ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน

นลิน บุสสยา

ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน

นลิน บุสสยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน

นลิน บุสสยา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิโรจน์ สินณรงค์)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ จรรยาสุภาพ)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เก นันทะเสน)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตวิทย์ อัจฉริยะพานิชกุล)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว ....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

ชื่อเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน
ชื่อผู้เขียน นางสาวนลิน บุสสยา
ชื่อปริญญา เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิโรจน์ สินณรงค์

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนนและเพื่อจำลองผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เป็นข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 จำนวน 4 ภาค คือ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ และข้อมูลการทำนายสภาพภูมิอากาศในปี ค.ศ. 2030, 2060 และ 2090 ทำการวิเคราะห์ความนิ่งของข้อมูล จากนั้นทำการประมาณค่าความสัมพันธ์แบบจำลองพาแนล

ผลการวิจัย พบว่ารูปแบบ Fixed effect เหมาะสมที่สุด เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสภาพภูมิอากาศกับตัวแปรตาม พบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือ ตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลาง นอกจากนี้ผลการจำลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนน พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้การเกิดอุบัติเหตุของภาคกลางลดลง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือเพิ่มขึ้น ส่วนภาคใต้ไม่คงที่

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, อุบัติเหตุทางถนน, แบบจำลองพาแนล

Title	RELATIONSHIP BETWEEN CLIMATE CHANGE AND ROAD ACCIDENTS
Author	Miss Nalin Bootsaya
Degree	Master of Economics in Applied Economics
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Nirote Sinnarong

ABSTRACT

The research aimed to study the relationship between climate changes and road accidents and to simulate future climate changes affecting road accidents in Thailand. The study was based on secondary data using the Panel Model in the past 10 years, between 2006 and 2015, about Land Traffic Accident Statistics in the 4 parts of the country, namely, the Central, the Northern, the North-Eastern and the Southern Regions. The data for prediction of the climate changes in the years 2030, 2060 and 2090 were also used. The data were analyzed to find their stagnation and then estimated their relationships using Panel Model.

The finding showed that the fixed effect was best suited. When analyzing the relationships between climate variables and dependent variables, it was found that the variables having the same direction as the dependent variables were the time trend variables of the Northern, the Southern and the North-Eastern Regions, and the number of raining days of the Central Region. Besides, the results of the simulation to analyze the effects of climate changes on road accidents in the future revealed that climate changes could reduce road accidents in the Central Region, and increase such accidents in the North-Eastern and the Northern Regions, but such accidents were unstable in the Southern Region.

Keywords : Climate change, Road Accidents, Panel Model

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้เนื่องจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิโรจน์ สินณรงค์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการศึกษา อีกทั้งให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมถึงตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ และขอขอบคุณอาจารย์คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อาจารย์รับเชิญทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ด้านเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลนักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรภาคปกติ ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือประสานงานต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ผู้เขียนขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยา สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิตัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม และสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ในการจัดการข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณกรมทางหลวง ในการให้ทุนการศึกษาระดับปริญญาโท ช่วยให้ผู้เขียนเข้าใจเหตุการณ์และปัญหาเศรษฐกิจในชีวิตประจำวันรวมทั้งการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล สามารถบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์กับองค์ความรู้ด้านอื่นๆ ให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในยุคข้อมูลข่าวสาร ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาการทำงานและประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยในโอกาสต่อไป

นลิน บุสสยา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1

- ความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
- ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย 3
- ขอบเขตการวิจัย 3
- นิยามศัพท์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 5

- ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับอุบัติเหตุ 5
- ข้อมูลอุบัติเหตุทั่วไป 7
- สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย 20
- แบบจำลองทางเศรษฐมิติในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับอุบัติเหตุ 24
- งานวิจัยและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง 30
- กรอบแนวคิด 35

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 36

- ข้อมูลที่ใช้ 36
- การวิเคราะห์ข้อมูล 37

บทที่ 4 ผลการวิจัย 45

การวิเคราะห์ผลของตัวแปรอธิบายต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน 45

ผลการประมาณค่าแบบจำลอง 51

การจำลองผลกระทบของการเกิดอุบัติเหตุเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 54

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 58

สรุปผลการวิจัย 58

อภิปรายผล 60

ข้อเสนอแนะ 61

บรรณานุกรม 64

ประวัติผู้วิจัย 69

MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

จากการพัฒนาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ได้ใช้พลังงานจากฟอสซิล (Fossil fuels) มากทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้น จากงานฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report; AR5) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลก (เหนือผิวดินและมหาสมุทร) เพิ่มขึ้น 0.85 องศาเซลเซียส (0.85 °C) ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1880-2012 (พ.ศ.2423-2555) (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2559) เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐกิจ และสังคม ประเทศไทยต้องเผชิญและรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฤดูกาล การเกิดภัยพิบัติที่รุนแรง และบ่อยครั้งขึ้น

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของโลกและของแต่ละภูมิภาค มีความเชื่อมโยงกันในหลายมิติกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย ดังนั้น การประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย จึงเริ่มต้นด้วยการทบทวนข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 (IPCC) ในประเด็นต่างๆ เช่น หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากข้อมูลตรวจวัด การศึกษาเชิงทฤษฎีแรงขับเคลื่อนและสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิอากาศ ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงพิจารณาช่องว่างความรู้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อสร้างความเข้าใจในเบื้องต้นถึงสถานะและความก้าวหน้าขององค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในปัจจุบัน ประเด็นสำหรับการวิจัยและประเมินองค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่ควรดำเนินการ (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2559) อ้างใน Christ 2014 เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและแรงขับเคลื่อนระดับภูมิภาค การบ่งชี้และสืบค้นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาคและท้องถิ่น ระบบการจัดการและเข้าถึงการใช้ประโยชน์ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ และการสร้างความเข้มแข็งด้านการวิจัยภูมิอากาศในระดับ ภูมิภาค การใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 ซึ่งเป็นแบบจำลองจาก CMIP3 และย่อส่วนเพื่อเพิ่มความละเอียดการแสดงผลเชิงพื้นที่ด้วยวิธีพลวัตร ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ SRES (Special Report Emission Scenario; SRES) A2 และ B2 (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2559) อ้างใน ศุภกร ชินวรรโณ และคณะ, 2552

