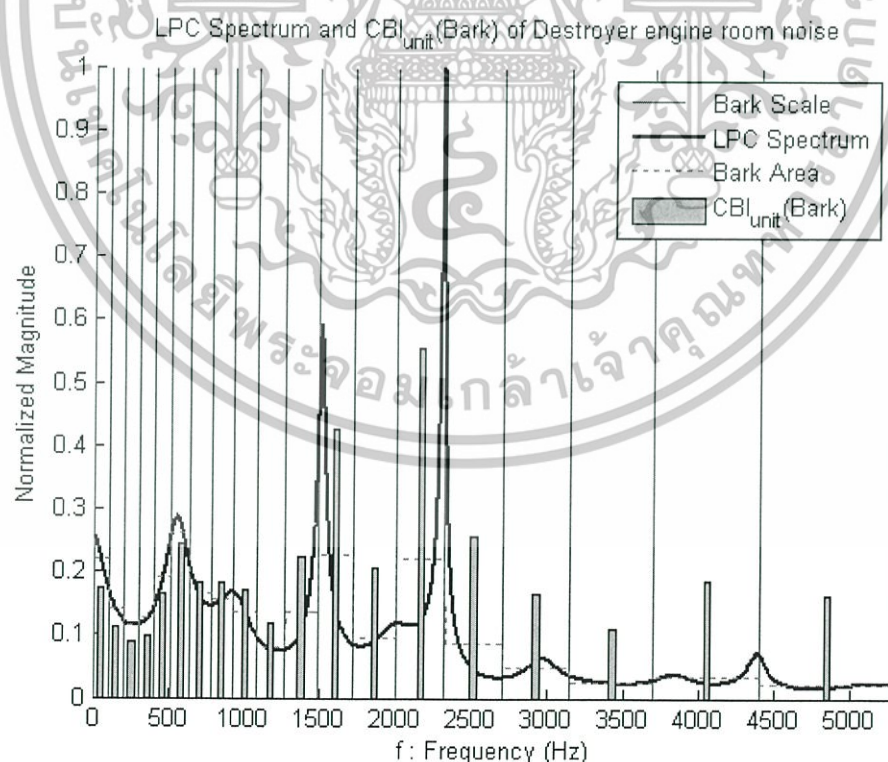


รูปที่ 4.11 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

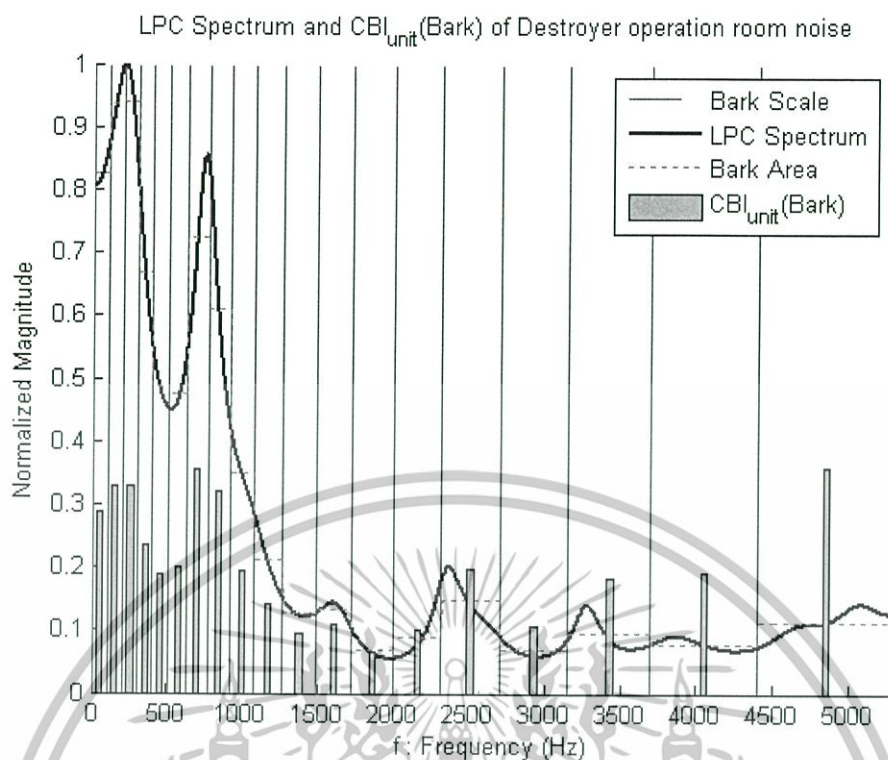


รูปที่ 4.12 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง ณ ที่นั่งขับเครื่องบิน 2

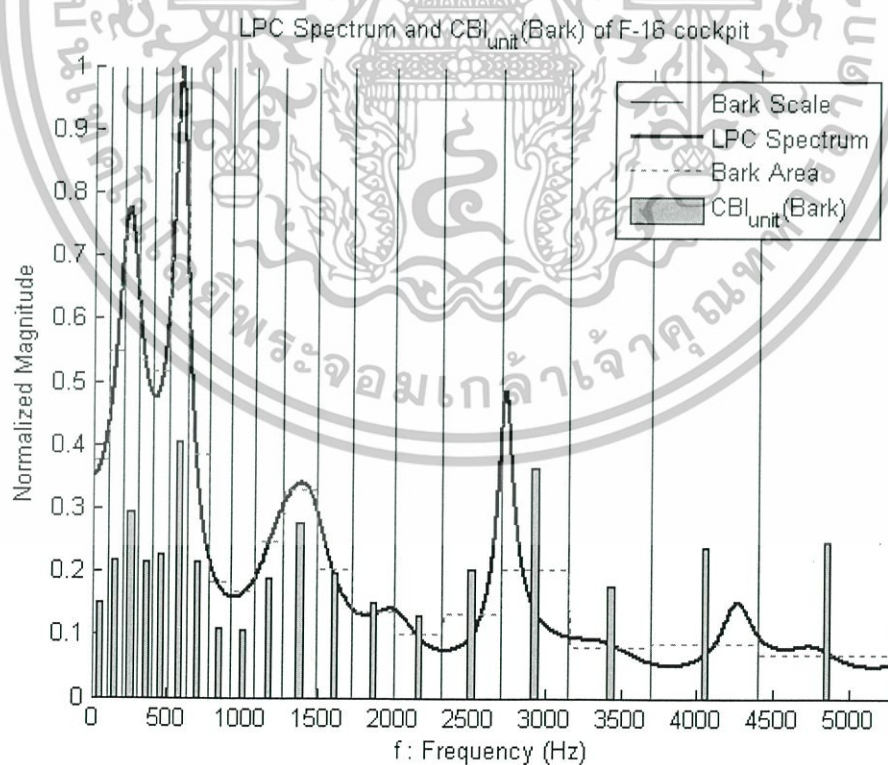


รูปที่ 4.13 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงห้องเครื่องจักรเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

