

การศึกษาลักษณะผิวทางที่เหมาะสมสำหรับการทำนายระดับเสียงจากการจราจรบนพื้นผิว  
แบบแอสฟัลต์คอนกรีตในประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0  
The Study of Suitable Pavement for Predicting Traffic Noise Levels on Asphalt  
Concrete Surfaces in Thailand by using TNM 3.0 Mathematical Model.

ศาสตราจารย์ ดร. คชขจร\* และ สรณ สุวรรณโชติ  
Sarttrawut Khongkajorn\* and Sorn Suwannachot

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University  
\*E-mail: sarttrawut.khon@dome.tu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเลือกใช้ลักษณะผิวทางจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ที่เหมาะสม เพื่อการทำนายระดับเสียงจากการจราจรบนทางหลวงในประเทศไทยที่มีผิวทางส่วนใหญ่เป็นแบบแอสฟัลต์คอนกรีต โดยเก็บข้อมูลปริมาณการจราจรทั้งจำนวนรถและความเร็วแยกตามเกณฑ์ของ FHWA จำแนกเป็น 5 ประเภท พร้อมรวบรวมข้อมูลระดับเสียงรายชั่วโมงจากการจราจร จำนวน 117 ชั่วโมง โดยมีพื้นที่ศึกษาบนทางหลวงหมายเลข 4 (ถนนเพชรเกษม) และทำการเปรียบเทียบผลการทำนายระดับเสียงจากการจราจรจากการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ตามลักษณะผิวทาง 4 ประเภทของแบบจำลองฯ ได้แก่ Average, DGAC, OGAC และ PCC กับผลการตรวจวัดจริงรายชั่วโมง โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าลักษณะผิวทางแต่ละแบบให้ผลการทำนายที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบบ Average และ DGAC ให้ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างระดับเสียงจากการทำนายกับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงที่ต่ำที่สุดเป็น 0.2 dBA ในขณะที่ผลการทำนายโดยลักษณะผิวทางแบบ Average สามารถอธิบายค่าระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงได้มากที่สุดที่ 70% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสำหรับการทำนายระดับเสียงจากการจราจรบนพื้นผิวแบบแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น การเลือกใช้ลักษณะผิวทางแบบ Average เป็นแนวทางที่เหมาะสม

**คำสำคัญ:** เสียงจากการจราจร ระดับเสียง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 แอสฟัลต์คอนกรีต

#### Abstract

The purpose of this study was to determine the appropriate pavement selection from the TNM 3.0 mathematical model for predicting traffic noise levels on asphalt concrete pavements highways in Thailand. Traffic volume data, consisting of the number of vehicles according to FHWA and speed, as well as hourly noise levels from traffic, were collected for 117 hours with the study area on Highway No. 4 (Phet Kasem Road). Then, the prediction results of traffic noise levels were predicted by the TNM 3.0 mathematical model based on 4 types of road surfaces of the model: Average, DGAC, OGAC, PCC and compared with the hourly measurement results. The results of the study showed that each type of pavement gave significantly different predictive results. The Average and DGAC models represented the lowest mean

difference between the predicted and actual measured noise levels of 0.2 dBA. In addition, the predicted result by Average pavement characteristics can explain the noise level from the measurement up to 70%, indicating that for predicting the traffic noise level on asphalt concrete surfaces, the selection of Average pavement is a suitable approach.

**Keywords:** Traffic Noise, Sound Level, Traffic Noise Model 3.0, Asphalt Concrete

## บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เกิดการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว รวมไปถึงการพัฒนาด้านเทคโนโลยี ยานยนต์ (สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560) ประกอบกับประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยได้ถูกให้ความสำคัญเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับกรมควบคุมมลพิษ (2565) ได้มีการรายงานสถานการณ์ และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2564 ได้ระบุถึงผลกระทบเนื่องจากการจราจร ว่าเป็นสาเหตุหลักของปัญหามลพิษทางเสียงที่ส่งผลกระทบต่อประชาชน ซึ่งการจัดการมลพิษด้านเสียงจำเป็นต้องมีการพิสูจน์ทราบเกี่ยวกับสภาพพื้นที่ และปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งสามารถดำเนินการได้โดย การตรวจวัดระดับเสียง หรือ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคาดการณ์ระดับเสียง ซึ่งการดำเนินการโดยแบบจำลองฯ ด้วยวิธีการที่มีความแม่นยำนั้น จะช่วยให้สามารถคาดการณ์ระดับเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่สนใจได้ครอบคลุมตลอดทั้งพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบได้ สะดวกและรวดเร็วกว่าการอาศัยเพียงการตรวจวัดระดับเสียง รวมถึงสามารถใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ก่อนการดำเนินโครงการเพื่อที่จะสามารถจัดเตรียมมาตรการในการป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นล่วงหน้าได้อีกด้วย