การใช้ข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลกประสบความสำเร็จการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก เนื่องจากการเก็บข้อมูลที่เพียงพอและความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าในอดีต การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ จึงมีมากขึ้นในปัจจุบัน

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ทำให้สภาพอากาศของโลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ปัญหาอุบัติเหตุทางถนนก็เช่นเดียวกัน ในเดือน กันยายน พ.ศ. 2558 องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เป้าหมายที่ 3 การมีสุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดี (Good Health and Well-being) และเป้าหมายที่ 13 การรับมือการปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Action) (องค์การสหประชาชาติประเทศไทย, 2558)

การลดอุบัติเหตุทางถนนเป็นการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน เพราะว่าปัญหาอุบัติเหตุทางถนนเป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศกำลังเผชิญอยู่ สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนของไทยมาจากปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ ผู้ขับขี่ ยานพาหนะ ถนนและสิ่งแวดล้อม จากสถิติคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบกของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558) รวบรวมจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติ สาเหตุส่วนใหญ่ของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนของไทยคือเกิดจากผู้ขับขี่ จากสถิติอุบัติเหตุทางถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงคมนาคม จำแนกตามมูลเหตุสันนิษฐาน พ.ศ. 2558 มูลเหตุสันนิษฐานที่มีจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุดคือ ขับรถเร็วเกินกำหนด 11,753 ครั้ง คนหรือรถตัดหน้ากระชั้นชิด 1,437 ครั้ง หลับใน 796 ครั้ง และเมาสุรา/ยาบ้า 438 ครั้ง (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้ ถ้าการบังคับใช้กฎหมายของประเทศไทยมีประสิทธิภาพและมีบทลงโทษที่รุนแรง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอุบัติเหตุ ดังนี้ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ (อุณหภูมิช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว) มีความสัมพันธ์กับจำนวนอุบัติเหตุบนถนน (Bergel-Hayat et al., 2013) อุณหภูมิที่ต่างกัน ทำให้จำนวนของอุบัติเหตุบนถนนต่างกัน (Andersson and Chapman, 2011) และสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยสามารถเพิ่มจำนวนอุบัติเหตุบนถนน แต่ความรุนแรงของอุบัติเหตุจะลดลง (Koetse, 2009) cited in Fridstrøm, 1999: chapter 6 ที่ความรุนแรงลดลงเพราะว่าผู้ขับขี่จะใช้ความระมัดระวังมากขึ้นคือขับรถช้าลง ดังนั้นมาตรการควบคุมความเร็วบนถนนของประเทศไทยควรมีการบังคับใช้อย่างจริงจัง

การคมนาคมขนส่งมีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคม (Eisenack et al., 2012) ได้รวบรวมบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับตัว (Adaptation) ให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในส่วนของการคมนาคม การศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะต่อไป จึงควรที่จะเพิ่มสถานการณ์ใหม่เช่นผลกระทบด้านการคมนาคม และการป้องกันแก้ไข

ปัญหาอุบัติเหตุควรมีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่หลากหลาย ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยในหัวข้อ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน โดยเปรียบเทียบภาพรวมของอุบัติเหตุกับตัวแปรสภาพอากาศและใช้ตัวแปรสภาพอากาศทำนายอุบัติเหตุในอนาคต เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งระดับนโยบายและปฏิบัตินำการจำลองภาพของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและพัฒนาต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพภูมิอากาศกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนน
2. เพื่อจำลองผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนน

ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

เพื่อให้ทราบผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนนและเพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งระดับนโยบายและปฏิบัตินำการจำลองภาพของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและพัฒนาต่อไป และนำผลการศึกษามาต่อยอดพัฒนาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสังคม เพื่อให้ประเทศเกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืน

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุบนถนนใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่เป็นข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ จำนวน 4 ภาค โดยใช้จังหวัดในภาคกลาง 12 จังหวัด ภาคเหนือ 15 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 15 จังหวัด และภาคใต้ 12 จังหวัด และข้อมูลสภาพภูมิอากาศใช้ข้อมูลเฉลี่ยจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของแต่ละจังหวัด (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560)

สำหรับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของปี ค.ศ. 2030, 2060, 2090 ใช้แบบจำลอง SRES (A2, B2) เป็นแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Models :GCMs) ที่ปรับใช้กับพื้นที่ประเทศไทย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ศ. บ., 2559)

นิยามศัพท์

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หมายถึง ความแปรปรวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของสภาวะภูมิอากาศ หรือความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างถาวรเป็นเวลานาน อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการภายในทางธรรมชาติ หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของบรรยากาศและการใช้ที่ดินที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (IPCC, 2007)

สภาพภูมิอากาศ (Climate) หมายถึง อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน

อุบัติเหตุทางถนน (Road Accidents) หมายถึง จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558

แบบจำลองพาแนล (Panel Model) หมายถึง แบบจำลองทางเศรษฐมิติ ที่ศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนด้วยข้อมูลทั้งแบบอนุกรมเวลา (Time Series data) พ.ศ. 2549 – 2558 และข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Section Data) จำนวนจังหวัดในแต่ละภาค

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

การวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน ใช้ข้อมูลทุติยภูมิประกอบการวิเคราะห์และเพื่อความสมบูรณ์ของงานวิจัย ผู้วิจัยจึงได้นำทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้เพื่อตรวจเอกสารและเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการและปัญหาต่างๆ จึงแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1.ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับอุบัติเหตุ ได้แก่

ทฤษฎีโดมิโน (Domino Theory)

ทฤษฎีหลายสาเหตุ (Multiple Causation Theory)

แนวคิดการสืบสวนอุบัติเหตุทางถนน (Accident Investigation)

2.ข้อมูลอุบัติเหตุและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.แบบจำลองทางเศรษฐมิติในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