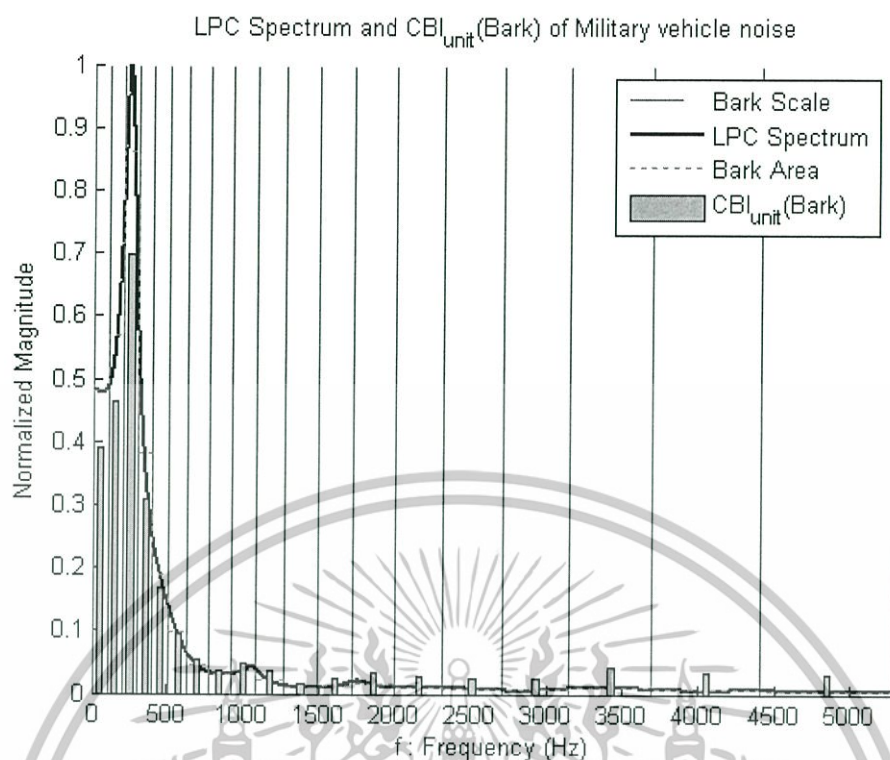


รูปที่ 4.14 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงห้องปฏิบัติการเรือ

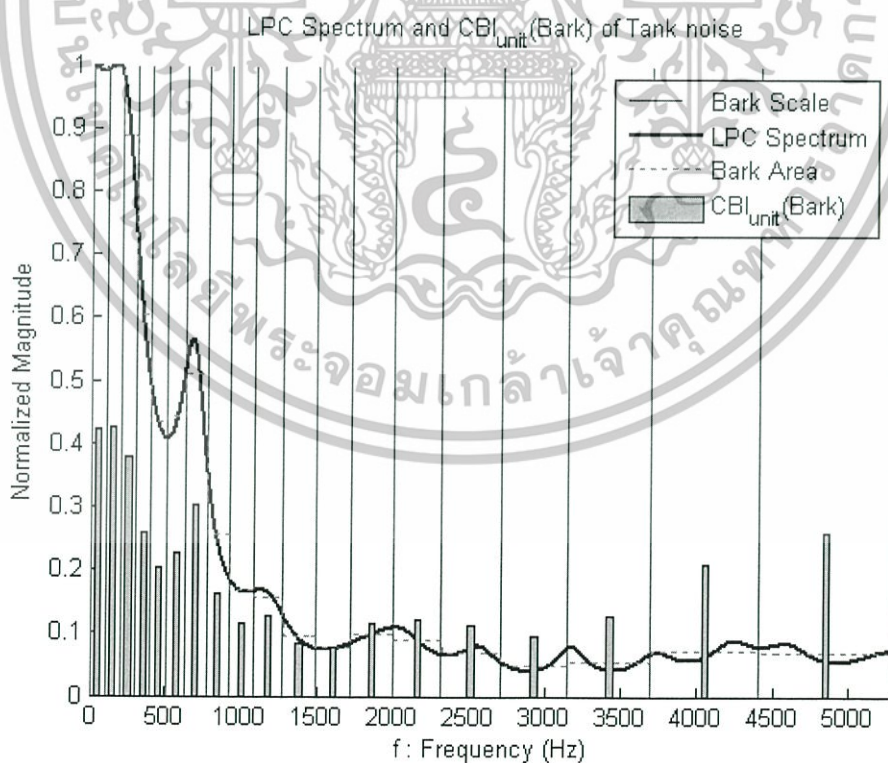


รูปที่ 4.15 คำนอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียง F-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