ทั้งนี้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากการจราจรที่ถูกนำมาใช้ในประเทศไทย มีอยู่หลายชนิด โดยแบบจำลองฯ ที่ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในการประเมินระดับเสียง จากการจราจร คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Traffic Noise Model หรือ TNM ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยหน่วยงาน Federal Highway Administration; FHWA สหรัฐอเมริกา (FHWA, 2018a; 2018b) แต่เนื่องจากการที่แบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ถูกพัฒนาขึ้นในต่างประเทศ จึงมีพื้นฐานการพัฒนาแบบจำลองฯ ที่แตกต่างจากสถานการณ์ที่พบ ในประเทศไทย เช่น ลักษณะของยานพาหนะที่แตกต่างกัน รวมไปถึงพื้นผิวของถนนที่มีลักษณะของส่วนผสมในการก่อสร้าง ที่แตกต่างกัน หรือเทคนิควิธีที่ใช้ในการออกแบบของแต่ละประเทศ (กรมทางหลวง, 2532; 2542; สำนักวิเคราะห์วิจัย และพัฒนา, 2552) ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อระดับเสียงจากการจราจรที่มีแหล่งกำเนิดสำคัญ 4 แหล่ง ได้แก่ เสียงจาก เครื่องยนต์ เสียงจากท่อไอเสีย เสียงจากลมที่ปะทะกับตัวรถ และเสียงจากยางที่สัมผัสกับพื้นผิวทางขณะรถวิ่ง ที่เป็น แหล่งกำเนิดเสียงหลักเมื่อรถวิ่งด้วยความเร็วเกินกว่า 64 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ชัยศรี, 2539; FHWA, 2018) ซึ่งเมื่อพิจารณา ลักษณะพื้นผิวของถนนในประเทศไทยตามข้อมูลของกรมทางหลวง (2563) ซึ่งระบุว่าระยะทางของทางหลวงในความ รับผิดชอบของกรมทางหลวงที่มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 74,719.91 กิโลเมตร มีสัดส่วนมากถึงประมาณร้อยละ 91.23 ที่มีลักษณะเป็นผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ประกอบกับการที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 สามารถให้ผู้ใช้งาน สามารถเลือกเปลี่ยนชนิดผิวทางตามที่มีให้ในแบบจำลองฯ ได้แก่ Average, Dense Graded Asphalt Concrete; DGAC, Open-Graded Asphalt Concrete; OGAC และ Portland Cement Concrete; PCC ดังนั้น เพื่อความเหมาะสมในการใช้ งานในการประเมินระดับเสียงจากการจราจรบนทางหลวงของประเทศไทยที่ส่วนใหญ่มีผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต จึงควรมี การศึกษาแนวทางที่เหมาะสมของการเลือกใช้ลักษณะผิวทางในการทำนายโดยแบบจำลองฯ TNM 3.0 เพื่อการใช้งาน แบบจำลองดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

## วิธีการวิจัย

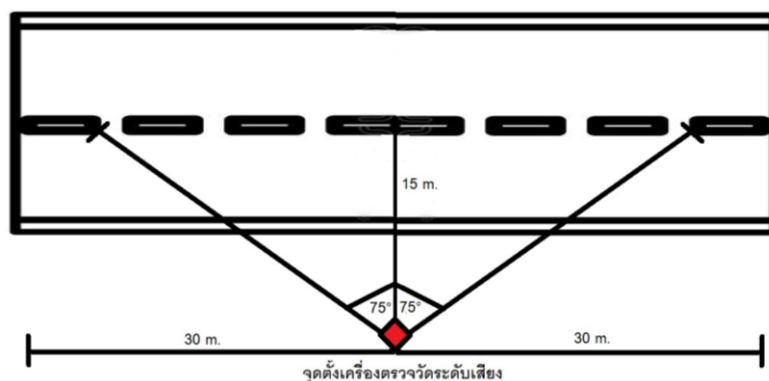
การศึกษานี้สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1) การเก็บข้อมูลปริมาณการจราจร และค่าระดับเสียงเฉลี่ยรายชั่วโมง ดำเนินการโดยโดยการสำรวจปริมาณการจราจรบนถนนเพชรเกษม (ทล.4) บริเวณกิโลเมตรที่ 315 + 300 ถึง 315 + 400 ซึ่งอยู่ในพื้นที่ ต.คลองวาฬ อ.เมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในเดือนมกราคม-เมษายน 2565 ในช่วงเวลา 07.00-18.00 น. รวมทั้งสิ้น 117 ชั่วโมง โดยในแต่ละชั่วโมงมีการนับจำนวนยานพาหนะและรวบรวมข้อมูลความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภทที่วิ่งผ่านจุดสังเกต พร้อมตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย จากนั้นพิจารณาปริมาณและความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภทในแต่ละชั่วโมง โดยแบ่งตามลักษณะของยานพาหนะที่พบที่สอดคล้องกับการแบ่งประเภทยานพาหนะสำหรับสำรวจปริมาณจราจร (สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม, 2559) แล้วจัดกลุ่มใหม่เป็น 5 ประเภท ตามข้อกำหนดการใช้งานของแบบจำลองฯ (ตารางที่ 1) ทั้งนี้การตรวจวัดระดับเสียงดำเนินการตามวิธีการของ Wayson et al. (1993) and Bowlby et al. (1997) ซึ่งมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดแบ่งประเภทยานพาหนะตามเกณฑ์ของ FHWA