4.งานวิจัยและสารสนเทศ ที่เกี่ยวข้อง

5.กรอบแนวคิด

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับอุบัติเหตุ

1. ทฤษฎีโดมิโน (Domino Theory) Heinrich ซึ่งเป็นผู้ศึกษาทฤษฎีโดมิโน (กาญจนา ทองทั่ว et al., 2555) อ้างใน คณะกรรมการป้องกันอุบัติภัย, ม.ป.ป. หน้า 17-18 กล่าวว่าการบาดเจ็บและความเสียหายต่าง ๆ เป็นผลที่สืบเนื่องโดยตรงมาจากอุบัติภัย เป็นผลมาจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย หรือสถานการณ์ที่ไม่ปลอดภัยซึ่งเปรียบเหมือนตัวโดนิโนเรียงกัน 5 ตัวใกล้กัน เมื่อตัวหนึ่งล้มลงมีผลให้ตัวโดมิโนถัดล้มตามกันไปด้วย ตัวโดมิโนทั้ง 5 ตัวได้แก่

1) สภาพแวดล้อมหรือภูมิหลังของบุคคล (Social environment of background)

2) ความบกพร่องผิดปกติของบุคคล (Defects of person)

3) การกระทำหรือสถานการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe acts / unsafe condition)

4) อุบัติภัย (Accident)

5) การบาดเจ็บหรือเสียหาย (Injury / Damage)

ทฤษฎีโดมิโนนี้ มีผู้เรียกชื่อใหม่เป็น ลูกโซ่ของอุบัติเหตุ (Accident chain) การป้องกันอุบัติภัยตามทฤษฎีโดมิโน หรือลูกโซ่ของอุบัติภัย เมื่อโดมิโนตัวที่ 1 ล้ม ตัวถัดไปก็ล้มตาม ดังนั้นหาก

ไม่ให้โดมิโนตัวที่ 4 ล้ม ไม่ให้เกิดอุบัติภัย ก็ต้องเอาโดมิโนตัวที่ 3 ออก กำจัดการกระทำหรือสถานการณ์ที่ไม่ปลอดภัยการบาดเจ็บ หรือความเสียหาย ก็จะไม่เกิดขึ้นด้วยการป้องกันอุบัติภัยตามทฤษฎีโดมิโน หรือลูกโซ่อุบัติภัย ก็คือ การตัดลูกโซ่อุบัติภัยโดยกำจัดการกระทำหรือสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัยด้วยวิธีการต่าง ๆ อุบัติภัยก็ไม่เกิดขึ้น การที่จะแก้ไขป้องกันที่โดมิโนตัวที่ 1 สภาพแวดล้อมของสังคม หรือภูมิหลังของบุคคล หรือตัวที่ 2 ความบกพร่องผิดปกติของบุคคลเป็นเรื่องแก้ไขได้ยาก เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าการตัดโดมิโนตัวที่ 3 ออกไป จะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและมีประสิทธิภาพที่สุด คือ ตัดการกระทำที่ไม่ปลอดภัยหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่ปลอดภัยทิ้งไป โดมิโน ตัวที่ 4 และ ตัวที่ 5 ก็จะไม่ล้ม คือไม่เกิดอุบัติเหตุและไม่มีการบาดเจ็บ

2. ทฤษฎีหลายสาเหตุ (Multiple Causation Theory) เป็นผลพลอยได้ของทฤษฎีโดมิโน สมมติฐานที่ว่าการเกิดอุบัติเหตุ อาจมีสาเหตุหลายประการและสาเหตุย่อย ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้น ตามทฤษฎีนี้ปัจจัยที่สนับสนุนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังต่อไปนี้

1) พฤติกรรม หมวดหมู่นี้รวมถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนเช่นทัศนคติที่ไม่เหมาะสม การขาดความรู้ขาดทักษะ และสภาพร่างกายจิตใจที่ไม่ดี

2) สิ่งแวดล้อม หมวดหมู่นี้รวมถึงสภาพแวดล้อมที่เป็นอัตรายอื่นๆ เช่นการใช้อุปกรณ์ที่ไม่ก่อให้เกิดความปลอดภัย

ประเด็นที่สำคัญของทฤษฎีนี้คือการเกิดอุบัติเหตุไม่ได้เกิดจากการกระทำเพียงอย่างเดียว เราจึงต้องค้นหาและรวบรวมสาเหตุต่างๆ ให้ได้มากที่สุดเพื่อการควบคุมป้องกันอุบัติเหตุในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพ อุบัติเหตุทางถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงคมนาคม จำแนกตามมูลเหตุสันนิษฐาน ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุสูงมีดังนี้ ขับรถเร็วเกินกำหนด คนหรือรถตัดหน้ากระชั้นชิด หลับใน และเมาสุราหรือยาบ้า การที่แก้ไขปรับปรุงอย่างมีประสิทธิผล และป้องกันอุบัติเหตุได้อย่างถาวร จะต้องจัดการกับสาเหตุที่แท้จริงต่างๆ ให้หมดไปเท่านั้น

3. แนวคิดการสืบสวนอุบัติเหตุทางถนน (Accident Investigation)

การสืบสวนอุบัติเหตุทางถนนเชิงลึก (In-depth Accident Investigation) ซึ่งการสืบสวนอุบัติเหตุทางถนนเชิงลึกเป็นการค้นหาสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ เพื่อนำมากำหนดเป็นนโยบายแผนงานการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุ โดยแนวคิดของ Accident Investigation เป็นกระบวนการในการตรวจสอบหลักฐานต่าง ๆ ในที่เกิดเหตุ และพิจารณาถึงลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างละเอียด โดยมีแนวคิดในการวิเคราะห์ว่า เกิดอะไรขึ้น เกิดที่ไหน เมื่อไหร่ อย่างไร และใครเกี่ยวข้อง เพื่อสืบค้นถึงสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุที่แท้จริง (กรมทางหลวง, 2560)

ข้อมูลอุบัติเหตุทั่วไป

1. การรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุจราจรทางบกจากหน่วยงานต่างๆ (กรมการขนส่งทางบก, 2559)

1.1 สำนักงานตำรวจแห่งชาติ สำนักงานตำรวจแห่งชาติมีรูปแบบในการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบคดีความรับแจ้งอุบัติเหตุ จากสถิติคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบก พบว่า ในปี พ.ศ. 2550-2557 มีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุที่ลดลง จากปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนอุบัติเหตุ 107,353 ราย ลดลงเหลือ 59,201 ราย ในปี พ.ศ. 2557 จากการเปรียบเทียบข้อมูลอุบัติเหตุพบว่า ดัชนีการเสียชีวิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่จำนวนอุบัติเหตุลดลงซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงมากจนถึงขั้นเสียชีวิต และยังพบอีกว่า รถจักรยานยนต์ เป็นยานพาหนะที่มีการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด จากสถิติคดีอุบัติเหตุทางถนน สำหรับสาเหตุและปัจจัยหลักของการเกิดอุบัติเหตุจำแนกตามสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ ได้แก่ การขับรถเร็วเกินอัตราที่กฎหมายกำหนด การตัดหน้ากระชั้นชิด ขับรถตามกระชั้นชิด และขับรถไม่ชำนาญ สาเหตุเหล่านี้มาจากพฤติกรรมการใช้รถใช้ถนน ทั้งสิ้น

