บทที่2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสียงรบกวน และ มลพิษทางเสียง

2.1.1 เสียงรบกวน(Noise)

ในการรับรู้ของมนุษย์ต่อเสียงนั้น อาจกล่าวได้ว่า เสียงรบกวนคือเสียงที่มนุษย์ไม่ต้องการได้ยิน หรือไม่พึงประสงค์จะรับรู้ ซึ่งความรู้สึกต่อเสียงจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละคน เมื่อได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเดียวกันอาจเป็นเวียงรบกวนของคนหนึ่งในขณะเดียวกันอีกคนหนึ่งอาจรู้สึกชอบอยากได้ยิน เช่น เสียง ดนตรีร็อก เสียงจากเครื่องยนต์จากรถยนต์เฟอรารี่ เสียงดนตรีคลาสสิก เป็นต้น แต่ก็จะมีเสียงบางเสียงที่คนส่วนใหญ่รู้สึกว่าเป็นเสียงรบกวน เช่น รอยกรีดหรือขูดบนแผ่นเสียง เสียงการขึ้นลงของเครื่องบิน เสียงรถ เสียงดังจากการทำงานก่อสร้าง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการจะตัดสินใจว่าเป็นเสียงรบกวนนั้น มีเรื่องของความรู้สึกของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องในการพิจารณาแยกแยะความรู้สึกในการรับรู้ของเสียงด้วย

2.1.2 มลพิษทางเสียง(Noise Pollution)

มลพิษทางเสียง หมายถึงถึงผลกระทบของเสียงที่มีต่อมนุษย์ หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทั้งทางด้านกายภาพต่อร่างกายและจิตใจของมนุษย์ และยังเกี่ยวโยงกันทั้งสองด้าน การศึกษาวิชามลพิษทางเสียงจึงเป็นการศึกษาในหลายมุมมอง และผสมผสานผลกระทบทางด้านกายภาพและความรับรู้ทางจิตใจของมนุษย์ในเวลาเดียวกัน แต่เนื่องจากมลพิษทางเสียง เป็นมลพิษที่ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงหรือหมุนเวียนของสสาร หากแต่เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของพลังงาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเสียงในด้านกายภาพเป็นพื้นฐาน เช่น ฟิสิกส์ของเสียง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน เป็นต้น เพื่อให้มีความเข้าใจ และสามารถควบคุมพลังงานเสียง อย่างถ่องแท้ และประสานประโยชน์จากพลังงานเสียงให้เกิดประโยชน์แก่สังคมมนุษย์มากที่สุด

2.2 เสียง

2.2.1 คำจำกัดความเกี่ยวกับเสียง

เสียง (sound) คือพลังงานรูปหนึ่งที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของอากาศ (หรือสื่ออื่นๆ) แล้วโมเลกุลของอากาศดังกล่าวจะทำให้เกิดการอัดและขยายสลับกันไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศสูงขึ้นและต่ำลงตามลักษณะของการอัดและขยายของโมเลกุลอากาศ ซึ่งทำให้เกิดลักษณะเป็นคลื่นที่เราเรียกว่า คลื่นเสียง (sound wave) เมื่อผ่านเข้าสู่หูและอวัยวะภายในของหูจะทำให้เกิดการได้ยินเสียงขึ้น

ความถี่ของเสียง (frequency of sound) คือ จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ ตามลักษณะของการอัดและการขยายของโมเลกุลอากาศในหนึ่งวินาที หรือจำนวนครั้งของของการสั่นสะเทือนต่อหนึ่งวินาที มีหน่วยเป็น Hertz (Hz) หรือ รอบต่อวินาที

ความดันสียงและระดับความดันเสียง(sound pressure and sound pressure level) หมายถึงค่าความดันของคลื่นเสียงที่เปลี่ยนแปลงไปจากความดันบรรยากาศปกติที่ใช้วัดเสียงสม่ำเสมอ สำหรับเสียงที่ดังระยะสั้นๆ หรือเสียงของผลกระทบนั้นจะวัดออกมาเป็นค่าความดันสูงสุด (peak pressure values) ซึ่งหน่วยที่วัดจะใช้หน่วยเดียวกับความดันบรรยากาศ เช่น มิลลิเมตรปรอท (mmHg) หรือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (Lb/in^2) หรือ มิลลิบาร์ (mbars) หรือดายน์ต่อตารางเซนติเมตร ($dynes/cm^2$) หรือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือที่เรียกตามมาตรฐานสากลว่าปาสคาล (Pascal = Pa) เป็นต้น ในการวัดความดันเสียงนั้น เครื่องมือที่จะใช้วัดออกมาเป็นเกณฑ์ของ ลอกาลิสมิก (logalithmic scale) มีหน่วยเป็น "เดซิเบล" (decibel : dB) ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือดังกล่าวเรียกว่า ระดับความดันเสียง ที่ใช้คำว่า "ระดับ" ในที่นี้ก็เพื่อชี้ให้เห็นว่าความดันที่วัดได้นั้นได้เปรียบเทียบกับกับ ความดันเสียงอ้างอิง (sound pressure reference) แล้ว ความดันอ้างอิงของการวัดเสียงในอากาศนั้นมีค่า 0.00002 Pa ทั้งนี้แสดงสูตรการคำนวณหาค่าระดับความดันเสียง (Lp) ได้ดังนี้

$$Lp = 20 \log P/Po \qquad dB$$

เมื่อ P คือ ค่าความดันเสียงที่วัดได้ และ Po คือ ค่าความดันเสียงที่อ้างอิง และ ลอการิทึม (log) เป็นฐาน 10 ดังนั้น ค่าของ Lp นี้จะมีหน่วยเป็น เดซิเบลอ้างอิงที่ 0.00002 Pa หรืออาจเขียนย่อว่า "dB re 0.00002 Pa" (ซึ่งต้องเขียนกำกับทุกครั้งที่กล่าวถึงระดับความดันเสียง)

ความเข้มและระดับความเข้มของเสียง (sound intensity and sound intensity level) คือพลังงานเสียงเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผ่านพื้นที่หนึ่งหน่วยตามทิศทางการกระจายตัวของเสียง ความเข้มของเสียง (I) นี้ อาจจะแสดงให้เห็นถึงการคำนวณที่มีความสัมพันธ์กับความดันเสียงได้จากสูตรดังนี้

$$I = P^2 / \rho C$$

เมื่อ P เป็นค่าความดันเสียง ρ เป็นค่าความหนาแน่นของสื่อ แล C เป็นความเร็วเสียงในสื่อนั้น ความเข้มของเสียงมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2) ได้มีการกำหนดความเข้มของเสียงอ้างอิง เพื่อที่จะวัดระดับความเข้มของเสียง ออกมาเป็นเดซิเบล (dB) ได้ ทั้งเพื่อป้องกันนความยุ่งยากในการจำของตัวเลขที่มีหน่วนเป็น W/m^2 เช่นเดียวกับตัวเลขอันมหาศาลของความดันเสียงใน หน่วย Pa ดังนั้น สูตรการหาระดับความเข้มของเสียง

$$L_i = 10 \log I/I_0 \text{ dB}$$

เมื่อ I เป็นค่าความเข้มเสียงที่วัดได้ และ I_0 คือค่าความเข้มของเสียงอ้างอิงซึ่งมีค่า 10^{-12} W/m^2 สำหรับในอากาศนั้น ความเข้มของเสียงอ้างอิงจะมีค่าใกล้เคียงกับความดันเสียงอ้างอิงมาก

เดซิเบล (decibel = dB) เป็นหน่วยที่ไม่มีขนาดสัมพันธ์กับลอการิทึม ของสัดส่วนของปริมาณที่วัดได้ต่อปริมาณอ้างอิงว่า dB นี้โดยปกติจะใช้อธิบายระดับความเข้มของเสียงระดับต่ำสุดที่หูมนุษย์จะได้ยิน แรงคลื่นไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า เป็นต้น และรวมทั้ง ระดับความดันเสียง ดังนั้น dB นี้จะไม่มีความหมายเลยถ้าหากไม่มีการระบุถึงปริมาณที่อ้างอิงไว้ด้วย เดซิเบลถูกกำหนดขึ้นก็เพื่อลดปัญหาเรื่องตัวเลขจำนวนมหาศาลของช่วงความดันเสียง และให้มีสเกลที่เหมาะสมในการวัดระดับความดันได้อย่างถูกต้อง จึงได้มีการเลือกใช้ลอกาลิทมิก ซึ่งมีหน่วยเป็นเดซิเบล โดยนิยาม

2.2.2 หู กับ การได้ยิน

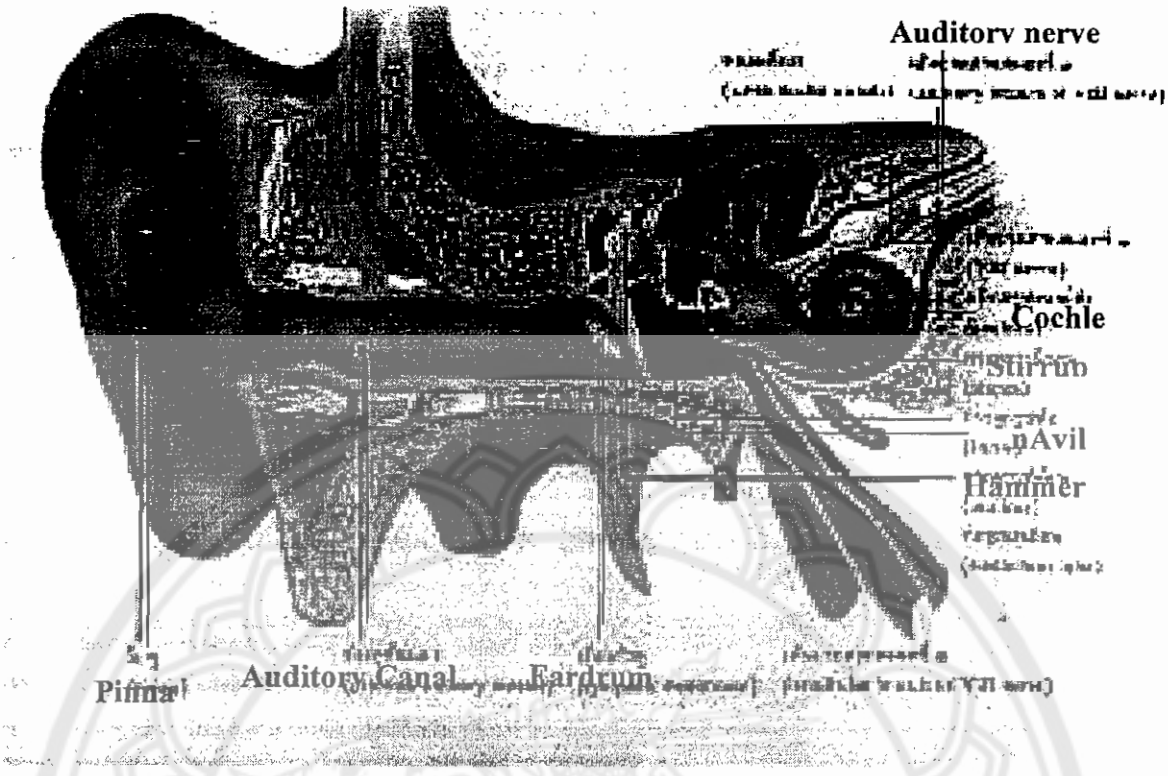
หู(Ears) คืออวัยวะรับเสียงของมนุษย์ ซึ่งเป็นระบบเปิดที่สามารถรับรู้โดยการได้ยินเสียงจากการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศ มีช่วงความถี่ที่ได้ยินประมาณ 20 – 20,000 Hz และระดับความดันเสียง(Sound Pressure Level 'SPL in dB) ประมาณ 0 – 130 dB พยาธิสภาพของหูประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หูชั้นนอก หูชั้นกลาง และ หูชั้นใน (รูปที่ 1.1)

หูชั้นนอก(Outer ear) ประกอบด้วยใบหู (Pinna หรือ Auricle) เป็นส่วนที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจากภายนอก ต่อกับอวัยวะลักษณะเป็นท่อมีความยาวประมาณ 27 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-7 มิลลิเมตร ซึ่งมีการสั่นพ้องพื้นฐานโดยประมาณที่ 2,700 และ 3,500 Hz ปลายท่อด้านในจะต่อกับเยื่อแก้วหู (Ear drum or Tympanic membrane) ซึ่งเป็นแผ่นบางๆทีมีการเคลื่อนที่เมื่อมีเสียงมากระทบ เริ่มต้นที่ใบหูผ่านรูหูแล้วสิ้นสุดที่แก้วหู ทั้งนี้เคลื่อนเสียงจะถูกรวบรวมโดยใบหูเพื่อส่งผ่นรูหูซึ่งมีความยาวประมาณ 2.5-3.0 เซนติเมตร คลื่นเสียงจะถูกอัดผ่านช่องแคบนี้ เพื่อส่งไปยังเย่อแก้วหูที่มีความเว้าขวางขึงอยู่ด้านใน เยื่อแก้วหูทำหน้าที่รับการสั่นสะเทือนของอากาศที่เกิดจากคลื่นเสียง เสียงสูงทำให้แก้วหูสั่นระรัวแต่เสียงต่ำทำให้เยื่อไหวตัวเพียงเล็กน้อย

หูชั้นกลาง(Middle ear) เป็นส่วนที่ต่อจากเยื่อแก้วหู ที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศที่มีปริมาตรประมาณ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วยกระดูกอ่อน 3 ชิ้น คือ กระดูกฆ้อน(Malleus)

กระดูกทั่ง(Incus) และกระดูกโกลน(Stapes) ซึ่งวางเรียงต่อจากเยื่อแก้วหู โดยส่วนประกอบของกระดูกฆ้อน จะแตะกับเยื่อแก้วหูและกระดูกโกลนจะวางจะวางตัวแตะกับช่องหน้าต่างรูปไข่ ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อของหูส่วนใน กระดูกแต่ละชิ้นมีขนาดไล่เลี่ยกับเมล็ดข้าว เป็นระบบอวัยวะที่ทำหน้าที่ส่งผ่านความเปลี่ยนแปลงของความสั่นสะเทือนของอากาศที่ส่งผ่านมาจากการสั่นขอเยื่อแก้วหู พร้อมทั้งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้หูได้รับอันตรายจากการได้ยินเสียงดัง หรือการเปลี่ยนแปลงความดันบรรยากาศมากๆด้วย โดยจะมีกล้ามเนื้อ 2 ชิ้น ที่ทำหน้าที่พยุงกระดูกอ่อนไว้ คือ Tensor tympani muscular และ Stapedius muscular ด้านล่างสุดของหูชั้นกลางจะติดต่อกับด้านหลังของจมูก ด้วยท่อ Eustachian ทำหน้าที่ปรับความดันบรรยากาศภายในหูและภายนอกให้เท่ากัน

หูชั้นใน(Inner ear) เป็นหูส่วนที่มีความสลับซับซ้อน อยู่ติดกับกระดูกโกลนของหูชั้นกลางและอีกด้านหนึ่งติดกับ Oval window ซึ่งประกอบด้วย โพรงที่บรรจุด้วยของเหลวที่อยู่ในกระดูก Temporal ต่อกับปลายประสาทสมองส่วนรับรู้การได้ยินและการทรงตัว ปลายประสาทการได้ยินอยู่ภายในกระดูกรูปก้นหอย (Cochlea) ที่มีความยาวเมื่อยืดออกประมาณ 35 มิลลิเมตร มีเซลขน (Hair cells) หรือ Organ of Corti ที่ประกอบด้วย Basilar membrane ที่จะมีความอ่อนไหวหรือตอบสนองต่อความถี่ของเสียงที่ไม่เท่ากัน ความถี่สูงจะเกิดการสั่นของ Basilar membrane บริเวณที่ใกล้กับ Oval window ในขณะที่ความถี่ต่ำจะเกิดการสั่นของ Basilar membrane บริเวณปลายอีกข้างหนึ่ง ซึ่งการรับรู้เสียงหรือการได้ยินเสียงของมนุษย์ จะสอดคล้องกับการสั่นของเซลล์ขน



รูปที่ 2.1 ลักษณะทางกายภาพของหู

ประสาทรับเสียง (Auditory nerve) ระบบประสาทแยกเป็นสองส่วนคือเชื่อมหูทั้งสองกับสมองสองด้าน ระหว่างทางมีสถานีย่อยต่างๆ เพื่อจำแนกและกรองคลื่น เส้นประสาทนี้มีทั้งระบบส่งและรับ กล่าวคือรับสัญญาณไฟฟ้าไปยังสมอง ในขณะเดียวกันก็ส่งสัญญานกลับไปยังสถานีย่อยต่างๆ จนถึงหูชั้นในและหูชั้นกลาง ดังนั้นสมองจะถูกสั่งการให้กำจัดคลื่นซึ่งไม่สำคัญ ณ สถานีย่อยออก นอกจากนั้นหากเสียงดังเกินควรสมองจะสั่งการให้กล้ามเนื้อยึดฆ้อนและดึงโกลนไว้ ระบบส่งสัญญาณทั้งหมดมีจำนวนประมาณ 25,000 เส้น และจัดกลุ่มอยู่ตามความถี่ ส่วนจำนวนเส้นนั้นแสดงความดังของเสียงรับสัญญาณ ซึ่งแผ่นเยื่อบาง (Basilar membrane) ในคลอเคลียทำหน้าที่จำแนกคลื่นความถี่สูงและต่ำ และสัมพันธ์กับเส้นประสาทที่ต่อเนื่องกัน