ประเภท	รายละเอียด
รถยนต์ส่วนบุคคล (Automobiles)	ยานพาหนะที่มี 2 เพลาและมี 4 ล้อ ขนาดไม่เกิน 9 ที่นั่ง หรือใช้สำหรับขนส่งสินค้า รวมไปถึงรถบรรทุกขนาดเล็ก ซึ่งโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักบรรทุกรวมไม่เกินกว่า 4,500 กก.
รถบรรทุกขนาดกลาง (Medium Trucks)	ยานพาหนะสำหรับขนส่งสินค้าที่มี 2 เพลาและมี 6 ล้อ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักบรรทุกรวมมากกว่า 4,500 กก. แต่ไม่เกิน 12,000 กก.
รถบรรทุกขนาดใหญ่ (Heavy Trucks)	ยานพาหนะสำหรับขนส่งสินค้าที่มี 3 เพลาขึ้นไป ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีน้ำหนักบรรทุกรวมมากกว่า 12,000 กก.
รถโดยสาร (Buses)	ยานพาหนะที่มี 2 หรือ 3 เพลา ใช้สำหรับการขนส่งผู้โดยสาร และมีจำนวนที่นั่งตั้งแต่ 9 ที่นั่งขึ้นไป
รถจักรยานยนต์ (Motorcycles)	ยานพาหนะที่มีจำนวนล้อไม่เกิน 2 ถึง 3 ล้อ และมีลักษณะของการขับขี่แบบเปิดโล่ง

Note. From "Noise Measurement Handbook" by FHWA., 2018



ภาพที่ 1 การตั้งเครื่องวัดเสียงเพื่อตรวจวัดระดับเสียงจากการจราจร

(Note. Adapted from Wayson et al., 1993 and Bowlby et al., 1997)

2) ทำนายระดับเสียงจากการจราจรโดยใช้ข้อมูลการจราจรที่เก็บรวบรวมได้ โดยสมการการทำนายระดับเสียงจากการจราจรของแบบจำลองฯ พิจารณาจากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงกับความเร็วของยานพาหนะ ซึ่งมีรูปแบบสมการเป็น

$$L_{(s)} = 10 \log_{10} [10^{(C/10)} + 10^{(A \log(s) + B)/10}]$$

เมื่อ	$L_{(s)}$	คือ ระดับเสียงที่เกิดจากยานพาหนะ
	$A \log_{10}(s) + B$	คือ ระดับเสียงที่เกิดจากล้อยางและพื้นถนน
	C	คือ ระดับเสียงที่เกิดจากเครื่องยนต์และท่อไอเสีย
	s	คือ ความเร็วของยานพาหนะ

โดยจำแนกตามลักษณะผิวทางของแบบจำลองฯ ออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

- Average
- Dense-Graded Asphalt Concrete; DGAC
- Open-Graded Asphalt Concrete; OGAC
- Portland Cement Concrete; PCC

3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายค่าระดับเสียงจากการจราจรด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ที่ได้จากการใช้ลักษณะผิวทางทั้ง 4 แบบของแบบจำลองฯ โดยพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทำนายจากแบบจำลองฯ กับผลการตรวจวัดจริง (Hankard et al., 2006) พร้อมด้วยการทดสอบทางสถิติ Paired-t test ซึ่งพิจารณาค่าความแตกต่างจากค่า p-value ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (นิกม, 2558) เพื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของค่าระดับเสียงที่ทำนายได้จากแบบจำลองฯ และพิจารณาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลการทำนายจากแบบจำลองฯ ของผิวทางแต่ละแบบกับระดับเสียงที่ได้จากการตรวจวัดจริง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ )

### ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลการจราจรเพื่อใช้ในการทำนายระดับเสียงด้วยลักษณะผิวทางของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 โดยการแยกประเภทยานพาหนะที่พบแล้วทำการจัดกลุ่มใหม่เป็น 5 ประเภทตามเกณฑ์ของ FHWA แสดงดังตารางที่ 2 และมีข้อมูลปริมาณการจราจรทั้งจำนวนและสัดส่วนของยานพาหนะในพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทของยานพาหนะที่พบตามเกณฑ์ FHWA

ประเภทยานพาหนะ	กลุ่มยานพาหนะตาม FHWA	ลักษณะสังเกต
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	2 เพลา 4 ล้อ จำนวนที่นั่ง $\leq 9$ ที่นั่ง
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน (รถตู้)	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	2 เพลา 4 ล้อ น้ำหนัก $\leq 4,500$ กก.
รถโดยสารขนาดเล็ก (รถสองแถว)	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	2 เพลา 4 ล้อ น้ำหนัก $\leq 4,500$ กก. <sup>1)</sup>