1.2 กระทรวงสาธารณสุข มีการรวบรวมข้อมูลผู้เสียชีวิตโดยอุบัติเหตุทางถนนจากสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ในรูปแบบข้อมูล มรณบัตรและหนังสือรับรองการตาย พบว่าอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากอัตรา 15.00 ต่อ 100,000 ประชากร ในปี พ.ศ. 2552 เป็น 21.61 ในปี พ.ศ. 2553 จนถึงปี พ.ศ. 2556 อัตราการตายจากอุบัติเหตุทางถนน เท่ากับ 22.89 ต่อ 100,000 ประชากร นอกจากนี้ข้อมูลสามารถระบุ จำนวนอุบัติเหตุตามเพศ อายุ และประเภทยานพาหนะ พบว่า เพศชายมีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทาง ถนนสูงกว่าหญิงประมาณ 3 เท่าตัว และเมื่อพิจารณาจำนวนผู้เสียชีวิตจำแนกกลุ่มอายุและประเภทยานพาหนะ พบว่า ทุกกลุ่มอายุจะมีผู้เสียชีวิตจากการใช้รถจักรยานยนต์มากที่สุดอยู่ในช่วง 15-19 ปี แสดงให้ เห็นว่ากลุ่มวัยรุ่นเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากเป็นวัยคึกคะนองและประสบการณ์ในการขับขี่น้อยจึงอาจมีการประเมินสถานการณ์การตัดสินในขณะเกิดเหตุไม่ได้ จึงควรมีการจัดการควบคุมสำหรับกลุ่มช่วงอายุดังกล่าว เพื่อที่สามารถลดจำนวนการเสียชีวิตลงได้

1.3 บริษัทกลางคุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ จำกัด หน่วยงานนี้เป็นการเก็บข้อมูลอุบัติเหตุทางถนนจาก พ.ร.บ.คุ้มครองผู้ประสบภัยจากรถ โดยการรับแจ้งเป็นคดีอุบัติเหตุ จากสถิติการรับแจ้งผู้ประสบภัยจากรถทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2558 มีจำนวนการ เสียชีวิตกว่า 5,000 ราย บาดเจ็บกว่า 400,000 ราย และทุพพลภาพจำนวนกว่า 600 ราย เมื่อพิจารณาสาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุพบว่า ในสามลำดับแรกที่เป็นสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางถนนมากที่สุด คือ การเมาสุรา การขับรถเร็ว

เกินกำหนด และลักษณะของรถที่ไม่ปลอดภัย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสาเหตุเหล่านี้มาจาก พฤติกรรมของคนและสภาพของรถที่ไม่ปลอดภัย

1.4 ฐานข้อมูลอุบัติเหตุของประเทศไทย ปัจจุบันประเทศไทยมีระบบการรายงานการเสียชีวิตทางถนนของคนไทย อยู่ใน 5 ระบบ คือ

1) ระบบเฝ้าระวังการบาดเจ็บ (Injury Surveillance)

2) ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (Information Technology for Emergency Medical System)

3) ระบบแจ้งอุบัติเหตุผู้ประสบภัยจากรถ (E-Claim)

4) ระบบสารสนเทศตำรวจ (POLIS)

5) ระบบการรายงานการเสียชีวิต (มรณะบัตร)

จากการศึกษาพบว่าระบบที่กล่าวข้างต้นมีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันในวัตถุประสงค์ทำให้สถิติของผู้เสียชีวิตและผู้บาดเจ็บมีความคลาดเคลื่อนและไม่สามารถสะท้อนปัญหาและความรุนแรงของสังคมได้จริง จากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติการเสียชีวิตจากข้อมูลทั้ง 5 ระบบ พบว่า ฐานข้อมูลที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์จำนวน ผู้เสียชีวิตที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันของระบบ 3 ฐาน ได้แก่ ระบบเฝ้าระวังการบาดเจ็บ ระบบสารสนเทศตำรวจ และระบบการรายงานการเสียชีวิต

2. การทบทวนปัจจัยหลักของการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ที่ผ่านมา สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) ได้ร่วมกับมหาวิทยาลัยภูมิภาค 5 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ทำการศึกษาการสืบสวนสาเหตุของอุบัติเหตุ เชิงลึก (Accident Investigation) นอกจากนี้กรมการขนส่งทางบกโดยกองทุนเพื่อความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนนได้ (กปถ.) ร่วมกับมหาวิทยาลัยนเรศวร และ 5 มหาวิทยาลัยข้างต้น กระทรวงสาธารณสุข โดยสำนักระบาดวิทยา และ ศูนย์วิจัยอุบัติเหตุแห่งประเทศ (TARC) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์สาเหตุของอุบัติเหตุด้วย เช่นกันจากการศึกษาการสืบสวนสาเหตุของอุบัติเหตุ (Crash Investigation) ของสถาบันการศึกษา สนข. และ กปถ. มีความสอดคล้องกัน โดยการเกิดอุบัติเหตุจราจรนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกัน 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยด้านคน ปัจจัยด้านยานพาหนะ ปัจจัยด้านถนนและสิ่งแวดล้อม อุบัติเหตุจราจรแต่ละครั้งอาจเกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งหรือมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยรวมกัน โดยเมื่อวิเคราะห์สัดส่วนความเกี่ยวข้องของปัจจัยทั้ง 3 พบว่า ปัจจัยด้านคนมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากคนเป็นผู้ควบคุมรถ และเป็นปัจจัยที่อ่อนไหวและมีโอกาสที่จะเกิดความบกพร่องในการขับขี่ได้มากกว่าปัจจัยอื่นๆ นั่นเอง

3. สรุปการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยหลักของการเกิดอุบัติเหตุ

จากการทบทวนปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกจากงานวิจัยและหน่วยงานต่างๆ พบว่า สาเหตุหลักของการเกิดอุบัติเหตุได้แก่ ความผิดพลาดของคน ความบกพร่องของรถ และความบกพร่อง ของถนนหรือสิ่งแวดล้อม โดยปัจจัยหลักแต่ละด้านประกอบด้วยปัจจัยรอง สรุปได้ดังนี้

1) ปัจจัยด้านคน

จากข้อมูลการสืบสวนสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุทางถนนสามารถสรุปผลของการเกิดอุบัติเหตุที่มีปัจจัยจากคนเข้ามาเกี่ยวข้องได้ดังนี้

1.1 ผู้เกี่ยวข้องที่เป็นผู้ควบคุมยานพาหนะที่เกิดเหตุมักขาดความรู้เกี่ยวกับการใช้ถนนและขาดทักษะที่ดีในการควบคุมยานพาหนะ ตลอดจนขาดสำนึกความรับผิดชอบต่อสาธารณะ เช่น ไม่ตระหนัก/ไม่เห็น/ไม่ได้มองรถข้างหน้า หรือรถทางตรง หรือให้ความสำคัญกับชีวิตเพื่อนร่วมทาง

1.2 ทำผิด พรบ. จราจร หรือขาดจิตสำนึกที่ดีในการปฏิบัติตามกฎจราจร

- ขับรถเร็วเกินกฎหมายกำหนด/ความเร่งรีบ
- ฝ่าฝืนป้ายจราจร สัญญาณไฟจราจร ไม่สนใจต่อการบังคับใช้กฎหมาย
- ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย ไม่สวมหมวกนิรภัย
- เสพสารออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท เช่น ดื่มแอลกอฮอล์ก่อนขับรถ ใช้สารกระตุ้น ร่างกาย
- ไม่มีใบอนุญาตขับขี่
- ขับรถตามรถคันหน้ากระชั้นชิด ไม่มีระยะหยุดปลอดภัยที่เพียงพอ เมื่อมีเหตุฉุกเฉิน
- การเปลี่ยนช่องจราจรกะทันหัน เพื่อแซงหรือกลับรถ

1.3 สภาพร่างกายไม่พร้อมที่จะขับขี่ เช่น ความล้า ความอ่อนเพลีย พักผ่อนไม่เพียงพอ อารมณ์เสีย

1.4 ไม่คุ้นเคยกับถนนหรือรถที่ขับ

1.5 ตั้งสมมติฐานที่ผิดในการขับขี่ เช่น คิดว่าถนนที่มากกว่า 2 ช่องจราจรแซงซ้ายไม่ได้ การใช้เกียร์สูงในทางลาดชัน

2) ปัจจัยด้านยานพาหนะ

ผลของการออกสืบสวนในหลายกรณีพบประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องของยานพาหนะโดย สามารถสรุปเป็นประเด็นหลักได้ดังนี้

2.1 ความแข็งแรงของโครงสร้างตัวถังรถโดยสารสาธารณะที่ประกอบขึ้นในประเทศส่วนหนึ่งไม่มีการรับรองความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือไม่มีการกำหนดมาตรฐานการทดสอบ นอกจากนี้ที่นั่งผู้โดยสารไม่มีเข็มขัดนิรภัย และระบบการยึดเก้าอี้ที่นั่งไม่แข็งแรง

2.2 อุปกรณ์ส่วนควบต่างๆ ของรถไม่ได้มาตรฐาน / ไม่มีข้อกำหนดกำกับ เช่น ล้อรถไม่มีดอกยาง และเสื่อมสภาพ ระบบเบรกไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ การใช้ยางหล่อดอก สลักยึดลูกพ่วงชำรุด ประตูชำรุด การดัดแปลงสภาพรถ และการบรรทุกผู้โดยสารหรือน้ำหนักเกินจำนวนที่กำหนด

2.3 ความแตกต่างระหว่างความสูงรถบรรทุกกับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ เมื่อเกิดการชน หรือเฉี่ยวชน ทำให้ผู้ขับขี่ หรือผู้โดยสาร หลุดเข้าไปใต้ท้องรถบรรทุกได้

2.4 รถที่มีการติดตั้งแก๊สเป็นเชื้อเพลิง ไม่มีระบบการหยุดจ่ายแก๊สทันที เมื่อมีแรงดันผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ

2.5 การนำรถกระบะมาดัดแปลงเป็นรถสองแถวเพื่อรับส่งผู้โดยสาร ซึ่งเป็นรถที่ขาดมาตรฐานด้านความปลอดภัย เนื่องจาก ที่นั่งไม่ได้มาตรฐานและไม่มีเข็มขัดรัด เมื่อเกิดอุบัติเหตุผู้โดยสารจะหลุดออกจากตัวรถ

2.6 รถกระบะไม่ได้ออกแบบไว้เพื่อโดยสารที่ท้ายกระบะอย่างปลอดภัย เนื่องจากไม่มีเบาะนั่งและการยึดรั้งผู้โดยสาร และเป็นการผิด พรบ. จราจร 2522 มาตรา 4 ยกเว้นจะมีการทำให้รถกระบะมีความปลอดภัยในกรณีที่มีการชนเกิดขึ้น

2.7 เกิดเงื่อนไขของจุดบอดของกระจกมองข้าง (Blind Spot) กับผู้ขับขี่รถกระบะ

3) ปัจจัยด้านถนนและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์สาเหตุอุบัติเหตุในกรณีศึกษาพบว่าความบกพร่องของถนนเป็นปัจจัยต่อความรุนแรงของอุบัติเหตุโดยสรุปเป็นประเด็นหลักได้ดังนี้

3.1 ทางลาดชันที่มีค่าสูงเกินกว่าความสามารถในการขับขี่แบบปกติ

3.2 ทางฉุกเฉินสำหรับจอดรถของถนนที่ลาดชันหรือทางที่ตัดผ่านหุบเขาไม่ได้มาตรฐาน

3.3 ระยะการมองเห็นที่ปลอดภัยถูกบดบัง เช่น ต้นไม้ สิ่งปลูกสร้าง

3.4 การเปิดกลับรถบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งหรือตรงกับทางเข้าออกหมู่บ้าน