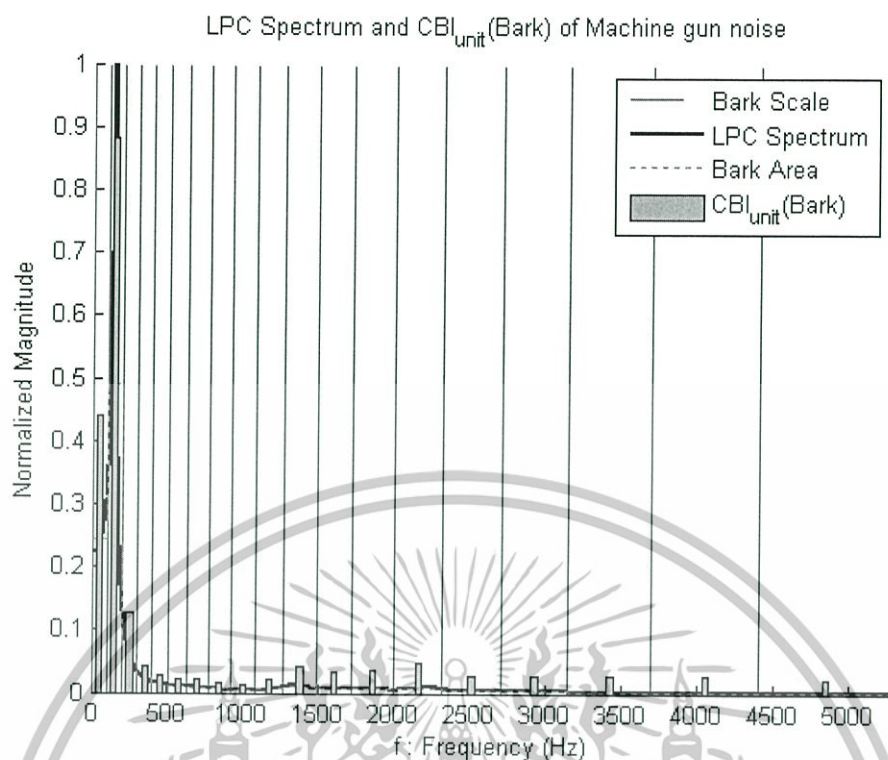


รูปที่ 4.16 ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนเสียงยานพาหนะทหาร

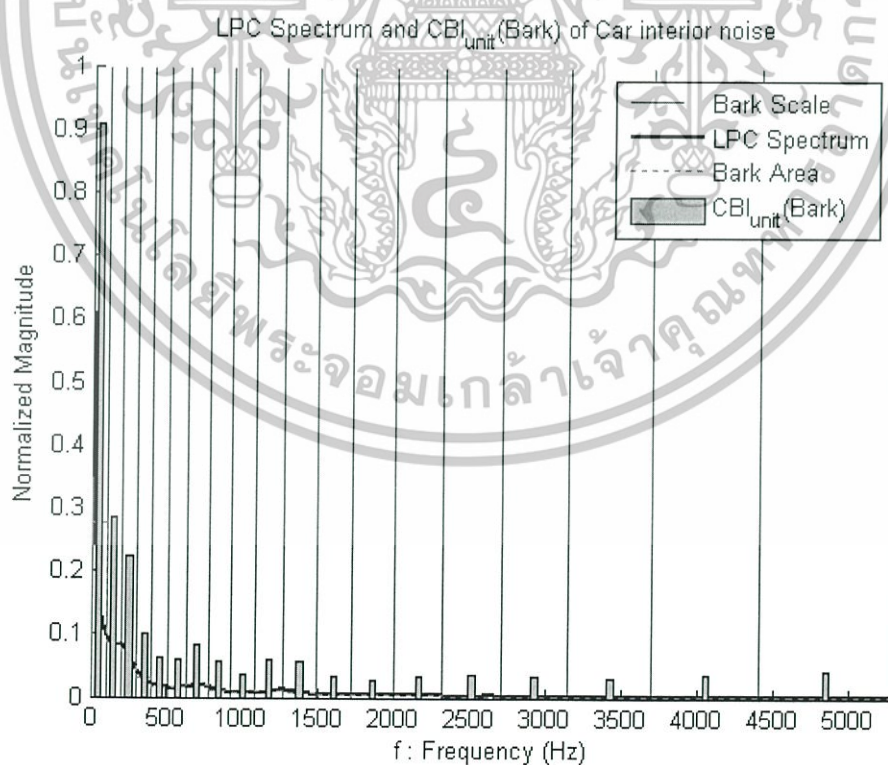


รูปที่ 4.17 ค่าออร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตแวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวนรถถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวมนปืนกล

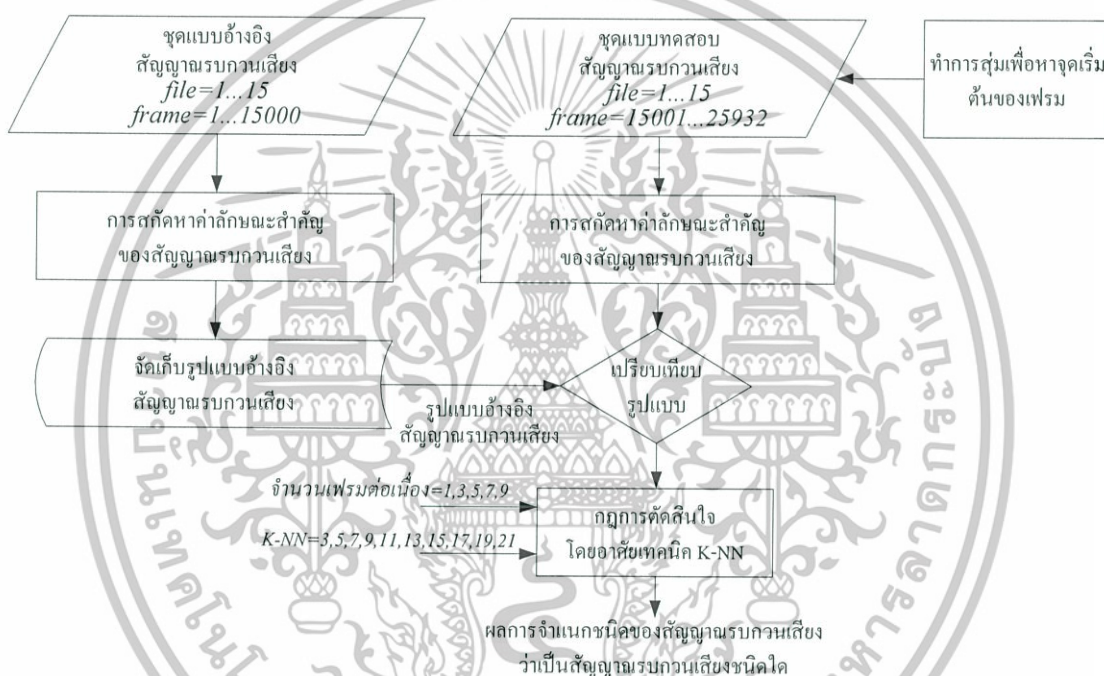


รูปที่ 4.19 ค่านอร์มอลไลซ์ LPC สเปกตรัมและค่ายูนิตเวกเตอร์ของความเข้มสัญญาณบนแถบความถี่วิกฤตของสัญญาณรบกวมนในรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเฉพาะ วิธีการจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง ภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก ดังนั้น จึงได้จำลองสัญญาณรบกวนเสียงที่ปะปนมากับเสียงพูด โดยการนำสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 จำนวน 15 ชนิด ช่วงครึ่งหลังตั้งแต่เฟรมที่ 15,001 ถึง 25,932 มาทำการสุ่มเพื่อหาจุดเริ่มต้นของเฟรมเพื่อใช้สร้างเป็นชุดทดสอบจำนวน 200 ตัวอย่าง แล้วนำไปผ่านกระบวนการสกัดหาค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณทีละเฟรม แล้วนำไปเปรียบเทียบหาระยะห่างกับชุดแบบอ้างอิง แล้วอาศัยเทคนิค K-NN ในการตัดสินใจ ตามรูปที่ 4.20 แสดงขั้นตอนการทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง



รูปที่ 4.20 ขั้นตอนการทดลองการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

ในการทดลองเพื่อศึกษาหาจำนวนเฟรมต่อเนื่องและค่า K-NN ที่เหมาะสมที่ส่งผลทำให้การจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียงมีค่าความถูกต้องมากที่สุด เมื่อกำหนดให้มีจำนวนเฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 1,3,5,7,9 และค่า K มีค่าเท่ากับ 3,5,7,9,11,13,15,17,19,21 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2 ถึงตารางที่ 4.51

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=3

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.87% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 95 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 79.5 | 5 | 6 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6 | 0 | 0.5 | 75.5 | 10 | 1 | 1 | 0.5 | 1.5 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 5 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 97.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 93.5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 98.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=5

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.70% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 95.5 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 80.5 | 3 | 8 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0.5 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6.5 | 0 | 1 | 74 | 10 | 1 | 1 | 0.5 | 1 | 1.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 3 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 3.5 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 97.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=7

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.90% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 97 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 81 | 3 | 7.5 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0.5 | 2.5 | 0 | 0 | 2.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6 | 0 | 1 | 75 | 9.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 2 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4.5 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 2.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0 | 4 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 97 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=9

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 95.00% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 98 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 81.5 | 3.5 | 7.5 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0.5 | 7.5 | 0 | 0 | 1.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6.5 | 0 | 1 | 76.5 | 9 | 1.5 | 1 | 1 | 0.5 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 2.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 0.5 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 97.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 96 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=11

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 95.00% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 98 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 81 | 3 | 7.5 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0.5 | 3 | 0 | 0 | 2 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 7.5 | 0 | 1 | 76.5 | 8.5 | 1.5 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4.5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 2.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 0 | 95.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=13

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.97% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 2.Pink noise | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 82.5 | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 0.5 | 2.5 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 7 | 0 | 1 | 77 | 8 | 1.5 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4.5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.5 | 0 | 94.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=15

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.97% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 83.5 | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 0.5 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 7.5 | 0 | 0.5 | 77.5 | 8.5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 5 | 93.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 93.5 | 0.5 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=17

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 95.13% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 83.5 | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 0.5 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 8 | 0 | 0.5 | 78.5 | 7.5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 0.5 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0 | 3.5 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 93.5 | 0.5 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=19

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 95.10% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 84 | 3 | 7 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 0.5 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 8 | 0 | 0.5 | 76.5 | 8.5 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 0.5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 93.5 | 0.5 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=1 และ K=21

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.97% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 99 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 82.5 | 3.5 | 7 | 0 | 0 | 1 | 2.5 | 0 | 0.5 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 7.5 | 0 | 0.5 | 76.5 | 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 4 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 0.5 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 93.5 | 0.5 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=3

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 88 | 2.5 | 2.5 | 0 | 0 | 0.5 | 3 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 3 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 0.5 | 81.5 | 6.5 | 0 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.5 | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=5

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.40% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 83.5 | 7 | 1 | 1.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=7

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.33% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 88.5 | 2 | 3.5 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 4.5 | 0 | 1 | 84 | 6.5 | 1 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=9

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.50% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89.5 | 1.5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 4.5 | 0 | 1 | 84.5 | 6.5 | 0.5 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=11

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.33% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise 9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 88.5 | 2 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 84.5 | 6.5 | 0.5 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 93.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 97 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=13

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise 9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 88.5 | 2.5 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 84.5 | 6.5 | 0.5 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.5 | 93.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=15

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.37% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89 | 2.5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 84.5 | 6.5 | 0.5 | 1 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.19 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=17

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.10% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89 | 2 | 4.5 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6 | 0 | 1 | 82.5 | 7 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 98 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=19

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.13% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6 | 0 | 1 | 83.5 | 6.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.5 | 93.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 98 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.21 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=3 และ K=21

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 97.17% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 89.5 | 2 | 3.5 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 83.5 | 7 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.5 | 93.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 97.5 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ตารางที่ 4.22 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=3

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.13% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 85.5 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.23 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=5

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.33% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 4.5 | 0 | 1 | 86.5 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=7

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.33% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 86.5 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.25 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=9

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.40% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 86.5 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=11

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 86 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.27 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=13

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 86 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.28 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=15

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.20% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 85.5 | 6 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |

ตารางที่ 4.29 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=17

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.23% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 86 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ตารางที่ 4.30 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=19

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 86 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.31 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=5 และ K=21

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.20% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 6 | 0 | 1 | 85.5 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=3

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.20% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 84.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 94.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.33 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=5

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1.5 | 86.5 | 4 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=7

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1.5 | 86 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.35 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=9

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 94.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1.5 | 87 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.36 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=11

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.27% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1.5 | 86.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.37 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=13

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 86.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.38 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=15

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 87 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.39 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=17

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 87 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.40 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=19

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.30% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 87 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.41 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=7 และ K=21

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.23% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 1.5 | 86 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.5 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1 | 0.5 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.42 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=3

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.60% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 96 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5 | 0 | 0.5 | 87 | 4 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.43 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=5

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.57% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 88 | 3.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.44 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=7

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 94.43% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 87 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.45 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=9

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.50% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise ⁹ | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 87.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.46 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=11

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.50% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 0.5 | 87.5 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.47 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=13

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.43% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 0.5 | 86.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.5 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.48 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=15

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.50% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 0.5 | 86.5 | 6 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.49 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=17

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.50% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 95.5 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 86.5 | 5.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ตารางที่ 4.50 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=19

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.53% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 96 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 87 | 5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.5 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