ประเภทยานพาหนะ	กลุ่มยานพาหนะตาม FHWA	ลักษณะสังเกต
รถโดยสารขนาดกลาง	รถโดยสารขนาดใหญ่	2 เพลา 4 ล้อ จำนวนที่นั่ง > 9 ที่นั่ง
รถโดยสารขนาดใหญ่	รถโดยสารขนาดใหญ่	2 ถึง 3 เพลา จำนวนที่นั่ง > 9 ที่นั่ง
รถบรรทุกขนาดเล็ก 4 ล้อ (รถกระบะ)	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	2 เพลา 4 ล้อ น้ำหนัก ≤ 4,500 กก. <sup>ข</sup>
รถบรรทุกขนาดกลาง 4 ล้อ	รถบรรทุกขนาดกลาง	2 เพลา 4 ล้อ น้ำหนัก >4,500 - 12,000 กก. <sup>ค</sup>
รถบรรทุกขนาดกลาง 6 ล้อ	รถบรรทุกขนาดกลาง	2 เพลา 6 ล้อ น้ำหนัก >4,500 - 12,000 กก. <sup>ค</sup>
รถบรรทุก 10 ล้อ	รถบรรทุกขนาดใหญ่	3 เพลา น้ำหนัก > 12,000 กก.
รถบรรทุกพ่วง	รถบรรทุกขนาดใหญ่	≥ 3 เพลา น้ำหนัก > 12,000 กก.
รถบรรทุกกึ่งพ่วง	รถบรรทุกขนาดใหญ่	≥ 3 เพลา น้ำหนัก > 12,000 กก.
รถจักรยานยนต์และสามล้อเครื่อง	รถจักรยานยนต์	2 ถึง 3 ล้อ

**หมายเหตุ:** ดัดแปลงจาก ร่างรายงานคู่มือมาตรฐานด้านการจัดระบบจราจร สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559 <sup>ก</sup>ประกาศสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่อง การยกเว้นให้คนโดยสารไม่ต้องรัดร่างกายด้วยเข็มขัดนิรภัยในรถบางประเภท พ.ศ.2566

<sup>ข</sup>พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ.2522

<sup>ค</sup> ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นนี้อาจทำให้ ทางหลวงเสียหาย เติมนบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน หรือทางหลวงสัมปทาน พ.ศ.2548

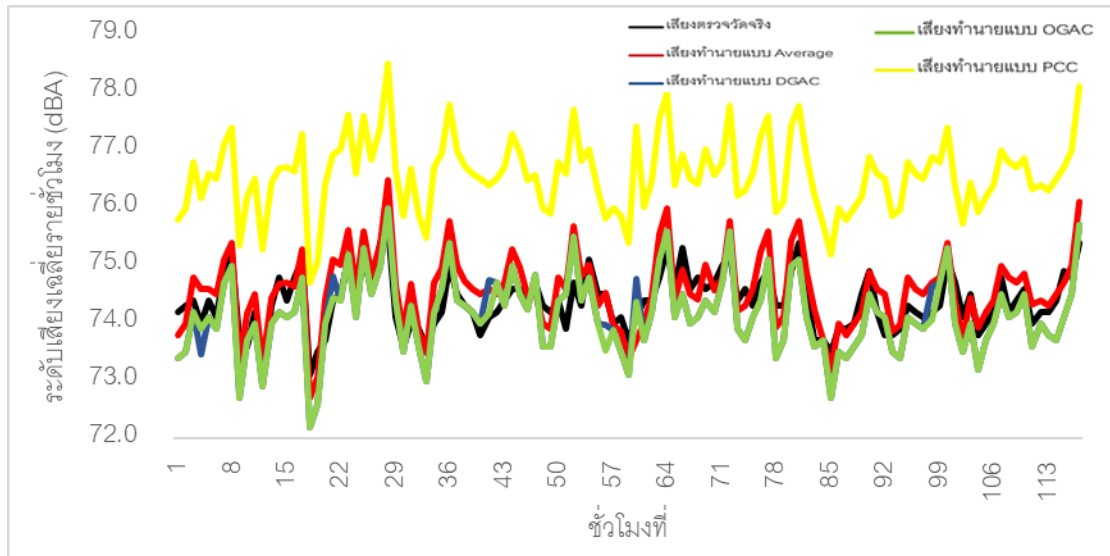
**ตารางที่ 3** ปริมาณการจราจรบนถนนเพชรเกษม (ทล.4) ช่วงกิโลเมตรที่ 315+300 ถึง 315+400

ประเภท	ข้อมูลการจราจร			
	จำนวนเฉลี่ย		ความเร็วเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (กม./ชม.)*	
	คันต่อชั่วโมง	ร้อยละ	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
รถยนต์ส่วนบุคคล	680	73.08	78	115
รถบรรทุกขนาดกลาง	63	6.79	58	95
รถบรรทุกขนาดใหญ่	107	11.47	53	89
รถโดยสาร	2	0.19	62	100
รถจักรยานยนต์	79	8.47	57	89