สมอง ความจำและประสบการณ์ของสมองเริ่มสร้างสมตั้งแต่เกิด เมื่อสัญญาณไฟฟ้าเริ่มไปถึง สมองจะต้องจำแนกเสียงและสั่งการให้กำจัดเสียงที่ไม่สนใจออก พร้อมกับชี้ตำแหน่งของต้นกำเนิด แล้วสั่งการให้มีปฏิกิริยาตอบสนอง

2.2.3 กลไกการได้ยินเสียง

คนเราจะมีความรู้สึกได้ยิน เมื่อมีคลื่นการสั่นสะเทือนของโมเลกุลของตัวกลางในสิ่งแวดล้อมที่เราอยู่ (โดยปกติคือ อากาศ) เมื่อมีคลื่นเสียงเข้ามาทางหูด้านใดด้านหนึ่งเป็นอันดับแรก ใบหูด้านนั้นจะรวบรวมคลื่นเสียงให้ผ่านไปตามรูหูจนกระทั่งถึงเยื่อแก้วหู และจะทำให้เยื่อแก้วหูของหูข้างนั้นสั่นซึ่งต้องเกิดก่อนการสั่นของเยื่อแก้วหูของหูอีกด้านตรงข้ามที่เสียงจะมาถึงในภายหลัง จึงทำให้เราทราบได้ว่าเสียงนั้นมาจากทิศทางด้านใดปกติแล้วเยื่อแก้วหูจะสั่นด้วยความถี่และด้วยความแรงเท่ากับความถี่และความแรงของแหล่งกำเนิดเสียง คือ ถ้าเสียงสูงเยื่อแก้วหูก็จะสั่นสะเทือนมาก ถ้าเสียงต่ำก็จะสั่นน้อย แรงสั่นนี้จะถูกส่งต่อไปยังส่วนกลาง โดยเริ่มจากทำให้กระดูกรูปฆ้อนสั่นตามไปด้วย แล้วจะกระทบไปยังกระดูกรรูปทั่งและรูปโกลนต่อเนื่องกันไปจนกระทั่งถึงช่องหน้าต่างรูปไข่ ช่องหน้าต่างนี้จะมีการผลุบเข้าผลุบออกดันให้เกิดคลื่นในของเหลวเพอริลิมพ์ในกระดูกท่อครึ่งวงกลม แล้วส่งแรงดันไปทำให้ผนังท่อคลอเคลียเกิดการสั่น แล้วทำให้เซลล์ขนบนผนังท่อเกิดการเคลื่อนไหวไปมาและกระตุ้นให้เกิดกระแสประสาทที่เซลล์ขน แล้วผ่านไปตามแขนงประสาทคลอเคลียเข้าไปสู่เส้นประสาทหู วิ่งไปตามทางผ่านเฉพาะในก้านสมองลงไปสู่สมองส่วนเซเรเบลัมในส่วนออดิทอรีคอร์เท็กซ์ เพื่อการรับรู้และการแปลความหมายของเสียง แล้วสมองจะทำหน้าที่ตัดสินใจที่จะตอบสนองต่อเวียงนั้นต่อไป

2.2.4 ผลกระทบและอันตรายจากเสียงดัง

2.2.4.1 ผลกระทบทางด้านสรีรวิทยาของร่างกาย

ก. อาการที่เกิดกับหูโดยตรง

-ทำให้เยื่อแก้วหูขาดได้ ถ้าได้ยินเสียงที่ดังมากเกินไป

-เกิดอาการหูตึง หรือหูหนวก

-ปวดหู หูอื้อ หือมีเสียงดังหวีดหวิวในหูเมื่ออยู่ในที่เงียบ

ข. อาการที่เกิดขึ้นกับส่วนอื่นๆนอกจากหู

- อาการตกใจเมื่อได้ยินเสียงดังมากๆ โดยไม่ได้คาดคิดที่เราเรียกว่าอาการตกตลึง (Startle response) จะทำให้รูม่านตาหดหรี่เล็กลง และเส้นเลือดฝอยหดตัวเล็กลงแล้วทำให้ค่าความดันโลหิตสูงขึ้นอย่างฉับพลัน

- อัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้นทำให้การทำงานของหัวใจหนักขึ้น

- ประสิทธิภาพการย่อยและการดูดซึมอาหารลดลง

- ทำให้ลูกนัยน์ตาและอวัยวะอื่นๆในร่างกายสั่นแบบกำทอนกับเสียงที่มีความถี่ต่ำ แต่มีความเข้มสูง เช่น เสียงเบสทุ้มต่ำ หรือเสียงขับวูฟเฟอร์จากเครื่องเสียง

- ถ้าเสียงดังถึง 130 เดซิเบล-เอ จะทำให้เกิดอาการมึนงง เวียนศีรษะ เคลื่อนไส้และอาเจียน

- ผลกระทบต่อความรู้สึกของการสมดุลทรงตัวเกิดการเสียการทรงตัวได้ง่าย

- เสี่ยงต่อการเป็นโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษ

- ได้รับเสียงตั้งแต่ 80 เดซิเบล-เอ ขึ้นไป มีผลต่อการบีบตัวของกระเพาะอาหาร

- ได้รับเสียงตั้งแต่ 85 เดซิเบล-เอ ขึ้นไป โรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 2 เท่า โรคกระเพาะอาหารเพิ่มขึ้น 4 เท่า

2.2.4.2 ผลเสียต่อการปฏิบัติงาน

เสียงเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก เสียงถูกใช้เป็นสื่อในการสนทนา ใช้ในการทำงาน และถูกนำมาใช้ให้เกิดความสุขแก่มนุษย์ แม้ว่าเสียงจะมีประโยชน์ต่อมนุษย์มากมายแต่เสียงก็มีโทษอย่างมหันต์เช่นกัน กล่าวคือ เป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบันว่าเสียงก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบการได้ยินของมนุษย์และทำให้อวัยวะในร่างกายของมนุษย์ทำงานผิดปกติ รวมทั้งอาจเป็นอันตรายต่อความปลอดภัยในการทำงานของมนุษย์ได้

ผลของเสียงที่เกี่ยวกับทักษะหรือความสามารถในการปฏิบัติงาน ยังไม่มีข้อสรุปที่แน่ชัด แต่สามารถแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

2.2.4.2.1 เสียงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

เสียงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน โดยเฉพาะการทำงานที่ซ้ำซากที่น่าเบื่อ จำเจ หรือแม้กระทั่งการทำงานที่ติดต่อกันโดยไม่มีการพักระหว่างการทำงานอย่างเพียงพอ เช่น การทำงานในแผนกประกอบชิ้นส่วนของเครื่องรับวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น มีโอกาสที่จะทำให้การทำงานของผู้ปฏิบัติงานลดลงตามเวลาที่ผ่านไป

ตามที่ทราบกันแล้วว่ามนุษย์สามารถได้ยิน และเข้าใจความหมายของเสียงต่างๆได้ เพราะเสียงเดินทางไปถึงหูชั้นในและถูกส่งต่อไปยังสมองด้วยเส้นประสาทเพื่อแปลผลในเสียงที่ได้ยินและตอบสนองต่อเสียงนั้นตามความเหมาะสม ด้วยเหตุนี้เสียงเพลงที่เปิดระหว่างการทำงานที่ซ้ำซากจำเจ จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานตื่นตัวอยู่เสมอ เสียงที่มีจังหวะหนักแน่นและมีระดับเสียงที่ดังบ้างเบาบ้างสลับกันไป จะมีคุณสมบัติที่เหมาสมที่จะนำมาใช้เปิดมาก อย่างไรก็ตามในกรณีที่เป็นงานต้องใช้สมองและสมาธินั้น การใช้เสียงเพลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพนั้นยังเป็นที่ถกเถียงในผลที่เกิดขึ้น

ข้อแนะนำในการเปิดเพลงขณะทำงาน

-ควรใช้เสียงเพลงกับงานที่น่าเบื่อ ซ้ำซาก จำเจ เท่านั้น เพราะเสียงเพลงจะช่วยให้บรรยากาศในการทำงานดีขึ้น และเป็นการกระตุ้นให้ผู้ปฏิบัติงานมีความตื่นตัวอยู่เสมอ สำหรับงานที่ต้องใช้สมองหรือสมาธิหรือในสถานที่ทำงานที่เสียงดังมากจะไม่ได้ผลตามที่ต้องการ

--ควรเปิดเพลงให้ดังกว่าระดับเสียงปกติที่เป็นอยู่ เพียงเล็กน้อยและไม่ควรใช้เพลงเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานในสถานที่ทำงานที่มีระดับเสียงปกติที่เป็นอยู่สูงกกว่า 70 เดซิเบล-เอ

2.2.4.2.2 เสียงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง

จากการศึกษาพบว่า เสียงจะมีผลทำให้การปฏิบัติงานมีความผิดพลาดเกิดขึ้นหรือมีประสิทธิภาพลดลงได้โดยเฉพาะงานที่ต้องใช้ความคิดหรือสมาธิ งานที่ยุ่งยากซับซ้อน งานที่มีรายละเอียดมาก งานที่ต้องมีการรับส่งข่าวสาร ประสิทธิภาพของการทำงานที่ลดลงนี้พบได้จากการทำงานที่มีคุณภาพต่ำหรือพบว่าบางงานคุณภาพงานคงเดิมแต่คุณภาพชิ้นงานต่ำลง

ลักษณะของเสียงที่พบว่ามีผลต่อการลดประสิทธิภาพในการทำงาน

-เสียงที่มีความแตกต่างในเรื่องของระดับความดังหรือเนื้อหา

-เสียงดังๆหยุดๆเป็นช่วงๆ

-เสียงที่มีความถี่สูงกว่า 2,000Hz

-เสียงที่ดังมากซ้ำๆกัน

-เสียงที่มีลักษณะต่างๆข้างต้นมาผสมผสานกัน

2.2.4.3 ก่อให้เกิดการสูญเสียการได้ยิน อันเนื่องมาจากการสัมผัสกับเสียงดังมากเป็นเวลายาวนาน

2.2.4.3.1 การสูญเสียการได้ยินแบบชั่วคราว(Temporary hearing loss or temporary threshold shift ; TTS) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เซลล์ประสาทหรือเซลล์ขนในหูชั้นในถูกทำลายไปชั่วขณะหนึ่ง มักเกิดจากการได้ยินเสียงดังที่มีความถี่สูงมากต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น (ประมาณ 3-8 ชั่วโมง) ทำให้เกิดอาการหูหนวกแบบชั่งคราว ซึ่งเมื่อเราได้พ้นออกมาจากบริเวณที่มีเสียงดังกล่าวแล้ว ความสามารถในการได้ยินก็จะกลับคืนสู่ภาวะปกติเช่นเดิม แต่ก็ต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการฟื้นตัวของเซลล์ขน ซึ่งอาจจะนานเป็นชั่วโมงหรือนานกว่านั้น แต่ไม่เกิน 10 วัน

2.2.4.3.2 การได้ยินการสูญเสียแบบถาวร (Permanent hearing loss or permanent threshold shift ; PTS) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เซลล์ประสาทหรือเซลล์ขนในหูชั้นในถูกทำลาย และไม่สามารถฟื้นคืนสภาพได้ดังเดิม ทำให้เกิดอาการหูหนวกแบบถาวรและรักษาให้หายขาดได้โดยวิธีทางการแพทย์ได้ยากมาก อาการ PTS อาจจะมีสาเหตุนอกเหนือไปจากการได้สัมผัสกับเสียงดังเป็นเวลานานๆ มากๆ ในแต่ละวันก็มีสาเหตุมาจากวัยอายุที่สูงขึ้น จากโรคติดเชื้อในช่องหู และสาเหตุอื่นๆ

2.2.4.4 ผลเสียต่ออารมณ์

เมื่อเราฟังเสียงที่ไม่พึงประสงค์แม้ว่าการฟังนั้นจะนานหรือไม่ ก็สามารถทำให้เกิดความรำคาญและหงุดหงิดใจได้เหมือนกันทั้งนั้น ยิ่งเป็นเวลาที่เราต้องการความเงียบหรือต้องการสมาธิในการทำงานหรือทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ก็อาจทำให้งานหรือกิจกรรมที่ทำนั้น ไม่เป็นไปตามที่ต้อการหรือล้มเหลวได้

เสสียง เป็นด้วการอย่างหนึ่งที่ทำให้มนุษย์เรา มีอารมณ์ที่บูดบึ้งอยู่ตลอด แม้ว่าบางครั้งเราอาจจะไม่ได้ยินเสียงอยู่ก็ตาม แต่อารมณ์ที่เกิดขึ้นก็ยังค้างหรือติดอยู่ ซึ่งอาจทำให้เรากลายเป็นคนที่หงุดหงิดอารมณ์ฉุนง่าย ส่งผลเสียต่อสุขภาพทางกายและทางจิตได้และยังส่งผลต่อคนรอบข้างด้วย

2.2.4.5ผลเสียต่อเศรษฐกิจ

เสียงรบกวนที่มีผลเช่น เสียงรบกวนเวลาทำงานหรือเสียงจากการจราจรที่หนาแน่น ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากผลกระทบของเสียงที่มีต่ออารมณ์ เมื่ออารมณ์หงุดหงิด หรือจิตใจผิดปกติอันเนื่องมาจากเสียงที่ดังหรือน่ารำคาญ เมื่อมีเสียงที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น ก็ส่งผลต่อการทำงานได้ ซึ่งอาจทำให้เราทำงานได้ไม่เต็มที่หรือทำงานได้ไม่ถูกต้องสมบูรณ์ตามที่คาดการณ์ไว้บางครั้งอาจถึงกับทำงานไม่ได้เลยหรือทำงานได้น้อยลง ซึ่งก็ส่งผลต่อเศรษฐกิจได้เหมือนกัน

ในปัจจุบันไม่มีใครปฏิเสธได้ว่า ชีวิตประจำวันของเราต้อเจอกับมลพิษทางเสียงอยู่ตลอดเวลา ยิ่งถ้าทำงานอยู่ในเมืองใหญ่ บางสถานที่อาจต้องเจอกับเสียงที่ดังและน่ารำคาญใจเป็นเวลานานๆ ซึ่งก็ต้องมีผลกระทบต่อการทำงานทำให้ความสามารถในการทำงานลดลงได้

2.3 Noise Descriptor

การศึกษาในเรื่องของเสียง ไม่ว่าจะเพื่อวัตถุประสงค์ เช่นการประเมิน การควบคุม และการตรวจวัดระดับเสียงเป็นต้น พารามิเตอร์ที่จะใช้ในการแสดงค่าระดับเสียงบ่งถึงสถานการณ์เสียง ที่ถูกต้องตรงกับวัตถุประสงค์นั้นๆมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นจะต้องมีการศึกษารายละเอียด วิธีการเก็บข้อมูล การตรวจวัด การคำนวณและการประเมินที่เป็นวิธีการเฉพาะของแต่ละพารามิเตอร์และสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

เสียงเมื่อเดินทางผ่านอากาศ มาที่อวัยวะรับการได้ยินของมนุษย์ คือ หู ซึ่งเป็นระบบเปิดและมีความไวต่อความดันอากาศมาก มนุษย์จะรู้สึกได้ยินก็ต่อเมื่อมีการนำสัญญาณเสียงนั้นผ่านระบบการได้ยินในหูชั้นต่างๆ แปลงเป็นสัญญาณประสาทโดยอวัยวะที่เรียกว่า เซลขน สัญญาณประสาทส่งไปแปลผลที่สมอง มนุษย์จึงรับรู้ได้ว่าเสียงที่ได้ยินนั้นเป็นอย่างไร เพื่อจะอธิบายเสียงที่ได้ยินในเชิงสมการคณิตศาสตร์ สามารถทำได้ในสองลักษณะคือ ฟังก์ชันของเวลา (time domain) กับฟังก์ชันของความถี่ (frequency domain)