3.5 ทางเชื่อมอยู่ใกล้ทางแยกหรือบริเวณทางโค้งบนถนนที่มีความเร็วสูง

3.6 การติดตั้งเครื่องหมายจราจรไม่เพียงพอและไม่เหมาะสม เช่น ป้ายบอกที่กลับรถ

3.7 ถนนลื่นเนื่องจากความต้านทานการลื่นไถล (Skid Resistance) ต่ำ และถนนที่เป็นหลุมบ่อเมื่อฝนตกเป็นอันตรายมาก

3.8 ถนน 2 ช่องจราจรที่มีไหล่ทางแคบ และลาดชัน ไม่มีการปรับกายภาพของถนนให้มีความปลอดภัยและเป็นแบบให้อภัย (Forgiving Highway) แก่ผู้ใช้ถนนที่ผิดพลาด

3.9 การออกแบบและการก่อสร้างไม่เหมาะสม เช่น การยกโค้งบริเวณทางโค้งไม่เหมาะสมทั้งขนาดการยก และอุปกรณ์ประกอบทางโค้งไม่เพียงพอ

3.10 สภาพข้างทางที่อันตราย เนื่องจากภาพในเขตปลอดภัย (Clear Zone) มีสิ่งกีดขวางซึ่งเพิ่มความรุนแรงของอุบัติเหตุ วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุแข็ง เช่น หลักนำทางคอนกรีต (Guide Post) ต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางเกินกว่า 10 ซม. และเสาสาธารณูปโภคต่างๆ

3.11 ทางข้ามที่ตัดผ่านทางรถไฟที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น ถนนก่อนจะถึงรางรถไฟจะเป็นเนินสูง บริเวณระหว่างรางไม่ราบเรียบ ระยะมองเห็นปลอดภัยที่ไม่เพียงพอ เป็นต้น

4. อุบัติเหตุจากการขนส่งและความสูญเสีย

ความหมายของอุบัติเหตุ ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่คาดคิด โดยความบังเอิญ ซึ่งองค์การอนามัยโลกได้ให้คำจำกัดความของอุบัติเหตุว่า An accident is an unpremeditated event resulting in recognizable damage อุบัติเหตุจากการขนส่งหรือการจราจร (Transportation or traffic accidents) หมายถึงเหตุที่เกิดขึ้นเนื่องจากการคมนาคม หรือการขนส่ง (กาญจนา ทองทั่ว et al., 2555) อ้างใน สาธิต อินตา, 2546 ได้แก่

- อุบัติเหตุจากรถยนต์ในการจราจร
- อุบัติเหตุจากรถไฟ
- อุบัติเหตุในการขนส่งทางน้ำ
- อุบัติเหตุในการขนส่งทางอากาศ

ในจำนวนนี้อุบัติเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดในด้านปริมาณคืออุบัติเหตุจากยานยนต์ในการจราจร การสูญเสียจากการเกิดอุบัติเหตุก่อให้เกิดการสูญเสียหายขึ้นได้หลายทาง คือ

4.1 ความสูญเสียทางกาย (Human loss) ในที่นี้หมายถึง

1) ผู้ประสบอุบัติเหตุถึงแก่ชีวิต

2) ผู้บาดเจ็บ

4.2 ความสูญเสียทางจิตและสังคม (Psychological and social loss) ความสูญเสียทางจิตและสังคมนี้ กล่าวได้ว่าเป็นความสูญเสียที่ไม่อาจเห็นได้ด้วยตาเราเพราะเป็นนามธรรม ขึ้นอยู่กับความคิด ความรู้สึก ของผู้ประสบอุบัติเหตุ หรือของสังคมนั้นๆ ความสูญเสียทางจิตและสังคมนี้ได้แก่ความเจ็บป่วย ความเสียใจ ความเป็นทุกข์ความหวาดกลัวการเสียขวัญ การเสียจริต จิตฟั่นเฟือน การถูกตัดออกจากสังคม และการถูกทอดทิ้งให้โดดเดี่ยว เป็นต้น ความสูญเสียเหล่านี้ไม่อาจทดแทนได้ด้วยเงิน และยังเป็นผลให้ไม่อาจทำงาน หรือดำรงชีวิตได้ตามปกติอีกด้วย

4.3 ความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจของชาติ (Economic loss) ซึ่งได้มีการประเมินออกมาเป็นจำนวนเงินหลายพันล้านบาท และนอกจากนี้การเกิดอุบัติเหตุในแต่ละครั้ง ทำให้เสียเวลาฟ้องร้องเป็นคดีความ เสียเวลาในการทำงาน เสียรายได้รวมทั้งเป็นผลให้การจราจรติดขัดด้วยบางครั้ง

การศึกษาใหม่ของธนาคารโลกพบว่าการลดอัตราการเสียชีวิตและการบาดเจ็บบนท้องถนนอาจส่งผลให้รายได้ระยะยาวเพิ่มขึ้นสำหรับประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง จากรายงานระดับสูงของการบาดเจ็บจากการจราจร (The High Toll of Traffic Injuries) ไม่สามารถยอมรับและป้องกันได้แนะนำวิธีการใหม่ของโลกในการคำนวณผลกระทบทางเศรษฐกิจของความปลอดภัยทางถนนและวิเคราะห์กรณีศึกษาของประเทศจีน (China) ประเทศอินเดีย (India) ประเทศฟิลิปปินส์ (Philippines) ประเทศแทนซาเนีย (Tanzania) และประเทศไทย (Thailand) ในขณะที่มีการรับรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการบาดเจ็บจากการจราจรบนถนนและการเสียชีวิต แต่ไม่ค่อยมีใครรู้เกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างการบาดเจ็บบนท้องถนนกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ (Economic Growth) รายงานใหม่แสดงให้เห็นว่าการลงทุนด้านความปลอดภัยทางถนนนั้นเป็นการลงทุนในทุนมนุษย์ด้วยเช่นกัน

การศึกษาพบว่าประเทศที่ไม่ได้ลงทุนด้านความปลอดภัยทางถนนอาจพลาดโอกาสหลายโอกาศประมาณ 7 ถึง 22% ในการเติบโตของ GDP ต่อหัว (GDP per Capita) ในระยะเวลา 24 ปี จากการศึกษานี้กำหนดให้ผู้กำหนดนโยบายต้องให้ความสำคัญกับการลงทุนที่พิสูจน์แล้วเกี่ยวกับความปลอดภัยทางถนน ต้นทุนของการไม่ทำอะไรในด้านความปลอดภัยทางถนนเลยมีมากกว่า 1.25 ล้านคนต่อปีทั่วโลก ซึ่งเป็นการลดผลิตภาพ (Productivity) และการเติบโตทางเศรษฐกิจ