**หมายเหตุ:** ข้อมูลการจราจรในช่วง 07.00-18.00 น. ในเดือนมกราคม - เมษายน 2565 รวม 117 ชั่วโมง

\* ค่าความเร็วเฉลี่ยที่เป็นตัวแทนของรถแต่ละประเภทในแต่ละชั่วโมง (ไม่น้อยกว่า 20 คัน/ชั่วโมง)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผลการทำนายระดับเสียงจากการจราจรด้วยการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 รายชนิดผิวทางของแบบจำลองฯ ได้แก่ ผิวทางประเภท Average, DGAC, OGAC, PCC และค่าระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระดับเสียงที่ได้จากการทำนายโดยแบบจำลองฯ TNM 3.0 ด้วยลักษณะผิวทางในรูปแบบต่าง ๆ และค่าระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง

การศึกษาความแตกต่างกันของค่าระดับเสียงจากการทำนายด้วยลักษณะผิวทางแบบต่าง ๆ ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ด้วยวิธีการทางสถิติด้วยการเปรียบเทียบ Paired-t test ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยลักษณะผิวทางทั้ง 4 รูปแบบ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ผลการทำนายระดับเสียงด้วยลักษณะผิวทางทั้ง 4 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรณี โดยมีค่า p-value < 0.05 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ของลักษณะผิวทางแบบต่าง ๆ

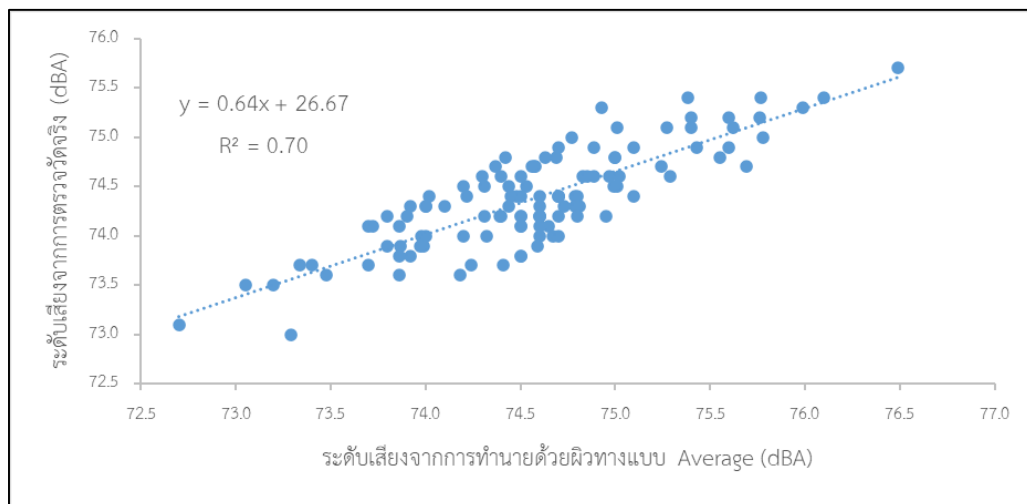
การเปรียบเทียบ	ผลการวิเคราะห์ paired t-test		
	df	t-value	p-value
ผิวทางแบบ Average กับ DGAC	116	18.27	0.00
ผิวทางแบบ Average กับ OGAC	116	27.22	0.00
ผิวทางแบบ Average กับ PCC	116	120.24	0.00
ผิวทางแบบ DGAC กับ OGAC	116	17.47	0.00
ผิวทางแบบ DGAC กับ PCC	116	129.41	0.00
ผิวทางแบบ OGAC กับ PCC	116	126.23	0.00

เมื่อพิจารณาค่าความต่างของค่าเฉลี่ยและทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระหว่างค่าผลการทำนายโดยเลือกใช้ลักษณะผิวทางแต่ละแบบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 กับค่าผลการตรวจวัดจริงพบว่า ค่าความต่างของค่าเฉลี่ย