ตารางที่ 4.51 ผลการทดลองจำแนกสัญญาณรบกวนเสียง เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่อง=9 และ K=21

| ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 98.53% | 1.White noise | 2.Pink noise | 3.HF channel noise | 4.Speech babble | 5.Factory floor noise 1 | 6.Factory floor noise 2 | 7.Jet cockpit noise 1 | 8.Jet cockpit noise 2 | 9.Destroyer engine room noise9 | 10.Destroyer operations room noise | 11.F-16 cockpit noise | 12.Military vehicle noise | 13.Tank noise | 14.Machine gun noise | 15.Car interior noise | 16.ไม่สามารถระบุชนิดของ Noise ได้ |
|---|---------------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1.White noise | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.Pink noise | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3.HF channel noise | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4.Speech babble | 0 | 0 | 0 | 96 | 1.5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 5.Factory floor noise 1 | 0 | 5.5 | 0 | 1 | 87.5 | 4.5 | 0.5 | 0.5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6.Factory floor noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 96.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |
| 7.Jet cockpit noise 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8.Jet cockpit noise 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9.Destroyer engine room noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10.Destroyer operations room noise | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11.F-16 cockpit noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.Military vehicle noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98.5 | 0 | 1.5 | 0 | 0 |
| 13.Tank noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 14.Machine gun noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| 15.Car interior noise | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล

นิยามในการหาเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของการทำงานทั้งขบวนการนั้น เริ่มตั้งแต่ กระบวนการอ่านค่าชุดข้อมูลทดสอบ แล้วแปลงค่าลักษณะสำคัญของสัญญาณให้อยู่ในรูปของ เวกเตอร์ จากนั้นเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลอ้างอิง แล้วตัดสินใจเลือกด้วยเทคนิค K-NN จนระบุได้ว่าเป็นสัญญาณรบกวนชนิดใดเป็นอันจบขบวนการทำงานทั้งหมด ไม่รวมเวลาในการจัดเตรียมชุด ข้อมูลอ้างอิง

ตารางที่ 4.52 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลเฉลี่ย (วินาที)

| K-NN | จำนวนเฟรมต่อเนื่อง | | | | |
|---------|--------------------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |
| 3 | 19.77 | 55.32 | 90.90 | 126.53 | 162.17 |
| 5 | 19.76 | 55.34 | 90.87 | 126.55 | 162.01 |
| 7 | 19.81 | 55.36 | 90.93 | 126.64 | 162.03 |
| 9 | 19.81 | 55.36 | 90.86 | 126.57 | 162.00 |
| 11 | 19.82 | 55.41 | 90.92 | 126.62 | 161.96 |
| 13 | 19.80 | 55.40 | 90.91 | 126.56 | 162.01 |
| 15 | 19.82 | 55.36 | 90.88 | 126.58 | 162.05 |
| 17 | 19.87 | 55.40 | 90.90 | 126.42 | 161.98 |
| 19 | 19.87 | 55.37 | 90.92 | 126.51 | 161.96 |
| 21 | 19.78 | 55.37 | 91.30 | 126.45 | 162.01 |
| Average | 19.81 | 55.37 | 90.94 | 126.54 | 162.02 |

จากตารางที่ 4.52 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเฉลี่ย ซึ่งจำนวนของเฟรมต่อเนื่องจะ ส่งผลกับเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมากกว่าจำนวนของ K-NN และอีกส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับจำนวน ของชุดอ้างอิง ซึ่งในการทดลองนี้ใช้จำนวนชุดอ้างอิงต่อชนิดของสัญญาณรบกวนเท่ากับ 15,000 ชุด

บทที่ 5

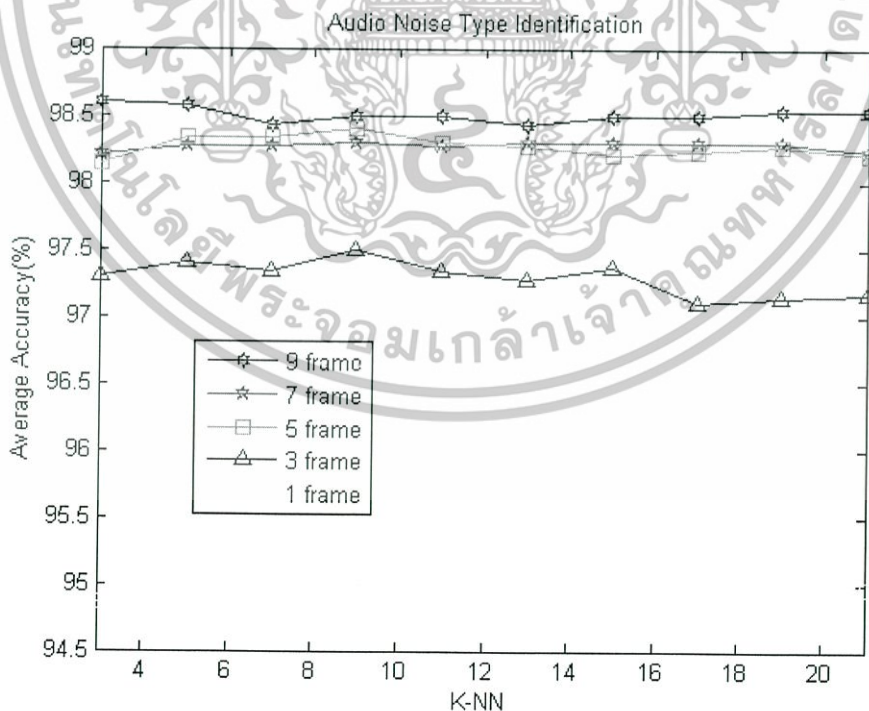
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะวิธีการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนในย่านความถี่เสียง ซึ่ง เป็นกระบวนการหนึ่งในระบบการรู้จำเสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จัก โดยนำสัญญาณรบกวนเสียง NoiseX-92 ที่ได้จากการบันทึกเสียงตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จำนวน 15 ชนิด แล้วแบ่งข้อมูลของแต่ละชนิดเป็นสองชุด ชุดแรกเพื่อใช้ในการสร้างแบบอ้างอิง และส่วนชุดที่สองนำไปสุ่มเพื่อใช้ในการสร้างชุดทดสอบให้เป็นข้อมูลคนละชุดกัน โดยวิธีการ นำมาแบ่งเป็นเฟรมย่อย ๆ แล้วสกัดหาค่าคุณลักษณะของสัญญาณ เพื่อหาความเข้มสเปกตรัมของ สัญญาณจากค่าสัมประสิทธิ์ LPC บนแถบความถี่วิกฤต และอาศัยเทคนิค K-NN ในการตัดสินใจ จำแนกชนิดของสัญญาณรบกวน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการเลือกแบบอ้างอิงของระบบการรู้จำ เสียงแบบไม่ขึ้นอยู่กับผู้พูดภายใต้สัญญาณรบกวนเสียงที่รู้จักต่อไป