ฟังก์ชันของเวลา สามารถอธิบายเสียงในลักษณะระดับความดังของเสียง ในช่วงระยะเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น แต่ไม่มีคำอธิบายใดๆ ในเชิงความถี่ของเสียงนั้นมีความถี่ต่ำหรือสูง ในขณะที่ฟังก์ชันของความถี่สามารถอธิบายลักษณะเรียกว่า มีความถี่เป็นอย่างไร สูงหรือต่ำ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเข้าใจถึงธรรมชาติของเสียงนั้นๆ ผลการรบกวนของเสียงต่อมนุษย์นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับความดังแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียงด้วย การอธิบายจะต้องทำการวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณเสียง มีหลายวิธี ที่นิยมได้แก่ การวิเคราะห์ความถี่แบบออกเทฟ (octave band analysis) และ Fast Fourier Transform (FFT) ซึ่งจะให้ข้อมูลประกอบแต่ของความถี่ของระดับเสียงที่เราสนใจ และสามารถหาแหล่งกำเนิดที่แท้จริงของเสียง ตลอดวิธีการลดระดับเสียงนั้นได้

ดังนั้น ถ้านำฟังก์ชันทั้งสองมาอธิบายลักษณะของเสียงในเวลาเดียวกัน ทำให้ทราบข้อมูลทั้งด้านระดับความดันเสียงที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาและองค์ประกอบความถี่เด่นต่างๆของเสียงนั้นๆ พร้อมกัน ทำให้สามารถเข้าใจถึงลักษณะธรรมชาติของเสียงนั้นได้อย่างแท้จริง กล่าวคือ สามารถหาแหล่งกำเนิดที่แท้จริงของเสียงนั้นจากองค์ประกอบความถี่เด่น สามารถทำนายค่าระดับเสียง และสามารถนำเสนอแนวทางในการลดระดับเสียงนั้นได้อย่างมีประสิทธิผล ยกตัวอย่างเช่น เสียงจากมอเตอร์ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเสียงอุตสาหกรรมและเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่ในเครื่องใช้และอุปกรณ์โดยทั่วไป มีองค์ประกอบความถี่เด่นชัดเจนจนเป็นลักษณะเสียง Pure tone หรือการวัดระดับเสียงในโรงงานอุตสาหกรรมเมื่อทำการตรวจวัดในฟังก์ชันของเวลาและความถี่ จะพบข้อมูลแสดงให้เห็นถึง ระดับเสียงที่มีความถี่เด่น หรือ Peak frequency ของเสียงในโรงงานนั้น ทำให้เราพบต้นเหตุที่แท้จริงของปัญหานั้น (source indentification)

เมื่อเปรียบเทียบเสียงที่มีองค์ประกอบความถี่ค่อนข้างสูงกับเสียงที่มีความถี่ค่อนไปทางต่ำ โดยที่มีระดับความดันเสียงเท่ากัน เสียงที่มีองค์ประกอบความถี่สูง จะเป็นเสียงที่ทำให้คนรู้สึกรำคาญมากกว่าเสียงที่มีองค์ประกอบความถี่ต่ำ ซึ่งเป็นเสียงความถี่ต่ำจะทำให้เรารู้สึกเหนื่อยแทนที่จะรู้สึกรำคาญ ข้อสังเกตนี้มาจากผลการศึกษาของนักวิจัยในต่างประเทศหลายท่าน ที่รู้จักกันคือ Equal Loundness Contour โดย Kryter และ Pearson ทำการศึกษาต่อระดับเสียงที่คล้ายคลึงกับการได้ยินของมนุษย์มากที่สุดในระดับความดังที่ได้ยินและความถี่ต่างๆ นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงให้เห็นว่าเสียงที่มนุษย์ได้ยินที่ระดับเสียงและความถี่ต่างๆ มีลักษณะไม่สม่ำเสมอ

เรานำสมการคณิตศาสตร์มาอธิบายการเปลี่ยนฟังก์ชันของเวลากับฟังก์ชันของความถี่ของข้อมูลเสียงซึ่งการเปลี่ยนฟังก์ชันของเวลาให้เป็นฟังก์ชันของความถี่ ทำได้โดยใช้สมการที่เรียกว่า Founer Transform ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนฟังก์ชันของความถี่ให้เป็นฟังก์ชันของเวลา ทำได้โดยใช้สมการที่เรียกว่า Inverse Fourier Transform แต่การวิเคราะห์ความถี่โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความถี่ (frequency analyzer) ในปัจจุบันสามารถวิเคราะห์ให้ได้ทั้งสองฟังก์ชันพร้อมๆกัน

ในทางการศึกษาเรื่องเสียง นักวิจัยพยายามค้นหาวิธีการ หรือพารามิเตอร์เป็นตัวแทนที่จะสามารถอธิบายลักษณะของปัญหามลพิษทางเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ในสังคมมนุษย์ในพื้นที่ต่างๆ ของโลกเห็นได้ว่าปัญหาที่มีขอบเขตอยู่ภายในท้องถิ่น เท่านั้น และปัจจัยสภาพแวดล้อมในทางกายภาพหรือทางฟิสิกส์ค่อนข้างแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปัจจัยสภาพแวดล้อมในเชิงผลกระทบของเสียงด้านความรู้สึก (subjective) มีความผันแปรอย่างมาก และมีลักษณะค่อนข้างเฉพาะตัวขึ้นกับสังคมวัฒนธรรมของแต่ละท้องถิ่น ค่าพารามิเตอร์ที่มีการคิดค้นขึ้นมาเพื่ออธิบายธรรมชาติของเหตุการณ์ปัญหานั้นถูกเรียกรวมๆ ว่า Sound Descriptor เมื่อมีการนำค่าพารามิเตอร์นั้นมาใช้ก็มีผู้พบความจริงว่า ผลอธิบายของพารามิเตอร์นั้นๆ ไม่ถูกต้องเสมอไปในทุกกรณี ทำให้นักวิจัยบางท่านได้คิดค้นหาวิธีการตรวจวัดและพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายเหตุการณ์ของปัญหามลพิษทางเสียงให้ใกล้เคียงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดของท้องถิ่นของตนเอง และพยายามบอกกล่าวว่า Descriptor ของตนนั้นมีความถูกต้องแม่นยำมากในการอธิบายธรรมชาติของเสียงในสถานการณ์ดังสมมติฐานของตน

การอธิบายสัญญาณเสียงในฟังก์ชันของเวลาและความถี่ สามารถใช้พารามิเตอร์และการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นกลุ่มได้ดังแผนภาพ

2.3.1 ฟังก์ชันของเวลา (Time domain)

- ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรวมในหน่วยเวลาไม่คิดตามความถี่(Average integration value without frequency appraisal) ได้แก่ L_p, L_A, L_{eq}

- ค่าระดับเสียงขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous value) ได้แก่ L_p, L_A, Lmax Lmin

- ค่าระดับเสียงไม่คงที่ (Fluctuation with time) ได้แก่ Beat sound, Envelop curve

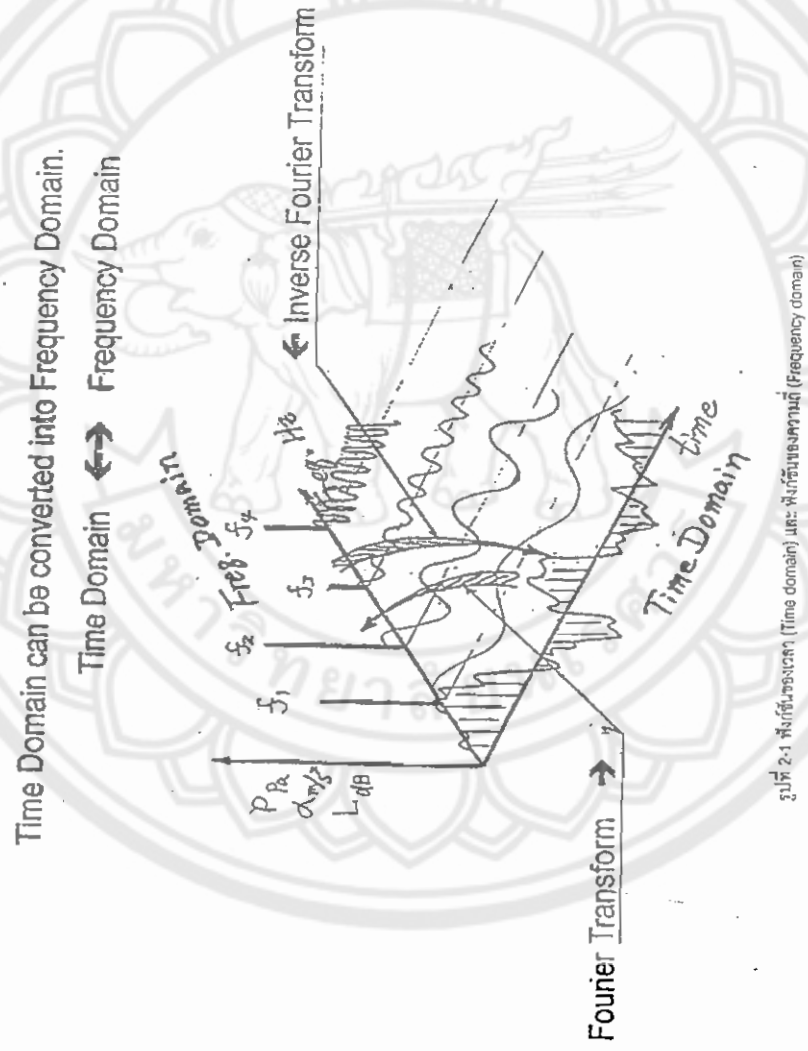
2.3.2 ฟังก์ชันของความถี่ (Frequency domain)

- ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรวมคิดตามความถี่ (Average integration value with frequency appraisal) ได้แก่ Loudness, Noisiness, Noise Criterion (NC)

- ค่าระดับเสียงเฉลี่ยรวมแบบสเปกตรัม (Average integration spectrum)

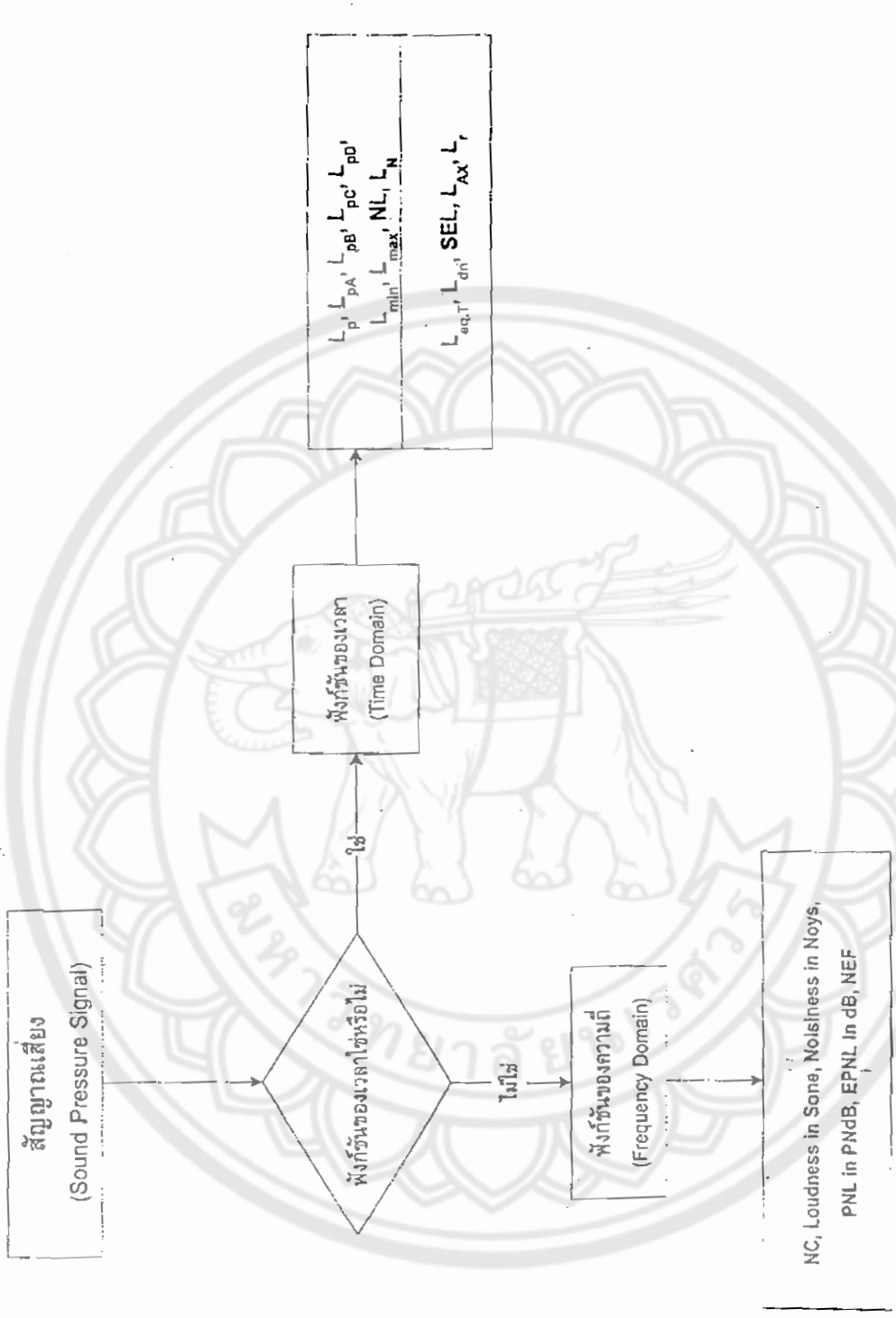
- ค่าระดับเสียงขณะใดขณะหนึ่งแบบสเปกตรัม (Instantaneous spectrum)

- ค่าระดับเสียงไม่คงที่แบบสเปกตรัมในเทอมของเวลา (Fluctuation with time) ได้แก่ Envelop spectrum pattern



รูปที่ 2-1 ฟังก์ชันของเวลา (Time domain) และ ฟังก์ชันของความถี่ (Frequency domain)

รูปที่ 2.2 ฟังก์ชันของเวลา (Time domain)และฟังก์ชันของความถี่(Ferquency domain)



รูปที่ 2-2 โครงสร้าง Noise Descriptor

รูปที่ 2.3 โครงสร้าง Noise descriptor

2.3.3 ดุ่มฟังก์ชันของเวลา

2.3.3.1 เดซิเบล (Decibel, dB)

คือ หน่วยวัดในสเกลของลอการิทึม ของระดับความเข้มของเสียงใด (sound intensity) ต่อระดับความเข้มของเสียงมาตรฐานหรือระดับขีดเริ่มการใช้งาน (the threshold of hearing)

$$L = 10\log_{10}(\frac{P}{P_{ref}})^2 = 20\log_{10}(\frac{P}{P_{ref}}) \quad \text{dB}$$

โดยที่ P_{ref} = 20 μPa

2.3.3.2 ระดับเสียง (Sound Level or Noise Level in dB)

คือระดับเสียงซึ่งมักใช้แทนคำว่าระดับความดันเสียง (Sound Pressure Level, SPL in dB)

2.3.3.3 ระดับความดันเสียงสูงสุด(Maximum Sound Pressure Level, L_{max} in dB)

คือค่าที่สุดของระดับความดันเสียงที่ซึ่งปรากฏในช่วงเวลาที่กำหนด เป็นค่าที่ใช้ในขั้นตอนการประเมินผล

2.3.3.4 ระดับเสียง (Noise Level, NL)

คือ ค่าพารามิเตอร์ที่สหรัฐอเมริกาใช้ในการบอกค่า SPL ที่อ่านได้จากมาตรระดับเสียงในแบบถ่วงน้ำหนักแบบA และใช้ Time response "slow"

2.3.3.5 ระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (Equivalent sound Pressure Level, $L_{eq,24hr}$ in db)

คือ ค่าระดับเสียงในอุดมคติที่บอกการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาซึ่งเราเรียกกันว่า ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง โดยมีการคำนวณได้ดังสมการ

$$L_{Aeq.T} = 10\log_{10}\left[\frac{1}{t_1 - t_2}\int_{t_1}^{t_2}(\frac{P_t}{p_0})^2\,dt\right] \quad \text{dB(A)}$$

หรือ

$$L_{Aeq.T} = 10\log_{10}\left[\frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n}10^{L_i/10}\right)\right] \quad \text{dB(A)}$$