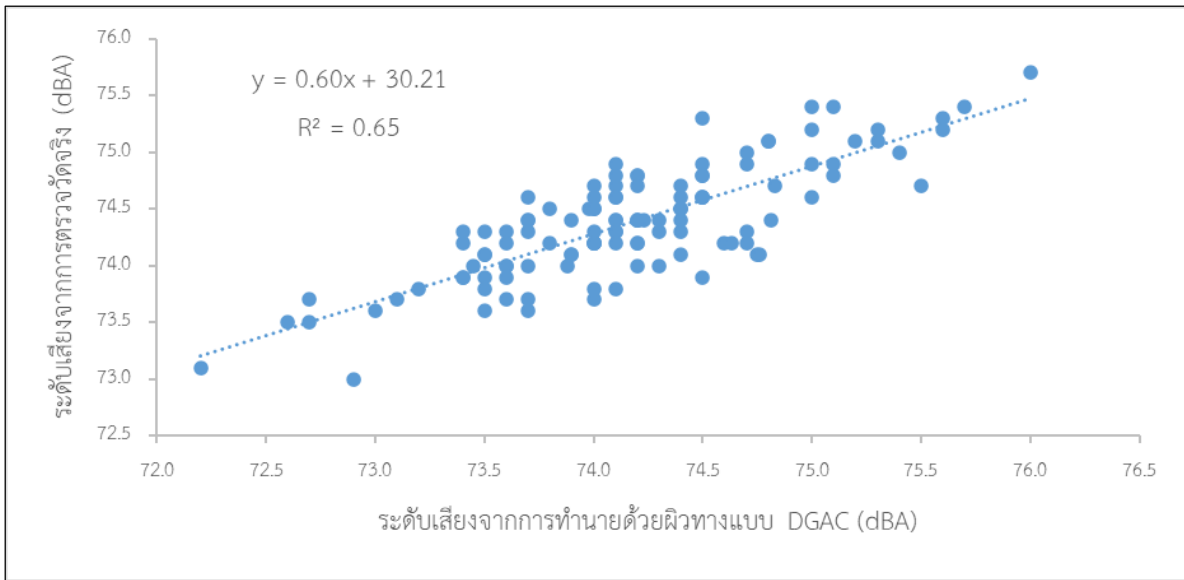
ของผลการทำนายโดยเลือกใช้พื้นผิวแบบแบบ Average และ DGAC ให้ค่าความต่างของค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ที่ใช้ลักษณะผิวทางทั้ง 4 ประเภท กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง โดยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพบว่า ผลการทำนายระดับเสียงโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ที่ใช้ลักษณะผิวทางแบบ Average สามารถอธิบายระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงได้มากที่สุดที่ร้อยละ 70 โดยมีรูปแบบสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริงแสดงดังตารางที่ 5 และ ภาพที่ 3 ถึง ภาพที่ 6

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ TNM 3.0 กับระดับเสียงจากการตรวจวัด

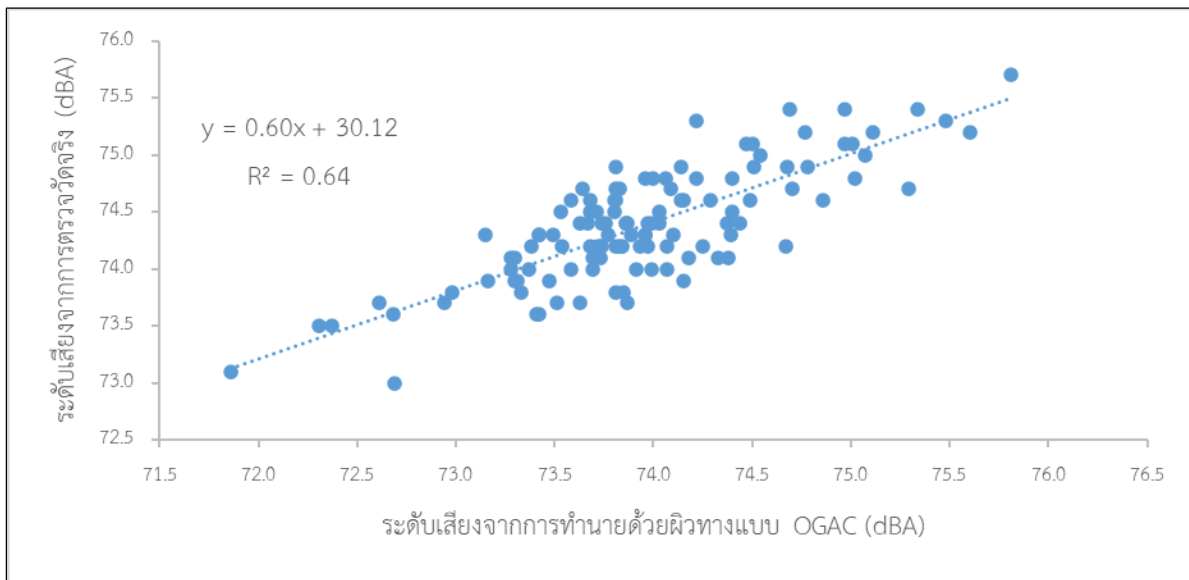
ค่าระดับเสียงจาก	ค่าระดับเสียง รายชั่วโมง (dBA)	ค่าเฉลี่ยระดับ เสียงรายชั่วโมง (dBA)	ค่าความแตกต่าง ของค่าเฉลี่ย (dBA)	การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น	
				R <sup>2</sup>	สมการความสัมพันธ์
ตรวจวัดจริง	73.0-75.7	74.4	-	-	-
การทำนายด้วยผิวทางแบบ Average	72.7-76.5	74.6	0.2	0.70	$y = 0.64x + 26.67$
การทำนายด้วยผิวทางแบบ DGAC	72.2-76.0	74.2	0.2	0.65	$y = 0.60x + 30.21$
การทำนายด้วยผิวทางแบบ OGAC	71.9-75.8	73.9	0.4	0.64	$y = 0.60x + 30.12$
การทำนายด้วยผิวทางแบบ PCC	74.7-78.5	76.6	2.2	0.67	$y = 0.62x + 26.61$