พิจารณาจำนวนเฟรมต่อเนื่องและค่า K ที่เหมาะสม

จากรายผลการทดลองที่ 4.2 ถึง 4.51 สามารถสรุปผลค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยได้ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียง

เมื่อกำหนดให้เฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 1,3,5,7,9 และ K-NN=3,5,7,9,11,13,15,17,19,21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียงซึ่งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 98.60% เมื่อใช้จำนวนเฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 9 และค่า K-NN เท่ากับ 3 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 94.70% เมื่อใช้จำนวนเฟรมต่อเนื่องเท่ากับ 1 และค่า K-NN เท่ากับ 5 จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนเฟรมต่อเนื่องขึ้นเรื่อย ๆ คือ 1,3,5,9 ตามลำดับ จะส่งผลทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกชนิดของสัญญาณรบกวนเสียงมีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่าการเพิ่มค่า K ที่ใช้ในการตัดสินใจแบบ K-NN

พิจารณาผลการทดลองในการตัดสินใจเลือกผิดพลาด

จากผลการทดลองในบทที่ 4 สังเกตเห็นได้ว่า สัญญาณรบกวนที่ 5 (Factory Floor Noise 1) มีค่าความถูกต้องต่ำที่สุดในทุกการทดลอง และส่วนใหญ่จะตัดสินใจเลือกผิดเป็นสัญญาณรบกวนที่ 6 (Factory Floor Noise 2) และสัญญาณรบกวนที่ 2 (Pink Noise) ในทำนองเดียวกันสัญญาณรบกวนที่ 6 (Factory Floor Noise 2) ส่วนใหญ่ก็จะตัดสินใจผิดพลาดเลือกเป็นสัญญาณรบกวนที่ 5 (Factory Floor Noise 1) เหมือนกัน เพราะสัญญาณรบกวนดังกล่าวมีลักษณะของค่าความเข้มสเปกตรัมกำลังที่คล้ายกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 กรณีไม่สามารถตัดสินใจระบุชนิดของสัญญาณรบกวนเสียงได้

การใช้เทคนิค K-NN ในการตัดสินใจ หลักการคือเตรียมเวกเตอร์อ้างอิงแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ แล้วนำเวกเตอร์ทดสอบมาหาระยะเปรียบเทียบกับกลุ่มเวกเตอร์อ้างอิงทั้งหมด ถ้ากลุ่มเวกเตอร์อ้างอิงชนิดใดมีจำนวนใกล้เคียงกับเวกเตอร์ทดสอบมากที่สุด ก็จะตัดสินใจได้ว่าเวกเตอร์ทดสอบเป็นชนิดเดียวกับเวกเตอร์อ้างอิงกลุ่มนั้น แต่ถ้ามีกลุ่มเวกเตอร์อ้างอิงมีจำนวนใกล้เคียงกับเวกเตอร์ทดสอบเท่ากันสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่มจะตัดสินใจอย่างไร

1. ใช้ค่า K ในลำดับถัดไป ตัวอย่างเช่น มีชุดอ้างอิงอยู่ 15 กลุ่ม กำหนดให้ค่า $K=3$ และมีผลการคำนวณหาระยะห่างจากเวกเตอร์ทดสอบเท่ากับ 1, 3, 4 โดยเรียงจากกลุ่มเวกเตอร์อ้างอิงที่มีค่าใกล้เคียงมากที่สุดจากซ้ายไปขวา ซึ่งผลที่ได้ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าเป็นชุดอ้างอิงกลุ่มใด ดังนั้น ให้ใช้ค่า K ตัวที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ก็จะสามารถเลือกได้ว่าเป็นกลุ่มอ้างอิงชุดที่ 1 แต่ถ้าค่า K ตัวที่ 4 มีค่าเท่ากับ 2 ก็ไม่สามารถตัดสินใจเลือกได้ว่าเป็นกลุ่มอ้างอิงชุดใด
2. เพิ่มเฟรมที่ทำการทดสอบทีละเฟรม หากการเลือกใช้ค่า K ลำดับถัดไปแล้วไม่สามารถตัดสินใจได้ ก็จะมีการเพิ่มจำนวนเฟรมต่อเนื่องนำมาคำนวณเพิ่มอีก 1 เฟรม ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่สามารถตัดสินใจเลือกได้ว่าเป็นกลุ่มอ้างอิงชุดใด ก็จะต้องทำขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 สลับกันไปเรื่อย ๆ จนสามารถตัดสินใจเลือกได้

5.2.2 การลดเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

จากผลการทดลองตารางที่ 4.52 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งปัจจัยส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ

1. จำนวนชุดข้อมูลอ้างอิง ในการทดลองนี้ใช้จำนวนชุดข้อมูลอ้างอิงเท่ากับ 15,000 ชุด
2. จำนวนเฟรมต่อเนื่อง

ดังนั้น เพื่อให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลเร็วขึ้น สามารถทำได้โดยลดจำนวนชุดข้อมูลอ้างอิงลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] The Rice University. “**Noise Data.**” [Online]. Available :
http://spib.rice.edu/spib/select_noise.html. 1995.
- [2] Wikipedia, the free encyclopedia. “**Colors of noise.**” [Online]. Available :
http://en.wikipedia.org/wiki/Colors_of_noise. 2008.
- [3] นงนุช สุขตั้งมั่น. “การรู้จำเสียงสระเสียงเดียวและสระเสียงประสมในภาษาไทยโดยใช้สเปกตรัมแอลพีซีบนสเกลบาร์ก” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2547.
- [4] Rabiner, L. and Juang, B.H. **Fundamentals of Speech Recognition**. New Jersey : Prentice Hall, Inc. 1993.
- [5] Zwicker, E. and Fastl, H. **Psychoacoustics: Facts and Models**. 2nd Ed. Heidelberg : Springer. 1999.
- [6] สุกิจ ปานแก้ว. “การรู้จำเสียงพยัญชนะต้นควบสระในภาษาไทยโดยวิธีสเปกตรัม LPC บนสเกลบาร์กและ HIDDEN MARKOV MODELING” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550.
- [7] ภัคดี จันทร์เกษ. “การรู้จำเสียงตัวเลขภาษาไทย โดยการวิเคราะห์เสียงสระและเสียงวรรณยุกต์ด้วยวิธีความเข้มแถบวิกฤติและควอนไทซ์พีทซ์” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2550.