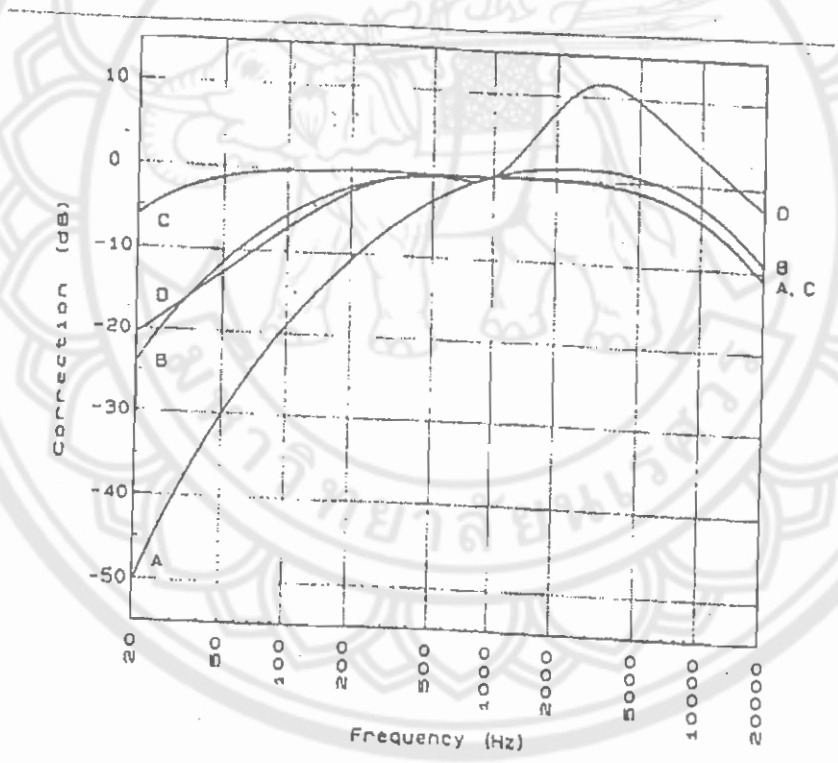
- การค่า $L_{Aeq.T}$ นั้น ถ้าใช้ frequency weighting แบบใดหน่วยที่ใช้เปลี่ยนเป็นแบบนั้นเช่น $L_{Aeq.T}$ หน่วยเป็น dB (A) $L_{Beq.T}$ หน่วยเป็น dB(B) และ L_{Ceq-T} หน่วยเป็น dB(C)

- ในกรณีที่ทราบระดับเสียงเป็นช่วงเวลาหนึ่งๆ (t) แล้ว ต้องการหาค่าระดับเสียงนั้นในอีกช่วงเวลาหนึ่งๆ (T) โดยที่ $T \geq t$ ให้ใช้สมการดังนี้ในการคำนวณได้

$$L_{eq,T} = L_p + 10 log \frac{t}{T}$$

2.3.4 ระดับความดันเสียงแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted sound pressure level)

คือ ระดับความดันเสียงที่ได้จากการวัดที่มีการถ่วงน้ำหนักความถี่ด้วยวัตถุประสงค์ตามจุดกันในแต่ละช่วงความถี่ เช่น การถ่วงน้ำหนักแบบ A จะให้ผลคล้ายกับได้ยินของเซลขนในหูของมนุษย์มากที่สุดแบบ C จะเหมาะสมกับการศึกษาเสียงความถี่ต่ำเป็นต้น



รูปที่ 2.4 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่แบบต่างๆ

2.3.4:1 ระดับความดันเสียงถ่วงน้ำหนักแบบ A หรือ dB(A) หรือ L_A dBA

คือความสัมพันธ์ของถ่วงน้ำหนักแบบนี้เป็นการประมาณค่าที่ตรวจวัดในมาตรระดับเสียงโดยใช้วงจรถ่วงน้ำหนักแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่ง

2.3.4.2 ระดับความดันเสียงถ่วงน้ำหนักแบบ B หรือ dB(B) หรือ L_B dBB

คือ คล้ายกับ A แต่ค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกับการตอบสนองของมนุษย์ต่อความดัง (loudness) เท่าใดนัก ในทางปฏิบัติไม่ค่อยนำมาใช้เพราะไม่มีประโยชน์เกินกว่าการใช้แบบ A

2.3.4.3 ระดับความดันเสียงถ่วงน้ำหนักแบบ C หรือ dB (C) หรือ L_c dBC

คือ คล้ายกับทั้งแบบ A และ B เว้นแต่ค่าการตอบสนองของมนุษย์ต่อความดังที่ระดับ 30 dB สูงกว่าแบบ B มักใช้การอธิบายเสียง Sonic boom overpressure

2.3.4.4 ระดับความดันเสียงถ่วงน้ำหนักแบบ D หรือ dB(D) หรือ L_D DBD

คือระดับความดันเสียงที่ใช้ในการอธิบายระดับเสียงคงที่ในระยะเวลา 1 วินาทีโดยรวมพลังงานเสียงทั้งหมดในช่วงเวลาที่ตรวจวัดช่วงสั้นๆ ของเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง (สมการ)

$$SEL = 10 \log \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \quad \text{dB}$$

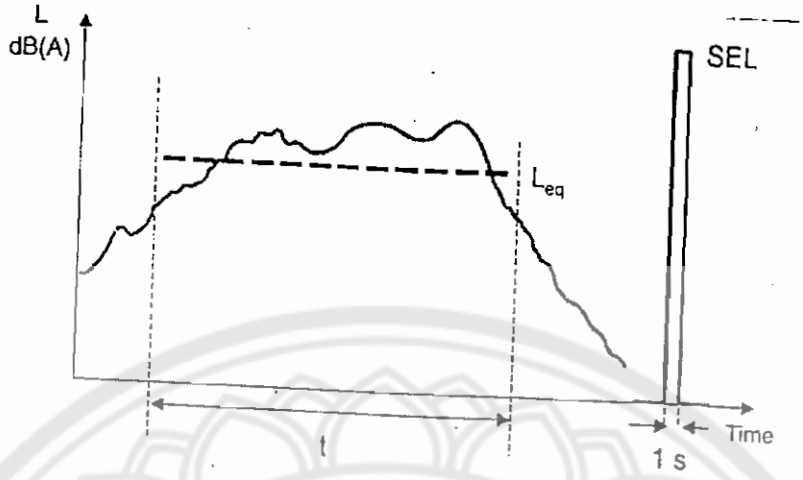
โดย p(t) คือ ความดันเสียงที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา T นิยมใช้ถ่วงน้ำหนักแบบ A สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า SEL กับ L_{eq} ได้ ดังสมการ

$$L_{eq.T} = SEL - 10 \log T \quad \text{dB}$$

โดยที่ T คือ เวลาในหน่วยวินาทีในช่วงที่ตรวจวัด L_{eq}

ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่ตรวจวัดSEL หลายครั้งซ้ำๆ กันจะมีวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่าง SEL กับ L_{eq}

$$L_{eq.T} = SEL - 10 \log T + 10 \log N \quad \text{dB}$$



รูปที่2. 5 Sound Exposure Level, SEL in dB

2.3.4.5 Single Event Noise Exposure Level, L_{AX}

คือค่า SEL ถ่วงน้ำหนักแบบ A มีการรวมกันของระดับเสียงในช่วงเวลาของเหตุการณ์ใดๆ ที่มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดในช่วง 10 dB

2.3.4.6 Statistical Level, L_N in dB

คือ ค่าระดับความดันเสียงที่ใน N% ของระยะเวลาการตรวจวัด จะมีค่าระดับเสียงสูงกว่าค่านี้

- L_{90} คือ ค่าระดับเสียงของบริเวณนั้นที่ร้อยละ 90 ของเวลาที่ทำการตรวจวัดทั้งหมดมีค่าเกินกว่าค่า L_{90} หรือเรียกว่า "เสียงพื้นฐาน" ในมาตรฐานเสียงรบกวนของไทย
- L_5 คือ ค่าระดับเสียงของบริเวณนั้นที่ร้อยละ 5 ของเวลาที่ทำการตรวจวัดทั้งหมดมีค่าเกินกว่าค่า L_5 หรือค่าระดับเสียงที่สูงมากในบริเวณนี้มีการประมาณค่า L_{eq} จากค่า L_5 ได้คือ L_{eq} มีค่าประมาณ L_5 -5 dB

ในประเทศอังกฤษ L_{10}ถ่วงน้ำหนักแบบ A เคยใช้ในการตรวจวัดและประเมินระดับเสียงจากการจราจรกรณีที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นโดยใช้ค่าประมาณ(สมการที่ 9)

$$L_{10} - L_{eq} + 3 \text{ dB}$$

2.3.4.7 ตัวอย่างวิธีการคำนวณ L_N

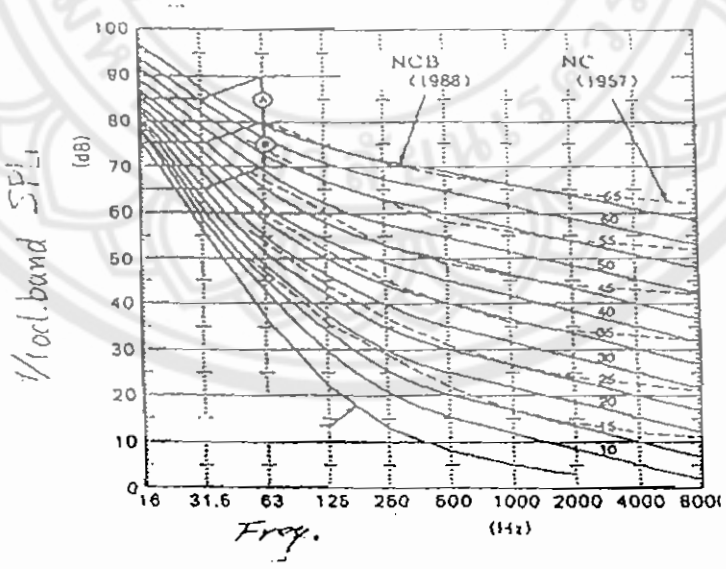
- ตรวจวัดระดับเสียงแบบฟังก์ชันของเวลาเป็นระยะเวลาหนึ่งใดๆ ระยะเวลาหนึ่ง
- อ่านค่าระดับเสียงจากการแบ่งกราฟเป็นช่วงเวลาสั้น
- นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟความถี่สะสมเพื่อดูการกระจายของข้อมูลทั้งหมดในช่วงเวลาที่ตรวจวัดซึ่งสมมติให้เท่ากับ 100%
- สร้างกราฟการกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลความถี่สะสม อ่านค่าระดับเสียงเชิงสถิติได้จากกราฟ หรือถ้าพิจารณาในกราฟที่ฟังก์ชันของเวลาก็จะเป็นอย่างในรูปสุดท้ายของวิธีการคำนวณ

ปัจจุบันมาตรระดับเสียงส่วนใหญ่ที่ขายในท้องตลาดที่เป็นไปตามมาตรฐาน IEC 60804 จะสามารถอ่านค่านี้ได้จากเครื่องมือเลย

2.3.5 กลุ่มฟังก์ชันของความถี่

Noise Criterion, NC

เป็นเกณฑ์กำหนดเสียงรบกวนที่พัฒนามาจากประเทศสหรัฐอเมริกานำมาใช้ในการควบคุมเสียงในอาคารที่ใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ การคำนวณมีพื้นฐานอยู่บนการวิเคราะห์ ความถี่ของเสียงและอ้างถึงกราฟชุดหนึ่ง (รูปที่ 6) เกณฑ์กำหนดเสียงรบกวนที่ได้จากการวาดกราฟของระดับเสียงในแต่ละแถบความถี่ลงบนกราฟอ้างอิงนั้น และประเมินเส้นกราฟ NC หรือ NCB ที่ต่ำที่สุดที่เกินกว่าค่าระดับเสียงของแต่ละแถบความถี่ที่วาดลงไป



รูปที่ 2.6 NC and NCB Curve

2.3.6 ความดัง (Loudness in Sone)

คือ ค่าที่ระบุถึงความดังของเสียงที่คำนวณจากความถี่แบบ 1/1 ออกเทฟ หรือ 1/3 ออกเทฟ โดยวาดระดับความดันเสียงที่ความถี่กลางของแต่ละแถบความถี่ที่ตรวจวัดได้ลงบนกราฟความดัง (ISO 532-1975, Mark VI by Stevens) และดัชนีความดัง (Loudness index, S_i)

โดยที่ S_m : ค่าสูงสุดของ Loudness index

S_i : ค่าดัชนีความดังที่อ่านค่าได้จากกราฟ (รูปที่ 8)

S_t : ค่าคำนวณได้

F : 0.15 สำหรับ 1/3 Octave band และ 0.3 สำหรับ 1/1 Octave band

หาค่าระดับความดัง L ดังสมการ

$$L = 40+10\log_2(S_t)$$

2.3.6.1 Noisiness, N, in noy

คือ ค่าที่อธิบายถึงความรำคาญของเสียงที่มนุษย์รู้สึกเมื่อได้ยินเสียงต่างๆ สามารถใช้เพื่อประเมินค่าความรำคาญโดยคำนวณจากระดับความดันเสียงที่ความถี่กลางและแต่ละแถบความถี่ที่ตรวจวัดได้ลงในกราฟ Equal Noisiness Contours ของ Kryter Pearsons

$$N_t = N_m + F(\sum_{i=1}^{n} N_i - N_m)$$

โดยที่ N_t : Noisiness in noys

N_t : Noisiness of whole frequency

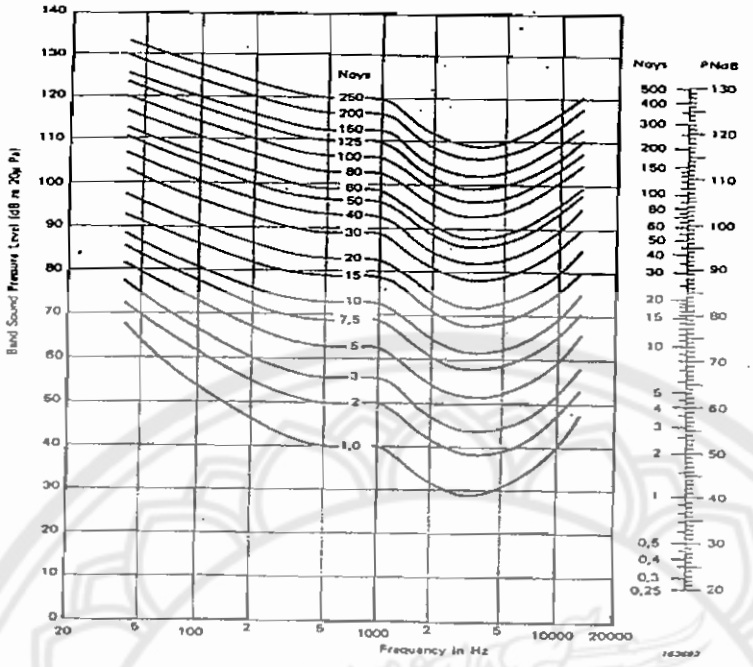
N_m : Maximum value of Noisiness

F : 0.3 สำหรับ 1/1 Octave band และ 0.15 สำหรับ 1/3 Octave band

2.3.6.2 Perceived Noise Level PNL or L_{PN} (in units of PNdB)

คือ ค่าระดับความดันเสียงที่แสดงถึงความรู้สึกรำคาญของมนุษย์เมื่อได้ยินเสียงที่ความถี่และระดับต่างๆ กันมีพื้นฐานจาก Noisiness ใช้เป็นค่าพื้นฐานในการประเมินเสียงจากเครื่องบินที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ที่ความถี่ต่างๆ

$$PNL = 40 + 33.3\log_{10}(N_t)$$



รูปที่2.7 Noisiness contour

2.3.6.3 Effective Perceived Noise Level, EPNL in dB

คือค่าที่ใช้อธิบายเสียงจากเครื่องบิน ซึ่งพัฒนามาจาก PNL ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่ได้รับเสียง และลักษณะเสียงที่เป็น Pure toneค่า EPNL นี้มีการคำนวณที่ซับซ้อนยุ่งยาก (รูปที่ 10) โดยมีลำดับดังนี้

- ตรวจวัดและบันทึกเสียงบันทึกสัญญาณเสียงของเสียงเครื่องบิน ขณะที่วิ่งขึ้นและลงที่ทางวิ่ง และนำสัญญาณเสียงที่บันทึกไว้ขณะเครื่องบินบินขึ้น – ลง แต่ละลำ มาเขียนกราฟฟังก์ชันของเวลาโดยเก็บตัวอย่างทุก 5 วินาที หรือบันทึก ข้อมูลขณะทำการตรวจวัดเลยไปพร้อมกันก็ได้
- นำข้อมูลสัญญาณเสียงที่บันทึกไว้นั้นมาวิเคราะห์ความถี่แบบ 1/3 ออกเทฟ และเขียนกราฟในฟังก์ชันของความถี่ จะได้สเปกตรัมของเสียงเครื่องบิน
- หาค่า PNL จากกราฟสเปกตรัมของการวิเคราะห์ความถี่แบบ 1/3 ออกเทฟ ตามวิธีการข้างต้น
- หาค่า PNLT โดยการบวกเพิ่มค่าแก้สำหรับ Turbo fan engine 2 เดซิเบลเข้ากับ PNL แต่ถ้าสเปกตรัมไม่เรียบ ให้ทำให้เรียบ (smooth spectrum) โดยวิธีเรียกว่า two pass averaging technique เพื่อหาค่า Tone correction factor (C) คือหาค่าความแตกต่าง

ระหว่างสเปคตรัมตั้งเดิมกับสเปคตรัมที่ทำให้เรียบแล้ว แล้วนำค่าความแตกต่างนี้มาอ่านค่าจากกราฟแล้วนำไปรวมกับค่า PNL ตามสมการที่ 16 และหาค่า D-correction factor, D ได้

$$D = 10 \log \left[\sum_{k=0}^{24} anti \log \frac{PNLT(k)}{10} \right] - PNLTM \quad -13$$

2.3.6.4 Noise Exposure Forecast, NEF

คือ ค่าพารามิเตอร์พัฒนาโดยสหรัฐอเมริกาและใช้หน่วยงานของรัฐบาลกลางอยู่หลายปีในการจัดทำนโยบายเรื่องเสียงจากเครื่องบิน ซึ่งมีพื้นฐานในการคำนวณมาจาก EPNL และมีข้อกำหนดในการบินช่วงกลางวันและกลางคืน

$$NEF_{ij} = L_{EPN,ij} + 10 log_{10} \left[\frac{n_{Dij}}{K_D} + \frac{n_{Nij}}{K_N} \right] - C$$

$$NEF = 10 log_{10} \sum_{ij} anti log \left[\frac{NEF_{ij}}{10} \right]$$

$$L_{EPN} = L_{PN} + D + T$$

$L_{EPN.ij}$: effective perceived noise level in PNdB

i : ชนิดของเครื่องบิน

j : ทางวิ่งและเส้นทางการบินที่ใช้

n_D : จำนวนเที่ยวบินในช่วงเวลากลางวัน(07:00-22:00น.)

n_K : จำนวนเที่ยวบินในช่วงเวลากลางคืน (22:00-07:00 น.)