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ TNM 3.0 ด้วยลักษณะผิวทาง Average กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง

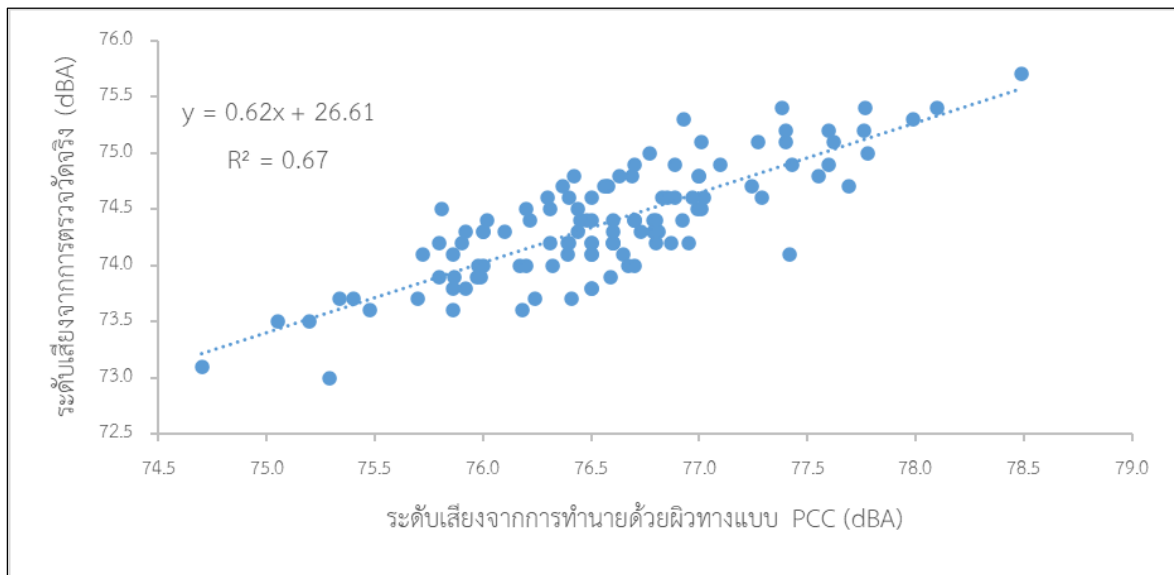


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ TNM 3.0 ด้วยลักษณะผิวทาง DGAC กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ TNM 3.0 ด้วยลักษณะผิวทาง OGAC กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง





ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงจากการทำนายด้วยแบบจำลองฯ TNM 3.0 ด้วยลักษณะผิวทาง Average กับระดับเสียงจากการตรวจวัดจริง

### อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกใช้ลักษณะผิวทางของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 เพื่อใช้สำหรับการทำนายระดับเสียงจากการจราจรบนทางหลวงในประเทศไทยที่มีผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีต โดยการทดสอบการทำนายระดับเสียงด้วยลักษณะผิวทางทั้ง 4 ประเภท พบว่า ระดับเสียงที่ได้จากการทำนายด้วยลักษณะผิวทางทั้ง 4 ประเภท มีแนวโน้มส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 2) แต่กลับมีค่าระดับเสียงที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรณี (ตารางที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลจากการเลือกใช้ลักษณะพื้นผิวแบบต่าง ๆ จะให้ค่าการทำนายระดับเสียงที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของผลการทำนายกับผลการตรวจวัดจริงโดยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) พบว่า ผลการทำนายโดยใช้ลักษณะผิวทางแบบ Average จะสามารถอธิบายค่าผลการตรวจวัดได้มากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเป็นร้อยละ 70