ภาคผนวก

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. C. Eamdeelerd, K. Songwatana, "Audio Noise Classification using Bark scale features and K-NN Technique," International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT2008), pp. 131-134, Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR, October 21-23, 2008.

IEEE

IT IS 2008

ISCTIT 2008

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGIES 2008

October 21-23, 2008
Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR

ISCTIT 2008 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMMUNICATIONS AND INFORMATION TECHNOLOGIES

PROGRAM AND ABSTRACT BOOK

MNU
TOKAI UNIVERSITY

JICA

ECTI Association

EIC

RENESAS
 Everywhere you Imagine.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Audio Noise Classification using Bark scale features and K-NN Technique

Cherdchai Eamdeelerd Kraisin Songwatana

Department of Telecommunication Engineering,
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, E-mail: kskraisi@kmitl.ac.th

Abstract— This paper presents the audio noise classification using Bark scale features and K-NN technique. This paper uses audio noise signal from NOISEX-92 (12 types) [1]. We determine the transfer functions from linear predictive coding (LPC) coefficient of noise signal on Bark scale and use K-NN technique to classify them. The results will be used for optimization of speech recognition model in the presence of noise. The highest average accuracy for audio noise classification is obtained when K=3 and median over 5 consecutive frames.

The Bark scale features are extraction from audio noise signal illustrated in Fig.2.

I. INTRODUCTION

Environment noise is a major factor which degrades the performance of speech recognition system. If we can classify noise and select specific noise added speech model for noisy speech recognition, it will increase the performance of speech recognition system. Block diagram of audio noise classification for noisy speech recognition system is illustrated in Fig.1. The silence speech is supposed to be background noise of the current noisy speech. This paper focuses on audio noise classification which has two steps: feature extraction of audio noise signal using Bark scale features and K-NN classification technique.

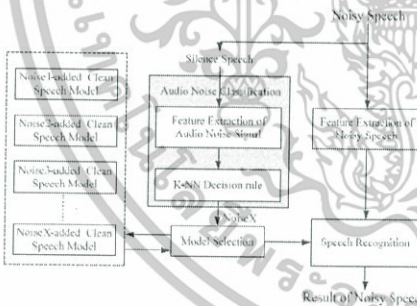


Fig. 1. Block diagram of audio noise classification for noisy speech recognition system

II. FEATURE EXTRACTION OF AUDIO NOISE SIGNAL USING BARK SCALE FEATURE

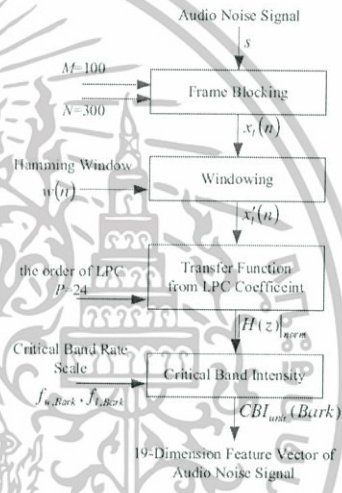


Fig. 2. Block diagram of feature extraction of noise signal

A. Frame Blocking

Audio noise signal s is blocked into frame of N samples, shifting every M sample for each frame. This process continues until all the noise data is accounted for within once or more frames. l is the frame index and L is the total number of frame:

$$x_l(n) = s(Ml + n), \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$
$$l = 0, 1, 2, \dots, L - 1$$

The short-term analysis principle is an accepted approach to speech processing. The speech signal changes continuously due to the movements of vocal system, and it is intrinsically non-stationary. Nonetheless, in short segments, typically 20 to 40ms, and overlap of 50% to 75%, speech could be regarded as pseudo-stationary signal [2].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

B. Windowing

Hamming window (3) is applied to each individual frame to minimize the signal discontinuities at the beginning and the end of each frame. The concept is identical to the one discussion regarding to the frequency domain interpretation of short-time spectral analysis, which depends on windowing of speech waveform. The results depend on the properties of the specific window function. With a window of finite time duration, the window can move progressively along the speech signal to select short sections for analysis.

Consider $w(n)$ as a window function, when $0 \leq n \leq N-1$, where N is window size. The extracted signal with window function can be defined by

$$x'_i(n) = x_i(n)w(n), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

Since, *Hamming Window* is famously used as the window function of speech analysis. The *Hamming window* is given by

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (3)$$



Fig. 3 Example audio noise signal of windowing process with the frame blocking: $N=300$

C. Transfer Function from LPC Coefficient

The basic idea of the LPC model is a given speech sample at time n , $s(n)$ can be approximated as a linear combination of the past P speech sample as below

$$s(n) \approx \sum_{k=1}^P a_k s(n-k) \quad (4)$$

where the coefficients a_k are assumed constant over the speech analysis frame.

We convert (4) to an equality by including an excitation term, $Gu(n)$, giving

$$s(n) = \sum_{k=1}^P a_k s(n-k) + Gu(n) \quad (5)$$

where $u(n)$ is a normalized excitation and G is the Gain of the excitation [3,4]. By expressing (5) in the z -domain we get the relation

$$S(z) = \sum_{k=1}^P a_k z^{-k} S(z) + GU(z) \quad (6)$$

leading to the transfer function

$$H(z) = \frac{S(z)}{GU(z)} = \frac{1}{1 - \sum_{k=1}^P a_k z^{-k}} \quad (7)$$

LPC Spectrum is

$$|H(z)| = \sqrt{\text{Re}[H(z)]^2 + \text{Im}[H(z)]^2} \quad (8)$$

Normalized LPC spectrum is

$$LPC_{norm}(f) = |H(z)|_{norm} = \frac{|H(z)|}{\max|H(z)|} \quad (9)$$

where $\max|H(z)|$ is maximum value of LPC spectrum

D. Bark scale and Critical and Intensity (CBI)

The Bark scale is a psychoacoustics spectrum measurement whose property corresponds to human hearing. In other words, it is based on the fact that our hearing system analyzes speech with critical bands intensity (CBI). The concept of critical band has been developed [5,6]. Some experiments have shown that critical bands are narrower at the region of low frequencies than at the region of high frequencies. The critical bands are analogous to the band of a spectrum analyzer with variable center frequencies and bandwidth.