K_D : 20

K_n : 1.2

C : 75

NEF_4 : NEF of each aircraft in their route

NEF : Noise Exposure forecast

L_{EPN} : NEF of each aircraft in their route

L_{PN} : Noisiness in Noys

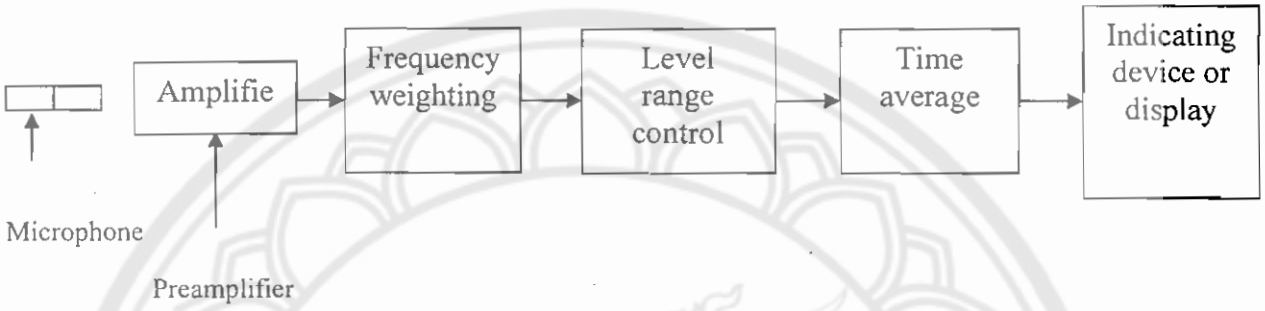
D :

T : 2.5 dB

4840520
- 4 พ.ค. 2549
สำนักหอสมุด
ป 7D
892
2549

2.4 เครื่องวัดเสียง

เครื่องวัดระดับเสียงเป็นเครื่องมือที่ออกแบบให้ตอบสนองต่อเสียง และแสดงค่าเป็นระดับความดันเสียงระบบการตรวจวัดเสียงมีหลายแบบต่างๆกัน ซึ่งแต่ละระบบ ประกอบด้วยหลักการสำคัญคือ ไมโครโฟน ส่วนประมวลผลข้อมูล และหน่วยการแสดงค่า



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง (Sound Level Meter)

2.4.1 มาตรฐานของเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง

มาตรฐานของเครื่องวัดระดับเสียงในปัจจุบันจะอ้างอิงกับมาตรฐานนานาชาติของการผลิตเครื่องมือ คือมาตรฐาน IEC 60651:1979, Sound Level Meters และ IEC60804:1988, Integrating-Averaging Sound level Meters ที่เป็นที่ยอมรับจากทุกประเทศทั่วโลก ซึ่งมีความสำคัญมากในการสร้างความยอมรับระหว่างกันในเรื่องของผลการตรวจวัดเป็นมาตรฐานเดียวกัน แต่ปัจจุบันมาตรฐานทั้งสองกำลังจะถูกยกเลิกโดยมาตรฐานใหม่ คือ IEC61672-1:Sound Level Meters-Part 1: Specification มาใช้เป็นมาตรฐานในการผลิตเครื่องมือแทน ซึ่งในมาตรฐาน IEC60651 และ IEC60804 จะกำหนดความแม่นยำของเครื่องมือไว้ 4 ระดับดังนี้

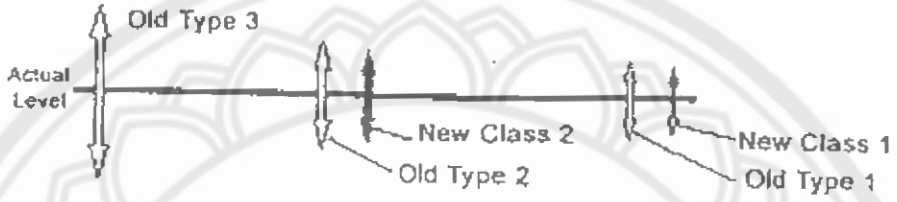
Type 0 (Class 0) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูงมาก มีการเปลี่ยนแปลงต่อการตอบสนองต่อความถี่ และการตอบสนองต่อทิศทางน้อยมาก ใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

Type 1 (Class 1) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในการวัดเสียงรบกวน เมื่อการวัดในสนามเสียงต้องการความแม่นยำสูงตลอดพิสัยของการวัด

Type 2 (Class 2) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัตถุประสงค์ทั่วๆไป ในสภาวะที่ไม่เข้มงวดนักต่อความแม่นยำเครื่องวัดระดับเสียงชนิด 2ถูกกำหนดเพียงว่าต้องมี A-Frequency Weighting ส่วน frequency weighting อื่นๆ เป็นเพียงทางเลือก

Type 3 (Class 3) เป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำน้อยกว่าชนิดอื่นๆ แต่เป็นชนิดที่ใช้งานง่ายที่สุด ใช้กับงานสำรวจข้อมูลเบื้องต้น ถ้าพบว่าเกิดปัญหาหรือมีปัญหาแล้วจึงเลือกทำการวัดโดยเครื่องมือที่มีความแม่นยำดีขึ้น

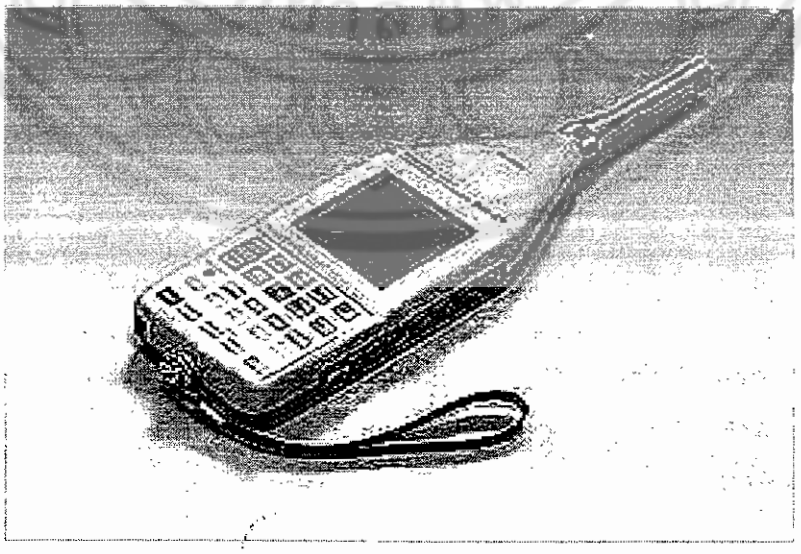
ในขณะที่มาตรฐานใหม่ IEC61672 นั้นมีการแบ่งระดับความแม่นยำของเครื่องมือแตกต่างไปจากเดิมคือไม่มี Type 3 ในการตรวจวัดระดับเสียงในสิ่งแวดล้อมมักใช้เครื่องวัดระดับเสียงแบบ Type 1 ของมาตรฐานเครื่องมือเดิมทั้งสองมาตรฐาน



รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องวัดเสียงตามมาตรฐานเดิมและมาตรฐานใหม่

2.4.2 เครื่องมือวัดระดับเสียง

การวัด และการสอบเทียบเครื่องวัดระดับเสียง อาศัยข้อแนะนำจาก International Recommendation OïML (Organization International Metrology Legal) N 58 for Sound Level Meters (1984) และปัจจุบันมีเอกสารชุดใหม่คือ OIML R58 for Sound Level Meters (1998)



รูปที่ 2.10 แสดงภาพของเครื่องวัดเสียง

ส่วนประกอบของเครื่องวัดระดับเสียง มีดังนี้

- ไมโครโฟน
- จอแสดงผล
- สวิตช์เลือกการถ่วงน้ำหนัก
- สวิตช์เลือกการตอบสนอง
- สวิตช์ปิด-เปิด
- สวิตช์เลือกช่วงการวัด

2.4.2.1 ไมโครโฟนของเครื่องวัดระดับเสียง

ไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจะมีค่าน้อยมากจำเป็นมีการขยายสัญญาณก่อนที่ประมวลต่อไป โดยที่อุปกรณ์ขยายสัญญาณ (Preamplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณนั้นนำเข้าสู่สวนต่อไปของเครื่องวัดเสียง เทคโนโลยีของไมโครโฟนในปัจจุบันนิยมใช้เป็นแบบ Polarized Condenser Microphone ซึ่งมีคุณสมบัติ รวมทั้งความแม่นยำ แน่นอน และน่าเชื่อถือ ไมโครโฟนในการรับสัญญาณเสียงไว้แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

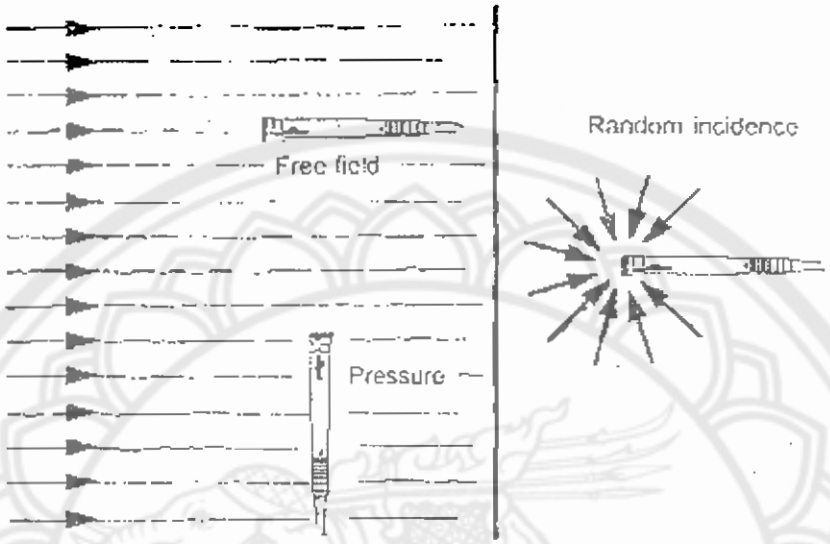
Free-Field Microphone เป็นไมโครโฟนที่ตอบสนองต่อความถี่ (Frequency response) แบบมีรูปแบบเหมือนกันสำหรับความดันเสียงเมื่อวัดในสนามเสียงอิสระด้วยคลื่นก้าวหน้าชนิดระนาบ (Plane Progressive Wave) (โดยปกติที่ทิศทาง 0 องศา ตั้งฉากกับไดอะแฟรมของไมโครโฟน)

Pressure Microphone ซึ่งมีค่าการตอบสนองต่อความถี่แบบมีรูปแบบเหมือนกันสำหรับระดับเสียงแท้จริงที่ปรากฏอยู่ขณะนั้น รวมถึงความดันจากสัญญาณรบกวนที่ตัวไมโครโฟน เมื่อนำไปใช้วัดเสียงในสนามเสียงอิสระจะต้องหันไมโครโฟน 90 องศากับทิศทางการแผ่กระจายของเสียง

Random-Incidence Microphone เป็นไมโครโฟนที่ออกแบบให้ตอบสนองสัญญาณเสียงที่มาติดต่อกันมีรูปแบบเหมือนกัน ที่มาจากทุกทิศทาง เมื่อวัดคลื่นเสียงในสนามเสียงอิสระควรจะหันไมโครโฟนทำมุม 70-80 องศากับทิศทางแผ่กระจายเสียง

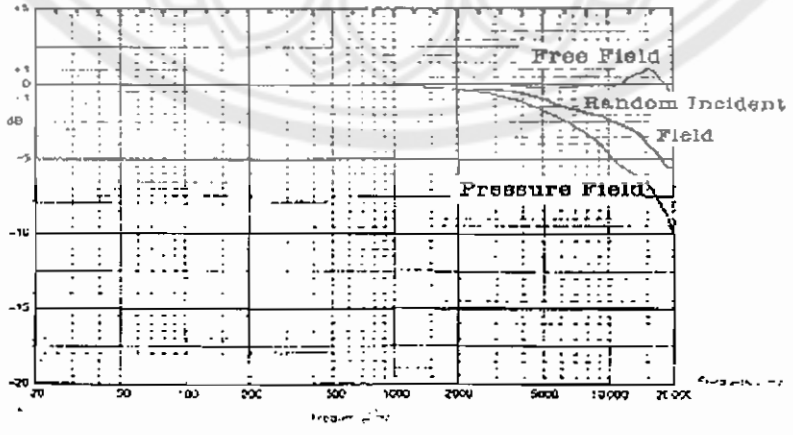
ไมโครโฟนส่วนใหญ่จะมีการดอบสนองต่อความดันและการตกกระทบแบบ Random-incident คล้ายคลึงกัน ยกเว้นที่ความถี่สูงกว่า 3,000 Hz สำหรับไมโครโฟนขนาด 1 นิ้วหรือมากกว่า

ที่ความถี่สูงกว่า 6,000 Hz สำหรับไมโครโฟนขนาด 1/2 นิ้ว ดังนั้นบางครั้งอานใช้ Pressure Microphone ในการวัดในลักษณะของการตกกระทบแบบสุ่ม



รูปที่ 2.11 ชนิดของไมโครโฟน

ชนิดของไมโครโฟนและทิศทางของหัวไมโครโฟนในสนามเสียงต่างๆ จะมีผลต่อความแม่นยำของการวัด ในทางอุดมคติไมโครโฟนควรที่จะมีค่า Sensitivity คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ ตลอดย่านความถี่ทำการวัด (ไวต่อทุกความถี่เสมอกัน) แต่ในสภาพความจริงไม่เป็นเช่นนั้น ไมโครโฟนแต่ละชนิดมีค่าแก้ไขสำหรับ Sensivitity ของการตอบสนองต่อช่วงความถี่ต่างๆ มาด้วย



รูปที่ 2.12 ลักษณะเฉพาะต่อการตอบสนองความถี่ของไมโครโฟนแบบต่างๆ

2.4.2.2 วงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ (Frequency Weighting Network)

สัญญาณเสียงที่ผ่านจากไมโครโฟนและวงจรขยายสัญญาณแล้ว จะต้องผ่านวงจรถ่วงน้ำหนักความถี่ ที่จะถ่วงน้ำหนักความถี่ เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน วงจรถ่วงน้ำหนักมีหลายรูปแบบเช่น วงจรถ่วงน้ำหนักแบบเอ (A-weighted in dB(A) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบซี(C-weighted in dB(C)) วงจรถ่วงน้ำหนักแบบดี (D-weighted in dB(D)) โดยทั่วไปแล้วการวัดระดับเสียงตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดต่างๆ กำหนดให้ใช้การถ่วงน้ำหนักแบบเอ เนื่องจากเป็นวงจรที่มีการตอบสนองของเสียงที่ความถี่ต่างๆ เหมือนการได้ยินของหูมนุษย์ ส่วนวงจรถ่วงน้ำหนักแบบซี ค่อนข้างเข้าใกล้เสียงจริงที่ไม่ได้ผ่านวงจรถ่วงน้ำหนัก

เพื่อผลการวัดเสียงจะใกล้เคียงกับเสียงที่เกิดขึ้นจริง จึงใช้การถ่วงน้ำหนักแบบซี ในการคาดคะเนเสียงอย่างหยาบว่าเสียงที่อยู่ในย่านความถี่ใด โดยเปรียบเทียบผลการตรวจวัดระหว่างการถ่วงน้ำหนักแบบซี กับการถ่วงน้ำหนักแบบเอ ถ้าความแตกต่างน้อยกว่า 1 dB สเปกตรัมของเสียงอย่าสูงกว่า 500 Hz เป็นส่วนมาก ถ้าความแตกต่างมีค่าหลายๆ เดซิเบล สเปกตรัมของเสียงจะอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ ส่วนการถ่วงน้ำหนักแบบมี (B-weighted (dBB)) ไม่นิยมใช้เนื่องจากไม่มีความสัมพันธ์ที่ดีกับการทดสอบเชิงความรู้สึก และในเครื่องวัดเสียงตามมาตรฐาน IEC61672 นั้นจะไม่มีวงจรถ่วงน้ำหนักแบบ C และ D อีกแล้ว