ดังนั้นจากการศึกษาจึงสรุปได้ว่า แนวทางในการเลือกใช้ลักษณะผิวทางสำหรับการทำนายระดับเสียงจากการจราจรบนผิวทางแบบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ TNM 3.0 ที่เหมาะสม คือการเลือกใช้ลักษณะผิวทางแบบ Average ซึ่งจะให้ค่าการทำนายด้วยแบบจำลองฯ ที่สอดคล้องกับการตรวจวัดจริงมากที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ดำเนินการภายใต้การสนับสนุนจาก ทู่นบัณฑิตเรียนดีเพื่อการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2563 (Scholarship for talent student to study graduate program in Faculty of Science and Technology Thammasat University, Contact No. 13/2562) ผู้รับทุนขอขอบคุณ ทู่นบัณฑิตเรียนดีเพื่อการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ตามบันทึกข้อตกลง เลขที่ ทบ.13/2562) และขอขอบคุณ คุณจิรัชยา หาญรงค์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท มิตรชูประจวบ จำกัด สำนักงานใหญ่ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่ดำเนินการรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2565, 1 พฤศจิกายน). *สถานการณ์และการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2564*. กรมควบคุมมลพิษ. <https://www.pcd.go.th/publication/27805>
- กรมทางหลวง. (2560a, 30 กรกฎาคม). *แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt)*. กรมทางหลวง Department of highways. <http://www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/01/dhs408-32.pdf>
- กรมทางหลวง. (2560b, 30 กรกฎาคม). *พอร์สแอสฟัลต์คอนกรีต (Porous Asphalt Concrete)*. กรมทางหลวง Department of highways. <http://www.doh.go.th/doh/images/aboutus/standard/01/dhs414-42.pdf>
- กรมทางหลวง. (2564, 22 เมษายน). *ระยะทางในความรับผิดชอบ*. กรมทางหลวง Department of highways. <http://www.doh.go.th/content/page/page/1103>
- ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์. (2539). *การศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับเสียงจากการจราจร ในลักษณะการเคลื่อนที่แบบไม่ต่อเนื่องของกรุงเทพมหานคร* [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี]. <https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/78018>.
- นิคม ถนอมเสียง. (2558). *การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)*. คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. [https://home.kku.ac.th/nikom/hypothesis\\_nk\\_2558.pdf](https://home.kku.ac.th/nikom/hypothesis_nk_2558.pdf)
- ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงพิเศษ ผู้อำนวยการทางหลวงแผ่นดินและผู้อำนวยการทางหลวงสัมปทาน เรื่อง ห้ามใช้ยานพาหนะที่มีน้ำหนัก น้ำหนักบรรทุก หรือน้ำหนักลงเพลาเกินกว่าที่ได้กำหนด หรือโดยที่ยานพาหนะนั้นอาจทำให้ทางหลวงเสียหาย เดินบนทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน หรือทางหลวงสัมปทาน พ.ศ.2548. (2548, 28 ธันวาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 122 ตอนที่ 150 หน้า 19-25.
- ประกาศสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เรื่อง การยกเว้นให้คนโดยสารไม่ต้องรัดร่างกายด้วยเข็มขัดนิรภัยในรถบางประเภท พ.ศ.2566. (2566, 16 กุมภาพันธ์). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 140 ตอนที่ 36 หน้า 36-37.
- พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ.2522. (2522, 21 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 96 ตอนที่ 38 หน้า 1-59.
- สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2560). *รายงานการวิเคราะห์แนวโน้มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอุตสาหกรรมยานยนต์ใหม่*. สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [https://www.ipthailand.go.th/images/3534/web\\_01052018/Report\\_CHU/9\\_Next-Generation\\_Automotive\\_19-12-60\\_CHU.pdf](https://www.ipthailand.go.th/images/3534/web_01052018/Report_CHU/9_Next-Generation_Automotive_19-12-60_CHU.pdf)
- สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม. (2559). *ร่างรายงานคู่มือมาตรฐานด้านการจัดระบบการจราจร*. สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม. <https://www.otp.go.th/post/view/1274>
- สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท. (2552). *โครงการ “ประเมินสภาพผิวทางแบบพอร์สแอสฟัลต์คอนกรีต” (Porous Asphalt Concrete)*. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนา กรมทางหลวงชนบท. [https://research.drr.go.th/wp-content/uploads/2020/02/drr-2020-02-03\\_04-17-20\\_229458.pdf](https://research.drr.go.th/wp-content/uploads/2020/02/drr-2020-02-03_04-17-20_229458.pdf)
- Federal Highway Administration. (2018, January 6). *Techniques for Reviewing TNM Model Runs and Associated Noise Modeling Reports*. FHWA. [https://www.fhwa.dot.gov/Environment/noise/resources/reviewing\\_tnm\\_model/fhwahep18068.pdf](https://www.fhwa.dot.gov/Environment/noise/resources/reviewing_tnm_model/fhwahep18068.pdf).
- Federal Highway Administration. (2018, January 6). *Final report noise measurement handbook*. Federal Highway Administration. <https://www.fhwa.dot.gov/ENVIronment/noise/measurement/fhwahep18066.pdf>.

- Hankard, M., Cerjan, J. and Leasure, J. (2007, February 16). *Evaluation of the FHWA traffic noise model (TNM) for highway traffic noise prediction in the state of Colorado*. Transproation research board. <https://www.codot.gov/programs/research/pdfs/2005/tnm.pdf/>
- Wayson, R. L., Ogle, T. W. A. and Lindeman, W. (1993). Development of reference energy mean emission levels for highway traffic noise in florida. *Transportation Research Record, 1416* (1993), pp. 82-91. <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1993/1416/1416-011.pdf>
- Bowlby, W., Wayson, R. L., Chiguluri, S., Martin, M. and Herman, L. A. (1997). *Interrupted Flow Reference Energy Mean Emission Level for The FHWA Traffic Noise Model*. United States: Federal Highway Administration. Office of Environment and Planning.