Based on the measurements by Zwicker [5], the Bark scale is approximately expressed in terms of the linear frequency by

$$B = 13 \arctan(0.76 \times 10^{-2} f) + 3.5 \arctan(0.13 \times 10^{-3} f)^2 \quad (10)$$

The range of human auditory frequency spreads from 20 to 20,000 Hz. It covers approximately 25 critical bands on Bark scale. For example, the lowest critical band is represented by $B=1$ [Bark], f_c , the center frequency of a critical band, is = 50 Hz when $B=1$. The corresponding critical bandwidth Δf can be expressed by

$$\Delta f = 25 + 75 [1 + 1.4 \times 10^{-6} f_c^2]^{0.69} \quad (11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The duration of each frame of noise was 27.21 ms (300 points) with an overlap of 9 ms (100 points) between successive frames. By using 24-th order of LPC coefficient transform to LPC spectrum and normalized LPC Spectrum on Bark scale to calculate unit vector of *CBI(Bark)* for each frame.

TABLE I
RESULT OF AUDIO NOISE CLASSIFICATION USED ONE FRAME OF EACH NOISE

| Noise Name | K=3 | K=5 | K=7 | K=9 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 1.White noise | 100.00 | 96.67 | 100.00 | 100.00 |
| 2.Pink noise | 96.67 | 96.67 | 96.67 | 93.33 |
| 3.HF channel noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 4.Military vehicle noise | 96.67 | 93.33 | 90.00 | 93.33 |
| 5.Tank noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 96.67 |
| 6.Machine gun noise | 96.67 | 100.00 | 93.33 | 93.33 |
| 7.Car interior noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 8.Speech babble | 96.67 | 96.67 | 93.33 | 93.33 |
| 9.Factory floor noise 1 | 83.33 | 80.00 | 80.00 | 83.33 |
| 10.Jet cockpit noise 2 | 96.67 | 96.67 | 93.33 | 93.33 |
| 11.Destroyer engine room noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 12.Destroyer operation room noise | 100.00 | 96.67 | 96.67 | 96.67 |
| Average accuracy | 97.22 | 96.39 | 95.28 | 95.28 |

TABLE (II)
RESULT OF AUDIO NOISE CLASSIFICATION WHEN K=3 AND MEDIAN OVER 5 CONSECUTIVE FRAME OF EACH NOISE

| Noise Name (K=3) | Number of Frames=1 | Number of Frames=3 | Number of Frames=5 |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1.White noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 2.Pink noise | 96.67 | 100.00 | 100.00 |
| 3.HF channel noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 4.Military vehicle noise | 96.67 | 100.00 | 100.00 |
| 5.Tank noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 6.Machine gun noise | 96.67 | 96.67 | 100.00 |
| 7.Car interior noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 8.Speech babble | 96.67 | 96.67 | 100.00 |
| 9.Factory floor noise 1 | 83.33 | 90.00 | 90.00 |
| 10.Jet cockpit noise 2 | 96.67 | 100.00 | 100.00 |
| 11.Destroyer engine room noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 12.Destroyer operation room noise | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Average accuracy | 97.22 | 98.61 | 99.16 |

In Table I all values represent average accuracy rate (%) of the experiment. Audio noise classification used one frame of each noise with K=3, K=5, K=7 and K=9. The last row on the Table I shows the average accuracy. The accuracy for each K is 97.22%, 96.39%, 95.28% and 95.28% respectively. From Table I at K=3 the highest average accuracy is obtained. We used K=3 and median over consecutive frame in an attempt to improve accuracy for next experiment.

Table II shows improve average accuracy rate when we median over 5 consecutive frames. This model has average accuracy of 99.16%.

V. CONCLUSIONS

The result of audio noise classification using Bark scale features and K-NN technique at K=3 and median over 5 consecutive frames have shown the highest average accuracy of 99.16%. Increasing K results to degrade accuracy, however using more frame as median results to increase accuracy.

REFERENCES

- [1] <http://www.speech.cs.cmu.edu/comp.speech/Section1/Data/noise1.html>
- [2] Ling E. "Speaker Recognition", Technical University of Denmark Informatics and Mathematical Modelling, Kgs. Lyngby, 2004. IMM-THESIS, ISSN 1601-235X.
- [3] K.Songwatana, W.Kongkavitool "Unmixed Vowels Recognition in Thai spoken language using Vocal Tract Transfer functions on the Bark Scale." Conference Proceedings WPMC'00, 3rd, vol.1, pp.224-227, 2000.
- [4] Lawrence Rabiner, Bing-Hwang Juang, "Fundamentals of Speech Recognition", Prentice Hall, 1993.
- [5] E.Zwicker, H.Fastl, "Psychoacoustics: Facts and Models" Second Edition, Springer, 1999.
- [6] Smith, J. O. and Abel, J. S., "Bark and ERB Bilinear Transforms", IEEE Trans. Speech & Audio Proc., Vol. 7, No. 6, pp. 697-708, Nov. 1999.
- [7] M.Nadler, E.P.Smith, "Pattern Recognition Engineering" , John Wiley & Sons, 1993.

ประวัติผู้เขียน

| | |
|--------------------|--|
| ชื่อ-นามสกุล | นายเชิดไชย เอี่ยมดีเลิศ |
| วัน เดือน ปีเกิด | 22 ธันวาคม 2517 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| ที่อยู่ | 1530 หมู่ 6 ซอยเพชรวิฑูรย์(กม.6) ถนนเทพารักษ์ ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270 |
| ประวัติการศึกษา | 2540 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม (เกียรตินิยมอันดับ 1) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| ประสบการณ์การทำงาน | |
| พ.ศ.2540-2542 | ตำแหน่งวิศวกร บริษัท ชินวิตรคอมพิวเตอร์แอนคอมมิวนิเคชั่น จำกัด |
| พ.ศ.2542-ปัจจุบัน | ตำแหน่งวิศวกรชำนาญพิเศษ แผนกการจัดการโครงการ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส จำกัด (มหาชน) |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้