2.4.2.3 วงจรถ่วงน้ำหนักเวลา (Time-weighting Network)

สัญญาณเสียงในสิ่งแวดล้อม มีการเปลี่ยนแปลงความดันอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นในการตรวจวัดระดับเสียงนั้นต้องมีวงจรที่สามารถตรวจวัดระดับเสียงที่ทันต่อการเปลี่ยนดังกล่าว วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาที่นิยมใช้ในเครื่องวัดเสียงมีอยู่ 2 แบบ คือ

วงจรถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential time weighting network) ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

$$L_{A\tau} = 10 log_{10} \left[\frac{\frac{1}{\tau} \int_{t_s}^{t} p_A^2(\xi) e^{-(t-\xi)/\tau} d\xi}{p_0^2} \right] \quad ...(3\text{-}1)$$

เมื่อ p_A : A-weighted sound pressure

p_0 : Reference sound pressure

τ : ค่าคงที่ของเวลา (Exponential time constant)

ξ : A dummy variable of time integration from some time in the past,as indicated by t_s for the lower limit of the integral,to the time of observation

ในเครื่องวัดระดับเสียงโดยทั่วไป จะมีการออกแบบค่าคงที่ของเวลา (Exponential time weighting) ไม่เท่ากัน จะมี 4 แบบ คือ

แบบ FAST จะมีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 125 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้น มีประโยชน์ เมื่อตรวจวัดระดับเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงงอย่างรวดเร็วมาตรฐานการวัดเสียงอาจจะเจาะจงใช้วงจรนี้

แบบ SLOW จะมีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 1,000 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น มีประโยชน์เมื่อตรวจวัดระดับเสียงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ เช่นเสียงจากคอมเพรสเซอร์ เป็นต้น

แบบ IMPULSE จะมีค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 35 ms สำหรับสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และ 1500 ms สำหรับสัญญาณเสียงที่ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ใช้ประโยชน์ในการวัดระดับเสียงที่เกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ วงจรนี้จะปรากฏในเครื่องวัดระดับเสียงบางเครื่องเท่านั้น การเลือกใช้วงจรนี้จะต้องมีความระมัดระวัง เช่นกรณีการวัดที่เกี่ยวกับการได้ยินการสนทนาวงจรนี้มักใช้ประเมินการตอบสนองความดังของเสียงที่เป็นสัญญาณช่วงสั้นๆ

แบบ Peak การตอบสนองต่อขีดสูงสุด ที่ใช้ในการวัดระดับความดันเสียงที่ยอดสัมบูรณ์ (Absolute Peak) มีประโยชน์ในการประเมินค่าการสูญเสียการได้ยินของผู้ปฏิบัติงาน เมื่อเกิดสัญญาณระดับเสียงดังในช่วงสั้นๆ

วงจรถ่วงน้ำหนักเวลาแบบค่าเฉลี่ยตามเวลา (Equivalent continuous sound level) ใช้สำหรับการวัดเสียงที่เปลี่ยนแปลงขึ้นตลอดเวลาโดยใช้ฟังก์ชันของ L_{eq} เครื่องมือใช้วัดคือ Integrating Averaging Sound Level Meter การวัดสามารถเลือกช่วงการวัดให้เหมาะสมกับระดับความดันเสียง ซึ่งสามารถเลือกได้ตั้งแต่วินาทีไปจนถึงหลายชั่วโมง หรือหลายวัน โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมแหล่งเสียง และวัตถุประสงค์ของการวัด

$$L_{eq} = 10 log_{10} \left[\frac{\frac{1}{\tau} \int_{t_s}^{t_2} p_A^2(\xi) dt}{p_0^2} \right]$$

เมื่อ p_A : A-weighted sound pressure

p_0 : Reference sound pressure

ξ : A dummy variable of time integration from some time in the past,as indicated by t_s for the lower limit of the integral,to the time of observationt.

กรณีการใช้เครื่องวัดระดับเสียงแบบธรรมดาวัดค่าเฉลี่ยระดับเสียงแบบธรรมดาวัดค่าเฉลี่ยระดับเสียงโดยปกติภาคการแสดงผลอาจแสดงเป็นอุปมาน (Analog) โดยมีเข็มชี้เคลื่อนไปตลอดสเกล, แบบ Quasi-Analog หรือแบบตัวเลข ถ้าภาคแสดงผลของเครื่องวัดระดับเสียงแบบธรรมดาเป็นแบบเข็มชี้ดีกลับไปกลับมา หรือตัวเลขที่ปรากฏขึ้นลง ถ้าช่วงของค่าสูงสุดและต่ำสุดน้อยกว่า 6 dB ให้หาค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของระดับเสียงทั้งสอง ซึ่งสามารถใช้เป็นค่าโดยประมาณของระดับเสียงเฉลี่ยตามเวลาได้ แต่ถ้าช่วงของค่าสูงสุดและต่ำสุดมากกว่า 6 dB ค่าโดยประมาณของระดับเสียงเฉลี่ยตามเวลาหาได้จากการลบ 3 dB ออกจากค่าระดับเสียงสูงสุด ในการบันทึกผลการวัดให้จดบันทึกทั้งค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าโดยประมาณของระดับเสียงเฉลี่ยตามเวลา

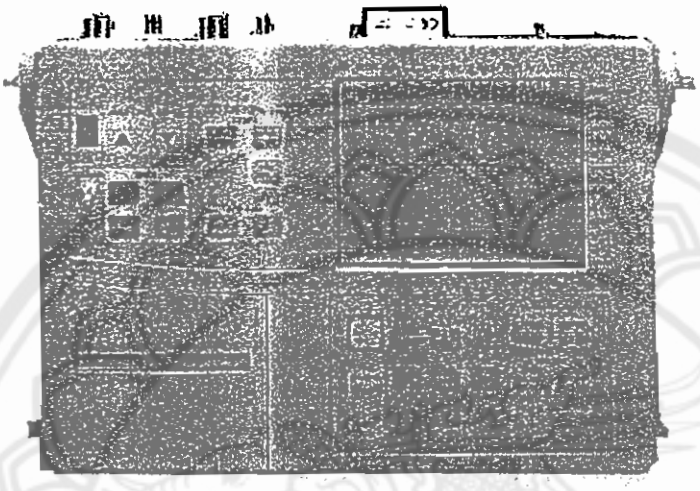
ประโยชน์ของวงจรนี้อีกประการคือการวัด Sound Exposure Level คือการรวมกำลังของความดันเสียงตลอดช่วงเวลาที่พิจารณาและสัมพันธ์กับพลังงานของสัญญาณเสียง Sound Exposure Level มีประโยชน์เป็นพิเศษในการวัดเสียงที่เกิดซ้ำๆ หรือเหตุการณ์เสียงเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งเช่นเสียงจากการเดินเครื่องจักรหรือชิ้นส่วนของเครื่องมือ เสียงจากยานยนต์ที่ผ่านไปมาบนถนน หรือเสียงจากเครื่องบินที่บินไปรวมทั้งการขึ้นและลงที่สนามบินเป็นต้น

2.4.2.4 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

2.4.2.4.1 เครื่องวิเคราะห์แถบความถี่ออกเทฟ (Octave Band Analyzer)

เสียงที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่างๆจะมีระดับในแต่ละความถี่แตกต่างกัน การตรวจวัดระดับเสียงเป็นเดซิเบลเอซึ่งเมื่อรวมทุกอาจถี่อาจไม่เพียงพอต่อการนำข้อมูลไปใช้งาน การวิเคราะห์สเปกตรัมเพื่อพิจารณาแถบความถี่หรือส่วนประกอบของระดับเสียงถ่วงน้ำหนักแบบเอแยกตามความถี่ ถ้าต้องการความละเอียดของข้อมูลมากขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งเสียงจะใช้การวิเคราะห์แบบแถบออกเทฟหรืออาจใช้แถบ 1/3 ออกเทฟ ตัวอย่างเช่น แหล่งเสียงประเภทมอเตอร์ไฟฟ้าอาจกำหนดความถี่สัมพันธ์กับทั้งความเร็วในการหมุนมอเตอร์ และความถี่ของตัวจ่ายกำลังในบางส่วนประกอบของเครื่องจักร เช่น ตลับเพลา และเกียร์ ซึ่งอาจกำเนิดความถี่เฉพาะ ควรที่จะใช้การวิเคราะห์ความถี่ที่ค่อนข้างละเอียด ในบางกรณีอาจใช้ความละเอียดถึงแถบออกเทฟที่ 1/12 หรือละเอียดกว่านั้น เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมช่วงแคบๆ สามารถกำหนดเป็นวิเคราะห์ช่วงคงที่ใช้กับสเปตรัมเสียงที่ให้ค่าคงที่ ไม่เปลี่ยนไปตามความถี่เช่น เสียงจากหน้าแปลงส่วน Constant Percentage Bandwidth Analyzer นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์สเปคตรัมที่เป็นส่วนประกอบของชุดฮาร์มอนิก (Harmonics) ที่สัมพันธ์กับความถี่หลักมูล (Fundamental)

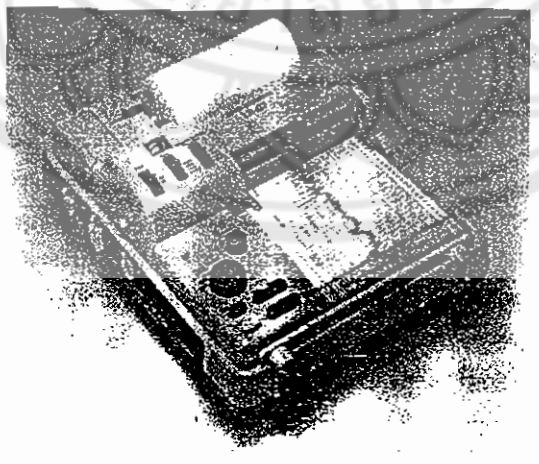
การเลือกการวิเคราะห์สเปกตรัมแบบใดข่อมขึ้นกับรายละเอียดของผลที่ต้องการ ชนิดของผลเวลาในการวิเคราะห์ผล และรูปแบบการแสดงผล เช่น แผนภูมิกราฟฟิก ชุดของแผนภูมิหรือตารางตัวเลข



รูปที่ 2.13 เครื่องวิเคราะห์ความถี่ (Frequency Analyzed)

2.4.2.4.2 เครื่องบันทึกข้อมูลเสียงต่อเนื่อง (Level Recorder)

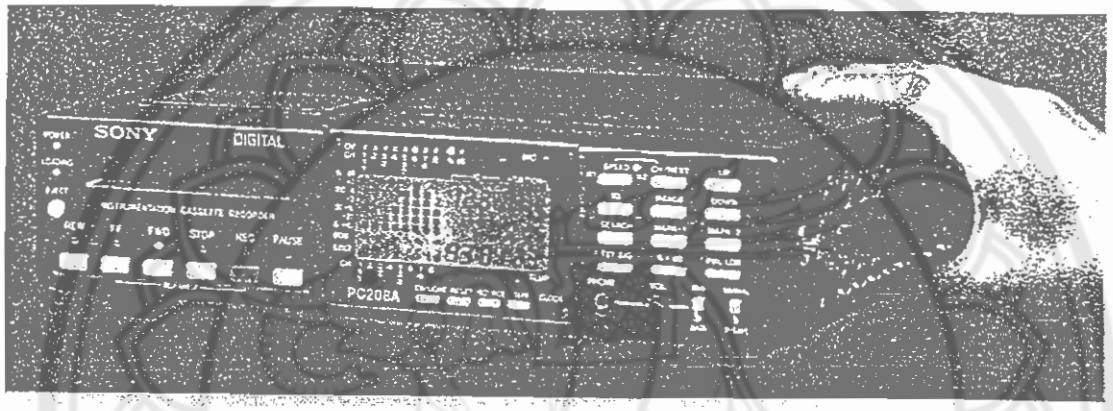
เครื่องบันทึกข้อมูลเสียงแบบต่อเนื่อง เป็นอุปกรณ์สำคัญในการเก็บข้อมูลระดับเสียงในเทอมฟังก์ชันของเวลา และเป็นการเก็บรักษาฐานที่ดีไว้ในภายหลัง เครื่องวัดระดับเสียงในปัจจุบันสามารถเก็บข้อมูลแบบนี้ได้ในลักษณะของอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์แล้ว



รูปที่ 2.14 เครื่องบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Level Recorder)

2.4.2.4.3 เครื่องบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงแบบดิจิตอล (Digital Audio Recorder)

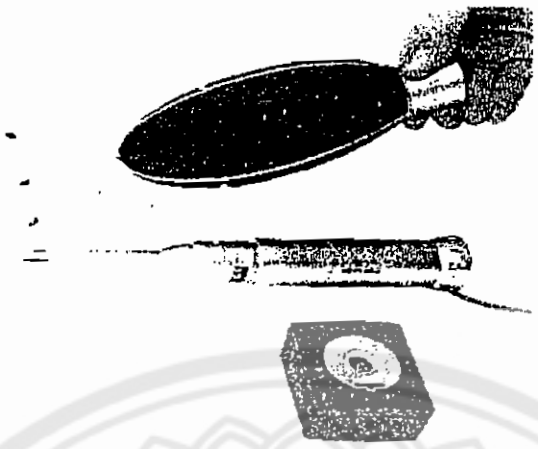
เครื่องบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงแบบดิจิตอล เป็นอุปกรณ์ที่จัดเก็บสัญญาณเสียงไว้ในเทป มีความหนาแน่น และประสิทธิภาพสูง ในการบันทึกและเล่นสัญญาณเสียง ให้มีความผิดพลาดจากสัญญาณเสียงจริงน้อยมากตามค่ามาตรฐานกำหนด ดังนั้นเสมือนนำเหตุการณ์ที่เกิดเสียง หรือแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆ มาเปิดเล่นใหม่ตามต้องการ เสมือนจำลองเหตุการณ์นั้นๆ ขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ประโยชน์ของอุปกรณ์ชนิดนี้คือ การนำมาใช้เป็นหลักฐานได้ดีเยี่ยม และยังเสมือนการนำเอาแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆ มาวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย



รูปที่ 2.15 เครื่องบันทึกข้อมูลสัญญาณเสียงแบบดิจิตอล (Digital Audio Recorder)

2.4.1.4.5 อุปกรณ์กันลม (Windscreen)

อุปกรณ์กันลมนี้จะมีคุณสมบัติป้องกันเสียงที่เกิดจากลมวิ่งผ่านไมโครโฟนที่ทำให้ค่าระดับเสียงที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่ถูกต้องตรงความเป็นจริง อุปกรณ์นี้จะสามารถป้องกันเสียงลมได้ที่ความเร็วไม่เกิน 5 m/s ดังนั้นให้สวมเครื่องป้องกันไว้ตลอดที่มีการตรวจวัด นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกให้แก่ไมโครโฟนด้วย



รูปที่ 2.16 อุปกรณ์กันลม

2.4.2.4.6 อื่นๆ (Miscellaneous)

เสาหรือขาตั้ง สำหรับติดตั้งไมโครโฟนให้มีความสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 1.2 เมตร เพื่อเป็นการป้องกันเสียงสะท้อนจากพื้นโดยรอบขณะที่ทำการตรวจวัด

Healer สำหรับไมโครโฟนที่ใช้ภายนอกอาคาร เพื่อปรับสภาพให้อุณหภูมิเป็นภาวะปกติ เนื่องจากการเปลี่ยนของอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม

Rain cab สำหรับไมโครโฟนที่ใช้ภายนอกอาคาร เพื่อกันฝน หรือหิมะ

2.4.2.5 การเลือกเครื่องมือในการตรวจวัดระดับเสียง

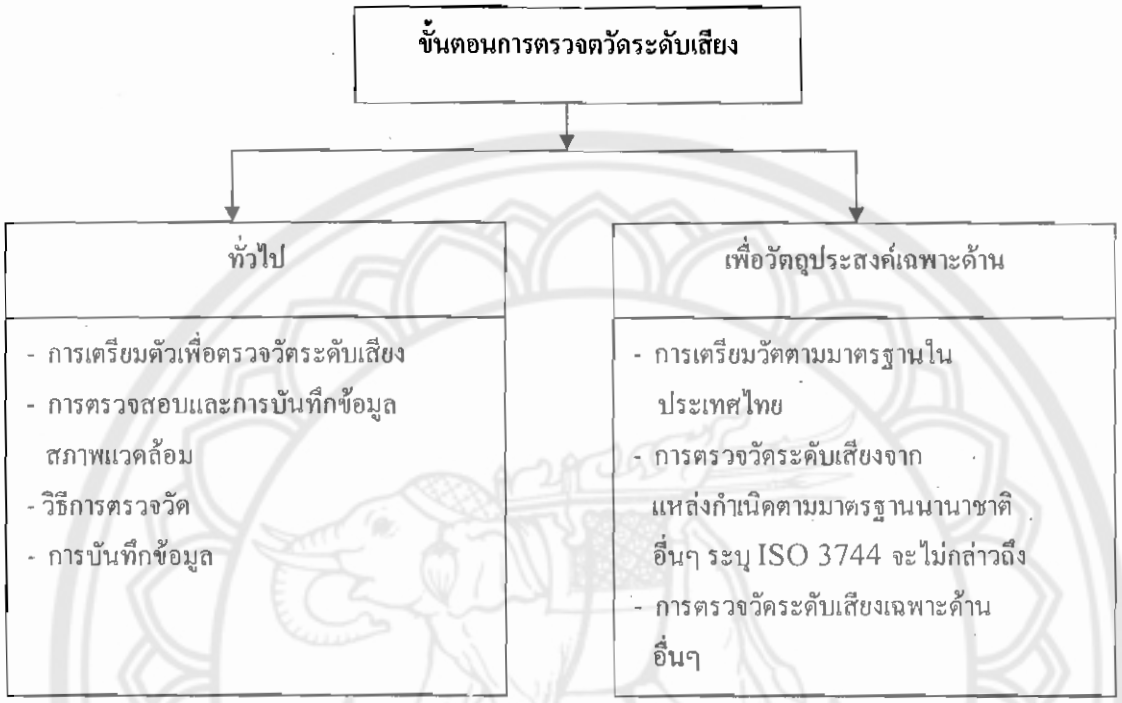
การตรวจวัดระดับเสียงในภาคสนาม หรือห้องปฏิบัติการจะมีประสิทธิภาพ และให้ได้ผลการตรวจวัดที่ถูกต้องแม่นยำ ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่มีอยู่อย่างถูกต้อง ตรงกับวัตถุประสงค์การตรวจวัดแต่ละครั้ง ความสามารถและข้อจำกัดของอุปกรณ์ในการตรวจวัดระดับเสียง ที่คำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดเป็นปัจจัยสำคัญ

ตารางที่ 2.1 ข้อพิจารณาเพื่อเลือกเครื่องมือในการวัดเสียง

<table>
<tr><th></th><th>วัดเสียงจากแหล่งกำเนิด</th><th>วัดเสียงจากจุดรับเสียงหรือสิ่งแวดล้อม</th><th>วัดเสียงเพื่อเหตุผลเฉพาะเจาะจง</th></tr>
<tr><td>ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดเสียงหรือวัตถุประสงค์การวัด</td><td>รถยนต์ จักรยานยนต์ เรือ เหมืองหิน โรงโม่ เครื่องจักรกลต่างๆ</td><td>เสียงในสิ่งแวดล้อมที่ไม่สามารถบอกได้ว่ามาจากแหล่งกำเดนิดเสียงใด</td><td>วัดเสียงในงานวิจัยและพัฒนา</td></tr>
<tr><td>ข้อควรพิจารณา
- เครื่องวัด</td><td>Precision SLM</td><td>Integrating Precision SLM</td><td>Bane Pass Filter or FFT</td></tr>
<tr><td>- ไมโครโฟน</td><td>Free Field Type 1</td><td>Free field Type 1</td><td>Free Field Type 0</td></tr>
<tr><td>- สอบเทียบ</td><td colspan="2">Acoustic Calibrator</td><td>Piston Phone</td></tr>
<tr><td>- สภาพแวดล้อมทางเสียง</td><td colspan="2">Outdoor or Indoor</td><td>Anechoic room
Reve Derant room</td></tr>
<tr><td rowspan="3">- อื่นๆ
ขาตั้งไมโครโฟน
เครื่องบันทึกข้อมูล
เครื่องพิมพ์ข้อมูล</td><td colspan="3">ความสูงปรับระดับได้ 20-150 ซม.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Analog or Digital Recorder; Level Recorder, DAT Recorder, Data Logger</td></tr>
<tr><td colspan="3">Printer</td></tr>
<tr><td colspan="4">หมายเหตุ
การเลือกเครื่องมือวัดเสียงนั้นขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการวัดในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นปัจจัยในการกำหนด Descriptor วิธีการตรวจวัด ตำแหน่งและจำนวนจุดตรวจวัด วิธีการคำนวณ และความแม่นยำของการวัด ซึ่งบางครั้งนอกจากฟังก์ชันของเวลาอาจไม่เพียงพอ ต้องมีวัดในฟังก์ชันของความถี่ด้วย หรืออาจละเอียดไปถึงการวิเคราะห์ความถี่แบบช่วงแคบ</td></tr>
</table>

2.4.3 การตรวจวัดระดับเสียง

การตรวจวัดเสียงพิจารณาตามวัตถุประสงค์ในการตรวจวัด สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ การตรวจวัดเสียงโดยทั่วไป หรือเสียงในสิ่งแวดล้อม และการตรวจวัดเสียงแบบเฉพาะเจาะจง



รูปที่2.17 ข้อพึงระลึกถึงเมื่อมีการวางแผนเพื่อการตรวจวัดระดับเสียง

2.4.3.1การตรวจวัดเสียงโดยทั่วไป

การตรวจวัดเสียงโดยทั่วไปนั้น มีขั้นตอนและข้อต้องพิจารณามาก เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้านมลพิษทางเสียง ขั้นตอนที่พึงปฏิบัติในการตรวจวัดเสียงแต่ละครั้งไม่ว่าจะด้วยวัตถุประสงค์ใดก็ตามอย่างน้อยก็ต้องครอบคลุมรายละเอียด

2.4.3.2วิธีการตรวจวัดแบบเฉพาะเจาะจง

วิธีการตรวจวัดระดับเสียงแบบเฉพาะเจาะจงเป็นการตรวจวัดเสียงแบบที่มีความมุ่งหมายเฉพาะ หรือมีข้อกำหนดบอกรายละเอียดวิธีการตรวจวัด เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้การพิจารณาหรือเกณฑ์ต่างๆ วิธีการคำนวณ และวิธีการรายงานผลการตรวจวัด ไว้เป็นขั้นตอนที่แน่นอน หรืออาจมีคู่มือการทำงาน และรูปแบบรายงานการตรวจวัดแนบท้ายด้วย เช่น การตรวจวัดเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อคำนวณค่ากำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียงประเภทเครื่องจักรตาม ISO 37/44

การตรวจวัดเสียงในสิ่งแวดล้อมตาม ISO 1996 การตรวจวัดเสียงจากรถยนต์ขณะวิ่งตามข้อกำหนดของกลุ่มสหภาพยุโรป เป็นต้น

ในเอกสารนี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการเฉพาะที่ใช้กันในกฎหมายของประเทศไทยเท่านั้น ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ การตรวจวัดเสียงแบบอยู่นิ่ง ส่วนใหญ่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นยานพาหนะ ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ และประกาศกรมควบคุมมลพิษ การตรวจวัดเสียงขณะแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ซึ่งขณะนี้กรมควบคุมมลพิษกำลังศึกษาเพื่อกำหนดวิธีการ ค่าเกณฑ์กำหนด วิธีการคำนวณ และรูปแบบรายงานผล และการตรวจวัดเสียงในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นเสียงที่ตรวจวัดได้ในสิ่งแวดล้อมโดยระบุแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นองค์ประกอบของเสียงไม่ได้

2.5 การประเมินผลกระทบด้านเสียง(Noise Impact Assessment)

วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง ที่นำเสนอในหนังสือเล่มนี้เป็นการช่วยทำความเข้าใจในแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไป และนำเสนอการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมสำหรับโครงการเฉพาะด่าง ๆ ซึ่งประเด็นที่นำมาพิจารณาจะเป็นเรื่องของเสียงเพียงอย่างเดียว พร้อมนำเสนอตัวอย่างของเสนอรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เคยเสนอต่อคณะกรรมการผู้ชำนาญการตรวจรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการ โครงสร้างพื้นฐานของรับและอื่น ๆ ไว้ในตอนท้าย เพื่อให้เห็นภาพว่าควรจะปฏิบัติอย่างไร หรือควรทำให้สมบูรณ์อย่างไร ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2.5.1 แนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อาจได้รับผลกระทบด้านลบอย่างมีนัยสำคัญจากกิจกรรมหรือการพัฒนาโครงการ ทรัพยากรดังกล่าวได้แก่ ด้านกายภาพ ชีวภาพ คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ คุณค่าทางคุณภาพชีวิต นอกจากเป็นเรื่องของการประเมินผลกระทบแล้วยังรวมถึงการกำหนดมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม และแนวทางติดตามตรวจสองผลกระทบสิ่งแวดล้อมการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เป็นเครื่องมือในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการพัฒนาประเทศ จะต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น จึงต้องมีการจัดการแบบยั่งยืน กล่าวโดยย่อหมายถึง การใช้หลักวิชาการคาดการณ์ผลกระทบทางบวกและลบจากการดำเนินโครงการพัฒนาที่จะมีต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม เพื่อหาทางป้องกันมิให้เกิดผลกระทบหรือเกิดน้อยที่สุด การใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ต้องให้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด สรุปก็คือ การวิเคราะห์ผลกระทบ

สิ่งแวดล้อมจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการวางแผนป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม ที่จะเกิดจากโครงการพัฒนาต่าง ๆ

2.5.1.1 การวิเคราะห์ด้านเสียงจะต้องกระทำมากน้อยอย่างไร

ในส่วนที่เกี่ยวกับการประเมินกระทบทางเสียง มีหลักการใช้ Noise Descriptor วิธีการตรวจวัดลากรทำนาย ตลอดจนเกณฑ์สำหรับประเมิน และเทคนิคสำหรับการประเมินผลกระทบควรจะเป็นเอกรูป และง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้สอดคล้องกับคำนิยามผลกระทบทางเสียง ส่วนมากจะทำเป็นตัวเลข เพื่อให้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบทางเสียงจากโครงการต่าง ๆ ในบางกรณีก็ใช้การอภิปรายเสริมการประเมินเชิงตัวเลข ยกตัวอย่างเช่น Noise Descriptor ที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ ระดับเสียงเฉลี่ย L_{eq} เพื่อแสดงถึงขีดขั้นของศักยภาพที่มีต่อการทำให้หูเสื่อม และเกณฑ์การพัฒนาปรับเปลี่ยนให้เป็นค่าระดับเสียงสำหรับใช้ประเมินเหตุการณ์ที่เกิดเสียงในหลายรูปแบบ เพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพและสวัสดิภาพของชุมชน

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้อำนาจแก่กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ออกประกาศกระทรวงกำหนดประเภทและขนาดของโครงการที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันมีโครงการทั้งสิ้น 22 ประเภท ที่เข้าข่ายต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

สำหรับโครงการที่เห็นได้ชัดว่าจะมีผลกระทบอย่างรุนแรง ก็ต้องมีการวิเคราะห์อย่างสมบูรณ์ แต่ในกรณีที่จะเกิดเสียงเงียบไม่เปลี่ยนสภาวะแวดล้อมทางเสียงเลย ก็เป็นเพียงการแสดงข้อความไม่คาดว่าจะมีผลกระทบอย่างไรก็ตามอาจมีคำถามว่า ผลกระทบทางเสียงของโครงการจะมีนัยสำคัญพอที่จะต้องวิเคราะห์เต็มที่หรือไม่ คงต้องมีการตรวจสอบตามเกณฑ์ที่ทางหน่วยงานที่รับผิดชอบจะกำหนด

2.5..1.2 ชนิดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง

-การเปลี่ยนแปลงชั่วคราวระยะสั้น คือ การเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมทางเสียงซึ่งจะคงอยู่ประมาณน้อยกว่า 6 เดือน ไม่ต้องประเมินผลกระทบสำหรับปฏิบัติการช่วงระยะเวลานาน

-การเปลี่ยนแปลงชั่วคราวระยะยาว คือ การเปลี่ยนที่สภาวะแวดล้อมทางเสียงที่มีนัยสำคัญในช่วงเวลาเกินกว่า 6 เดือน แต่น้อยกว่า 10 ปี ต้องมีการทำรายงานคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร ตัวอย่างเช่น โครงการบางอย่างเกี่ยวกับทางหลวง การย้ายตำแหน่งระบบขนส่ง โครงการเหมือง

-การเปลี่ยนแปลงถาวรในสภาวะแวดล้อมทางเสียง คือ การเปลี่ยนที่สภาวะแวดล้อมทางเสียงที่มีผลอย่างมากคิดเป็นระยะเวลา มากกว่า 10 ปี จะต้องแสดงให้เห็นภาพตลอดอายุของโครงการ ผลกระทบต่อประชาชนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.5.1.3 การจัดประเภทของเสียง และสภาวะแวดล้อมทางเสียง เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

-เสียงที่หูรับความรู้สึก ซึ่งอธิบายสภาวะแวดล้อมทางเสียงได้อย่างเพียงพอได้ด้วยระดับเสียงเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบ A (L_{Aeq}) ที่แปรผันไปเป็นระดับเสียงเฉลี่ยกลางวันกลางคืน L_{dn} (ที่ใช้ในประเทศอเมริกา) ถึงแม้ว่าการถ่วงน้ำหนักแบบ A ที่ใช้ในเครื่องวัดเสียงจะครอบคลุมถึง 20 kHz แต่สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 15 kHz ขึ้นไปยังไม่แม่นยำเพียงพอ ดังนั้นจึงควรตรวจวัดด้วยเครื่องมือที่มีการตอบสนองความถี่เชิงเส้นตรง (flat) สูงกว่า 10 kHz ด้วย

-เสียงพิเศษ เสียงทุกชนิดไม่ใช่ว่าจะประเมินโดยระดับเสียงเฉลี่ยได้เพียงพอ เช่น เสียงความถี่ช่วง 0.1 ถึง 20 Hz (Infrasound) เสียงความถี่สูงกว่า 20 kHz (Ultrasound) เสียงกระแทก (Impulsive noise) ที่เป็นโซนิคบูมและการระเบิด และเสียงซึ่งนำสารนิเทศมากกว่าแหล่งกำเนิดเสียงชนิดแบสุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับระดับเสียงเฉลี่ย เช่น สำเนียงพูด สัญญาเตือนภัย เสียงสุนัขเห่า เป็นต้น

2.5.1.4 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการวิเคราะห์ผลกระทบด้านเสียงจากโครงการ

2.5.1.4.1 การอธิบายเสียงรบกวนในภาวะแวดล้อม

การอธิบายสภาวะแวดล้อมของเสียงในสถานการณ์ต่าง ๆ กัน มีแหล่งกำเนิดเสียงหลักแตกต่างกัน มีวิธีการเฉพาะในการอธิบาย ที่เป็นที่นิยมใช้กันในนานาประเทศ คือ ระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลา (Equivalent Sound Pressure Level, $L_{eq,T}$) ระดับเสียงที่ยอมให้มีได้ในการใช้พื้นที่ประเภทต่าง ๆ (Noise Zone) ระดับเสียงสะสมที่ยอมให้ผู้ปฏิบัติงาน หรือผู้สัมผัสได้รับในช่วงเวลา 8 ชั่วโมง หรือน้อยกว่า และระดับเสียงความถี่เดี่ยว (tonal noise) ที่ยอมให้มีได้แต่ต้องมีการปรับค่าให้เหมาะสมในแต่ละกรณี

ประเทศไทยใช้การอธิบายสภาวะแวดล้อมระดับเสียงเฉลี่ยในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน และค่าระดับเสียงสูงสุดเพื่อการประเมินเสียงรบกวน ตามประกาศคณะกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และกฎหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่ในบางโอกาสอาจมีความจำเป็นต้องใช้การวัด สำหรับเสียงสะสมที่เกิดจากเหตุการณ์เดี่ยว เช่น เครื่องบินผ่าน ยานยนต์หรือรถไฟผ่าน การตรวจวัดที่เหมาะสม ได้แก่ A-weighted Sound Exposure Level ตัวย่อคือ SEL และมีสัญลักษณ์ L_{AE} เป็นการตรวจวัดพลังงานเสียงแบบสะสมไม่ใช้แบบเฉลี่ย

2.5.1.4.2 การพิจารณาจำนวนประชาชนที่จะได้รับผลกระทบจากเสียงของโครงการ

ในการเสนอทางเลือกของโครงการ ผลกระทบทางเสียงย่อมไม่เหมือนกัน อาจจะมีทางเลือกที่โครงการไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ จึงต้องมีการประเมินผลกระทบในทางเลือกทั้งหมด หากมีแหล่งเสียงใหม่เกิดขึ้น ประชาชนที่จะถือว่าได้รับผลกระทบคือ ผู้ที่ได้รับระดับเสียงจากแหล่งเสียงใหม่เกินมาตรฐาน ซึ่งในกรณีที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่มีระเบียบข้อบังคับอยู่แล้ว

2.5.4.1.3 สถานที่ที่ควรตรวจวัดเสียง

ในการตรวจวัดระดับเสียงเพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นในขั้นตอนศึกษาสภาพแวดล้อมทางเสียงในปัจจุบัน การเฝ้าระวังขณะที่ทำการก่อสร้าง หรือการติดตามตรวจสอบภายหลังการดำเนินโครงการแล้ว มีข้อต้องพิจารณาที่กลุ่มผู้ที่จะได้รับผลกระทบมากเป็นสำคัญ เช่น บริเวณที่อ่อนไหวต่อผลกระทบที่อยู่ใกล้บริเวณโครงการหรือแหล่งกำเนิดเสียงจากโครงการ (สถานพยาบาล สถานศึกษา วัด หรือบริเวณใดที่ทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ต้องการความเงียบสงบเป็นพิเศษ) บริเวณซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของผู้คน หรือ ณ ที่ซึ่งมีเสียงที่น่าสนใจเกิดขึ้น

2.5.1.4.4 เทคนิคการตรวจวัดเสียง

ก่อนการตรวจวัดเสียงในแต่ละครั้ง ไม่ว่าจะเพื่อวัตถุประสงค์ใดก็ตามจะต้องคำนึงถึงขั้นตอนการตรวจวัดเสียงที่แนะนำไว้ในบทที่ 3 เสมอ แต่ในการตรวจวัดเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีข้อต้องพิจารณาที่ต้องเดือนกันเป็นพิเศษ คือ การรวบรวมข้อมูลก่อนที่จะทำการตรวจวัด ซึ่งมีผลต่อการเลือกใช้วิการตรวจวัดและเวลาในการตรวจวัดตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น การแปรผันของการส่งเสียง และภาวะการแผ่เสียงที่สำคัญคือ ต้องบรรยายลักษณะเฉพาะของแหล่งเสียงหลักที่มีในพื้นที่ ข้อมูลเกี่ยวกับ Topography ของพื้นที่ การตรวจวัดที่เคยมีก่อนนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการจัดรูปแบบการใช้ที่ดิน และกฎระเบียบข้อบังคับเรื่องเสียงรบกวนในสภาวะแวดล้อม ตำแหน่งที่จะวัดเพื่อทราบแหล่งเสียงหลัก แหล่งเสียงอื่น ตรวจดูพื้นที่ที่ไวต่อการรับเสียง หาตำแหน่งที่จะตั้งเครื่องวัดเสียงเพื่อดูว่าจะไม่มีเสียงรบกวนที่มีผลต่อนัยสำคัญของการตรวจวัด เป็นต้น

นอกจากนี้ ในขั้นตอนการตรวจวัดเสียงขณะมีการก่อสร้าง มีข้อควรคำนึงถึงเป็นพิเศษ คือ การจัดการด้านเสียงรบกวนก่อนเริ่มกิจกรรมก่อสร้าง เช่น กำหนดเกณฑ์เสียงรบกวนที่จะใช้ ระยะเวลาที่จะมีกิจกรรมในแต่ละวันและการวัดเสียงพื้นฐาน (Background noise) เป็นต้น

2.5.1.5 กระบวนการสำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียงจากโครงการ

กระบวนการการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง มีแนวทางการปฏิบัติคล้ายกับการประเมินผลกระทบสิงแวดล้อมด้านอื่น ๆ จากโครงการ ที่ถูกกำหนดให้ต้องมีการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพียงแต่มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน (รูปที่ 4-1)

ในแนวทางการปฏิบัติของกระบวนการประเมินผลกระทบด้านเสียงในขั้นตอนประเมินระดับกำลังเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงและระดับเสียง ณ จุดรับเสียงใด ๆ เนื่องจากกิจกรรมของโครงการ ทั้งในขั้นตอนขณะมีการก่อสร้างและขณะเปิดดำเนินการแล้ว ที่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการคำนวณ ซึ่งในที่นี้ได้กล่าวถึงแนวทางในการใช้ส่วนที่ควรจะเป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ไว้เป็นกลาง ๆ ในการประเมินผล (รูปที่ 4-2) ซึ่งในปัจจุบันมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จะทำเป็นรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีสมมติฐานและความถูกต้องกระจายจากแหล่งกำเนิดสำคัญ ๆ เช่น เสียงจากถนน เสียงจากรถไฟ เสียงจากโรงงานอุตสาหกรรม เสียงจากเครื่องบินเป็นต้น ในโปรแกรมเหล่านี้มักจะมีเครื่องมือที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่ดีมาก ทั้งในส่วนที่เป็นแผนที่ และข้อมูลเชิงตัวอักษรและตัวเลข รวมทั้งมีฐานข้อมูลระดับกำลังเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการนำเข้าแบบจำลองคณิตศาสตร์ให้ใช้ด้วย แต่มีราคาค่าใช้จ่ายในการจัดหามาไว้ในงานนั้นนับว่าสูงพอสมควร

การคำนวณระดับเสียงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากกิจกรรมของโครงการ จะต้องใช้วิธีการคำนวณหรือการประมาณค่าที่เป็นที่ยอมรับกันอยู่ ซึ่งมีหลายสถานการณ์ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแหล่งกำเนิด เช่น เครื่องบิน ยานยนต์ รถไฟ อุปกรณ์ก่อสร้าง และแหล่งเสียงอื่น ๆ โดยครอบคลุมการประเมินทั้งปัจจุบันและอนาคต การประเมินผลกระทบด้านเสียงจากโครงการส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่มแหล่งกำเนิดเสียงเข้าไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยรอบพื้นที่โครงการที่เป็นอยู่ มารกกว่าจะเป็นการประเมินแบบที่มีการลดแหล่งกำเนิดเสียงลง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนปริมาณหรือธรรมชาติของแหล่งเสียง ดังนั้นจะต้องมีการทำนายสภาวะแวดล้อมทางเสียง ทั้งสภาวะแวดล้อมทางเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ และสภาวะแวดล้อมทางเสียงที่น่าจะเกิดขึ้นหลังจากรวมแหล่งกำเนิดเสียงใหม่แล้ว ระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงใหม่อาจหาได้ด้วยการตรวจวัดโดยตรงหรือการคำนวณก็ได้ ขึ้นกับสถานการณ์ขณะนั้น ๆ

ถ้าจะทำการตรวจวัดโดยตรง ต้องวัดที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในช่วงระยะเวลาที่เพียงพอเพื่อให้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ส่วนจำนวนจุดวัดและการกำหนดตำแหน่ง ขึ้นอยู่กับผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดจากโครงการ คาบการตรวจวัดและช่วงเวลาระหว่างคาบ จะพิจารณาได้จากลักษณะของเสียงที่เป็นอยู่ ถ้าคาดว่าจะเหมือนเดิมในแบบวันต่อวัน การตรวจวัดระหว่าง 24 ชั่วโมงของหนึ่งวันก็อาจจะเพียงพอ เช่น เสียงจากจราจรโดยยานยนต์ที่คงที่ แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงไปมากในแต่ละ

วัน สัปดาห์ เดือน หรือฤดู ก็ต้องวัดตามคาบเวลาที่เหมาะสมต่างๆ กัน ส่วนในการคำนวณก็กลับไปใช้วิธีการที่เป็นที่ยอมรับกันตามธรรมชาติของแหล่งกำเนิดเสียงนั้นๆ

ในบางครั้งถ้าค่าระดับเสียงในปัจจุบันสูงอยู่แล้ว ผลกระทบของโครงการใหม่ก็ไม่มากเกินไปนัก บางทีอาจจะน้อยกว่าผลกระทบจากเสียงที่มีอยู่ ก็จำเป็นที่จะต้องมีโปรแกรมตรวจวัดเพื่อทำนายผลกระทบได้แม่นยำขึ้นถ้าสภาวะแวดล้อมทางเสียงที่มีอยู่เกิดจากแหล่งเสียงสำคัญ เช่น ท่าอากาศยาน ทางหลวง รถไฟ โรงไฟฟ้า โรงงาน หรืออย่างอื่นที่มีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการทำนายอยู่แล้ว การทำนายสภาวะแวดล้อมทางเสียงจะต้องใช้ข้อมูลจากแหล่งเสียงและการดำเนินการที่ทำอยู่ ถ้าไม่มีอาจถือว่าเกิดจากเสียงการจราจรโดยรถยนต์

ถึงแม้ว่าการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียงจากโครงการจะมีแนวทางการปฏิบัติโดยรวมที่เหมือนกัน แต่ในรายละเอียดของแต่ละประเภทโครงการก็จะมีความแตกต่างกัน สำหรับในประเทศไทยขั้นตอนในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมอาจพอสรุปได้ดังรูปที่ 4-3 และมีรายละเอียดที่แตกต่างกันในแต่ละโครงการดังตารางที่ 4-1 และรูปแบบการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อเสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อมและคณะกรรมการผู้ชำนาญการผู้พิจารณารายงานฯ ควรประกอบด้วยสาระสำคัญต่าง ๆ

2.6 กฎหมายและมาตรฐาน ในประเทศไทย

กฎหมายและข้อบังคับต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางเสียง เป็นมาตรการหนึ่งที่หน่วยงานของรับใช้ในการส่งเสริม และรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในเรื่องเสียง รวมทั้งเป็นแนวทางในการควบคุมและป้องกันปัญหามลพิษทางเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และควบคุมระดับเสียงอันอาจจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ในปัจจุบันมี พระราชบัญญัติ ประกาศต่างๆ กฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางเสียง ดังนี้

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32(5) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

ข้อ 2 ให้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ไว้ดังต่อไปนี้

(1) ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ

(2) ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแหงชาติ ฉบับที่ 17 (พ.ศ. 2543) เรื่อง ค่าระดับเสียงรบกวน ซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 32(6) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

ข้อ 2 ให้กำหนดค่าระดับเสียงรบกวนไว้ที่ 10 เดซิเบลเอ หากระดับการรบกวนที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าระดับเสียงรบกวนตามวรรคแรก ให้ถือว่าเป็นเสียงรบกวน

ข้อ 3 วิธีการตรวจวัดระดับเสียงพื้นฐานและระดับเสียงขณะมีการรบกวน การคำนวณค่าระดับเสียงขณะมีการรบกวนและค่าระดับการรบกวนเป็นไปตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ

ร่างประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2544) เรื่อง กำหนดระดับเสียงรถยนต์ ซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

ข้อ 3 รถยนต์ที่ใช้ในทางขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียงแตรสัญญาณจะต้องมีระดับเสียงไม่เกิน

(1) 85 เดซิเบลเอ เมื่อตรวจวัดระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์ 7.5 เมตร หรือ

(2) 100 เดซิเบลเอ เมื่อตรวจวัดระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์ 0.5 เมตร

ร่างประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2544 เรื่อง กำหนดระดับเสียงของรถจักรยานยนต์ ซึ่งออกโดยอาศัยอำนาจตามมาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

ข้อ 2 รถจักรยานที่ใช้ในทางขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียงแต่สัญญาณจะต้องมีระดับเสียงไม่เกิน 95 เดซิเบลเอ เมื่อตรวจวัดระดับเสียงในระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ 0.5 เมตร

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานสิ่งแวดล้อมสำหรับเสียง

หน่วย : เดซิเบลเอ (dBA)

ชั้นพื้นที่	พื้นที่ได้รับผลกระทบ	พื้นที่ทั่วไป			พื้นที่ริมถนน			
		ชั่วโมง			จำนวนช่องทางจราจร	ชั่วโมง		
		กลางวัน (8.00-19.00)	เช้า-เย็น (6.00-8.00, 19.00-23.00)	กลางคืน (23.00-06.00)		กลางวัน (8.00-19.00)	เช้า-เย็น (6.00-8.00, 19.00-23.00)	กลางคืน (23.00-06.00)
AA	พื้นที่ที่ต้องการความสงบมาก เช่น รพ.	45 หรือน้อยกว่า	40 หรือน้อยกว่า	35 หรือน้อยกว่า	เหมือนกับ ระดับเสียงสำหรับพื้นที่ทั่วไป			
A	พื้นที่พักอาศัย	50 หรือน้อยกว่า	45 หรือน้อยกว่า	40 หรือน้อยกว่า	1	เหมือนกับพื้นที่ทั่วไป		
					2	55 หรือน้อยกว่า	50 หรือน้อยกว่า	45 หรือน้อยกว่า
					3 หรือมากกว่า	60 หรือน้อยกว่า	55 หรือน้อยกว่า	50 หรือน้อยกว่า
B	พื้นที่พาณิชยกรรมกึ่งอุตสาหกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรม	60 หรือน้อยกว่า	55 หรือน้อยกว่า	50 หรือน้อยกว่า	2 หรือน้อยกว่า	65 หรือน้อยกว่า	60 หรือน้อยกว่า	55 หรือน้อยกว่า
					3 หรือมากกว่า	65 หรือน้อยกว่า	65 หรือน้อยกว่า	60 หรือน้อยกว่า

Note : ในกรณีของชั้นพื้นที่ B "Midday" ประกอบไปด้วยช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 น. – 20.00 น. และ "Evening" คือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 20.00 น. -23.00 น.

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานสำหรับเสียงจากยานพาหนะ

หน่วย: เดซิเบลเอ (dBA)

ชนิดของยานพาหนะ		เสียงขณะมีความเร่ง	เสียงขณะวิ่ง	เสียงจากปลายท่อ
รถประจำทางและรถบรรทุก	ขนาดใหญ่	83	80	107
	ขนาดกลาง		78	105
	ขนาดเล็ก	78	74	103
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล		78	70	103
รถสองล้อ		75	74	99
รถจักรยานยนต์		72	70	95

คำอธิบาย

- มาตรฐานเสียงถูกกำหนดขึ้นเพื่อควบคุมยานพาหนะแต่ละประเภทให้เข้มงวดขึ้นมาตั้งแต่ปี 2514 มาตรฐานที่กำหนดระดับเสียงจากปลายท่อของยานพาหนะถูกเพิ่มเข้าไปในปี 2529 เพื่อทำให้การควบคุมถนนง่ายขึ้น
- มาตรการอื่น ๆ ที่เสนอเข้ามาเพื่อลดระดับเสียงประกอบด้วย การห้ามยานพาหนะขนาดใหญ่วิ่งในถนนเขตเมือง (ถนนวงแหวนหมายเลข 7) ในวันเสาร์และเวลากลางคืน การสร้างอาคารที่มีการป้องกันเสียงบนถนนสายหลักของเมือง และมีการขยายพื้นที่สีเขียวคลอดริมเส้นทางจราจรนั้น

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อมสำหรับเสียงริมถนน

หน่วย : เดซิเบล (dBA)

พื้นที่	ค่ามาตรฐาน	
	กลางวัน (06.00-22.00)	กลางคืน (22.00-06.00)
A ที่อยู่หัวหน้าติดถนน 2 เลน	≤ 60	≤ 55
B และ C ที่อยู่หัวหน้าติดถนนที่มากกว่า 2 ช่องทางวิ่ง	≤ 65	≤ 60
ที่ว่างที่อยู่ใกล้ถนนที่มีรถบรรทุกใหญ่วิ่ง	≤ 70	≤ 65
กรณีอยู่ในอาคาร	≤ 45	≤ 40

ที่มา : ประกาศหน่วยงานสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 64 คุณภาพสิ่งแวดล้อมประเทศญี่ปุ่น

หมายเหตุ : A พื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัยอย่างเดียว

B พื้นที่ที่ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการอยู่อาศัย

C พื้นที่ที่ใช้ในการอยู่อาศัยและในขณะเดียวกัน เพื่อการพาณิชยกรรมและอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2.5 WHO guideline values for community noise in various environments.

สภาพแวดล้อมเฉพาะ (Specific Environment)	ผลกระทบร้ายแรงต่อสุขภาพ (Critical Health Effects)	L_{Aeq} in dB(A)	เวลาฐาน ชั่วโมง Timebase (hours)	L_{Amax} Fast in dB
พื้นที่อยู่อาศัย (ภายนอกอาคาร)	-การรบกวนมากในช่วงกลางวันและเย็น -การรบกวนปานกลางในช่วงกลางวันและเย็น -รบกวนการนอนหลับ เปิดหน้าต่าง	55 50 45	16 16 8	- - 60
พื้นที่อยู่อาศัย (ภายในอาคาร)	-ความสามารถการเข้าใจในการสนทนา -การรบกวนปานกลางในช่วงกลางวันและเย็น -การรบกวนการนอนหลับในเวลากลางคืน	55 30	16 8	- 45
ห้องนอน	-การรบกวนการนอนหลับ	30	8	45
ห้องเรียน	-ความสามารถการเข้าใจในการสนทนา -การรบกวนการแยกแยะข้อมูลต่างๆ -การสื่อสารข้อมูลสื่อสารระหว่างกัน	35	ระหว่างมีการเรียนการสอน	-