การเสียชีวิตจากการจราจรบนถนนส่งผลกระทบอย่างไม่เป็นสัดส่วนต่อประเทศที่มีรายได้ต่ำและประเทศที่มีรายได้ปานกลาง 90 % ของการเสียชีวิตบนท้องถนนทั่วโลกเกิดขึ้นตลอด รายได้ที่เพิ่มขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาหลายแห่งนำไปสู่การใช้เครื่องยนต์อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การจัดการความปลอดภัยทางถนนและกฎระเบียบยังไม่เป็นไปตามที่กำหนด

อัตราการเสียชีวิตของการบาดเจ็บจากการจราจรบนถนนนั้นสูงในประเทศที่มีรายได้ต่ำและประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ในปี 2015 ถึง 34 ต่อ 100,000 ในประเทศที่ศึกษา ในทางตรงกันข้ามค่าเฉลี่ยใน 35 ประเทศขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development) ในปีเดียวกันคือ 8 รายต่อ 100,000 คน และส่วนใหญ่ของการเสียชีวิตและความพิการในระยะยาวจากการชนบนท้องถนนเกิดขึ้นในกลุ่มประชากรวัยทำงาน (อายุระหว่าง 15 ถึง 64 ปี)

การลดการเสียชีวิตและการบาดเจ็บบนท้องถนนสามารถเพิ่มการเติบโตของรายได้ จากรายงานพบว่าการเสียชีวิตและการบาดเจ็บจากการชนบนท้องถนนส่งผลกระทบต่อแนวโน้มการเติบโตระยะกลางและระยะยาว โดยการลบผู้ใหญ่วัยทำงานออกจากงานและลดประสิทธิภาพการผลิตเนื่องจากภาระการบาดเจ็บ

การใช้ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับการเสียชีวิตและตัวชี้วัดทางเศรษฐกิจจาก 135 ประเทศ การศึกษาประเมินว่าโดยเฉลี่ยแล้ว การลดลง 10 % ของการเสียชีวิตจากการจราจรบนถนนนั้นทำให้ GDP ที่แท้จริงต่อหัวเพิ่มขึ้น 3.6 % ในระยะเวลา 24 ปี

สวัสดิการขนาดใหญ่ได้รับการพิสูจน์แล้วจากการใช้มาตรการความปลอดภัยทางถนนว่าให้ความคุ้มค่ามากกว่า นอกจากผลกำไรของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศจากการป้องกันการเสียชีวิตและการบาดเจ็บแล้ว การใช้มาตรการความปลอดภัยทางถนนยังช่วยปรับปรุงสวัสดิการให้กับสังคมอีกด้วย

การศึกษาของธนาคารโลกได้วัดผลกำไรเหล่านี้สำหรับ 5 ประเทศโดยใช้ช่วงของรายได้และสถานการณ์การลดความเสี่ยง (Risk Reduction Scenarios) วัดในปี 2005 เป็นดอลลาร์สหรัฐ สวัสดิการได้ช่วงระหว่าง 5,000 ดอลลาร์สหรัฐ ถึง 80,000 ดอลลาร์สหรัฐ ในประเทศแทนซาเนีย และระหว่าง 850,000 ดอลลาร์สหรัฐ ถึง 1.8 ล้าน ดอลลาร์สหรัฐ ในประเทศไทย

เพื่อให้สวัสดิการเหล่านี้ได้รับรายงานแสดงรายการ การแทรกแซงหรือการใช้มาตรการความปลอดภัยทางถนน ซึ่งรวมถึงการลดและบังคับใช้การจำกัดความเร็ว ลดการขับขี่ภายใต้อิทธิพลของแอลกอฮอล์ การเพิ่มการใช้เข็มขัดนิรภัยผ่านแคมเปญบังคับใช้และการรับรู้สาธารณะ การบูรณาการความปลอดภัยทางถนน และการดำเนินงานของโครงสร้างพื้นฐานถนน (The World Bank Group, 2018)

นอกจากนี้สามารถแบ่งความสูญเสียที่เกิดจากอุบัติเหตุออกเป็น 2 ประเภท คือ (กาญจนา ทองทั่ว et al., 2555) อ้างใน คณะกรรมการป้องกันอุบัติภัย , ม.ป.ป., หน้า 22

1) ความสูญเสียโดยตรง (Direct loss) ได้แก่ ค่าบริการฉุกเฉิน ค่ารักษาพยาบาลในโรงพยาบาล ค่าดูแลผู้ได้รับบาดเจ็บภายหลังออกจากโรงพยาบาล ค่าใช้จ่ายในการฟื้นฟูสภาพ ค่าทำศพ ค่าชดเชยในระหวางเจ็บป่วย ค่าชดใช้ความพิการ และค่าทรัพย์สินเสียหายเหล่านี้ เป็นต้น

2) ความสูญเสียทางอ้อม (Indirect loss) เป็นค่าเสียเวลาของเจ้าหน้าที่ตำรวจในการช่วยเหลือผู้ได้รับบาดเจ็บ และการวิเคราะห์สาเหตุการหยุดชะงักของโรงงานชั่วคราวเพื่อช่วยเหลือผู้บาดเจ็บ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องเสียหายในระหว่างเครื่องจักรหยุดทำงาน หากมีการตายและมีการพิการเกิดขึ้น ก็ต้องคำนึงถึงการลงทุนสูญเปล่า ที่ได้ให้การศึกษาอบรม และการอนามัยให้แก่ผู้เสียชีวิตและผู้พิการการสูญเสียโอกาส (Opportunity loss) ของคนตายและพิการ หากไม่ได้รับบาดเจ็บและสามารถหารายได้อีกต่อไป เป็นต้น รวมทั้งการสูญเสียซึ่งเกิดจากความเจ็บปวด ความโศกเศร้าเสียใจของครอบครัวและผู้เป็นที่รัก ซึ่งประเมินค่ามิได้

สรุปได้ว่าอุบัติเหตุ หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้ตั้งใจให้เกิดขึ้น ไม่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าและไม่สามารถควบคุมยับยั้งได้ อุบัติเหตุทางจราจร หมายถึง อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจาก

ยานพาหนะ เช่น อุบัติเหตุจากรถยนต์ อุบัติเหตุจากจักรยานยนต์ อุบัติเหตุจากรถไฟ เป็นต้น ก่อให้เกิดความสูญเสียมากมาย

ตัวอย่างการสร้างเศรษฐกิจมหภาคเพื่อความปลอดภัยทางถนนและความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนน ดังต่อไปนี้

การสร้างเศรษฐกิจมหภาคเพื่อความปลอดภัยทางถนน (The World Bank Group, 2018)

การควบคุมการบาดเจ็บบนท้องถนนไม่เพียงแต่เป็นชัยชนะสำหรับภาคการขนส่งเท่านั้น แต่เป็นก้าวสำคัญสำหรับการพัฒนาระดับโลกพร้อมผลประโยชน์ที่รวดเร็วและกว้างขวางสำหรับการสาธารณสุข การเป็นอยู่ที่ดี และการเติบโตทางเศรษฐกิจ

โครงการสาธารณประโยชน์เพื่อความปลอดภัยทางถนนทั่วโลกของบลูมเบิร์ก (Bloomberg Philanthropies Initiative for Global Road Safety) ได้ทุ่มเทเงิน 259 ล้านดอลลาร์ในระยะเวลา 12 ปี เพื่อดำเนินการแทรกแซงหรือการใช้มาตรการความปลอดภัยทางถนน ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าช่วยลดอัตราการเสียชีวิตและการบาดเจ็บบนท้องถนนในประเทศที่มีรายได้ต่ำและประเทศที่มีรายได้ปานกลาง

ความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนน

ความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนน ดังต่อไปนี้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติของหน่วยงานด้านความปลอดภัยการจราจรของของประเทศรัสเซีย โดยมีสมมติฐานความสูญเสียทางเศรษฐกิจอันเนื่องมาจากการเสียชีวิตและการบาดเจ็บของผู้คนในอุบัติเหตุจราจรทางบกอาจแตกต่างกันอย่างมากในภูมิภาคต่าง ๆ ของรัสเซีย วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการประเมินความแตกต่างของการสูญเสียทางเศรษฐกิจของ เขตสหพันธ์ยูรัล (Ural Federal District) ผลลัพธ์ที่ได้คือความแตกต่างของค่า GRP (Gross Regional Product) ของภูมิภาคที่มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่สามารถเปรียบเทียบได้กับทุกภูมิภาค และการสูญเสียอันเนื่องมาจากการเสียชีวิตและการบาดเจ็บของประชาชนในเขตการค้าเสรี เป็นสาเหตุที่ 2 ต่อจากการสูญเสีย GRP ที่ไม่สม่ำเสมอ (Petrov, 2017)

Petrov and Petrova ได้นำเสนอผลการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายเชิงพื้นที่ ที่ไม่สม่ำเสมอของความเสียหายทางสังคมและเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นโดยอุบัติเหตุทางถนนในสหพันธรัฐรัสเซีย ปี ค.ศ. 2015 และสหรัฐอเมริกา ปี ค.ศ. 2010 ความเสียหายทางสังคมและเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในภูมิภาคของประเทศที่เปรียบเทียบได้รับการประเมินโดยวิธีการที่รู้จักกันในเงื่อนไขที่แน่นอนและแสดงในหน่วยเฉพาะต่อ 1 ถิ่นที่อยู่เฉลี่ย ทำการเปรียบเทียบกับการใช้แผนภูมิ Pareto ที่สร้างขึ้นตามมาตรฐานพิกัดเส้นโค้ง Lorenz ซึ่งระบุการกระจายความเสียหายที่ไม่สม่ำเสมอในดินแดนของประเทศ คือประมาณโดยฟังก์ชันเชิงเส้น การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของฟังก์ชันเชิงเส้น เส้นโค้งสะสมของความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนเท่ากับฟังก์ชันของภูมิภาค

ประเทศซึ่งระบุตำแหน่งของเส้นโค้ง Lorenz บนพิกัดปกติ ผลการศึกษาที่ได้มีข้อสรุปหลัก ๆ ดังต่อไปนี้

ความเสียหายทางสังคมและเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนมีการแจกจ่ายในดินแดนของประเทศที่ใหญ่ที่สุดของโลกในทางที่ไม่สม่ำเสมอ

แม้จะมีความแตกต่างในการประมาณการความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในรัสเซียและสหรัฐอเมริกาอย่างแน่นอน หน่วยพื้นที่ ที่ไม่สม่ำเสมอของการก่อตัวของความเสียหายดังกล่าวใน 2 ประเทศที่ใหญ่ที่สุดของโลกก็เหมือนกันและถูกควบคุมโดยกฎหมายการกระจายสินค้าแบบเดียวกัน

20 % ของภูมิภาคที่มีแนวโน้มเกิดอุบัติเหตุมากที่สุดของประเทศที่เปรียบเทียบนั้นคิดเป็นประมาณ 29 % ของจำนวนทั้งหมดจากความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนทั่วประเทศส่วนแบ่งของความเสียหายใน 20 % ของพื้นที่เสี่ยงภัยน้อยที่สุด ไม่เกิน 13 - 13.1 %

อัตราส่วนระหว่างความเสียหายที่เกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในภูมิภาคที่เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายที่สุดและความเสียหายน้อยที่สุด คือภูมิภาคที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นมีจำนวน 2.236 สำหรับรัสเซียและ 2.215 สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกา ความแตกต่างของดัชนีนี้ ไม่เกินค่าความผิดพลาดทางสถิติ

สมมติฐานเกี่ยวกับความเท่าเทียมกันของการกระจายเชิงพื้นที่ ที่ไม่สม่ำเสมอของความเสียหายทางสังคมและเศรษฐกิจที่เกิดจากอุบัติเหตุทางถนนสำหรับประเทศที่ใหญ่ที่สุดของโลก คือรัสเซียและสหรัฐอเมริกา เพื่อสร้างข้อสรุปนี้เป็นรูปแบบที่มีความจำเป็นต้องดำเนินการศึกษาที่คล้ายกันสำหรับประเทศต่างๆ เช่น แคนาดา จีน บราซิล และอินเดีย นั่นคือระบุไว้ใน 6 ประเทศที่ใหญ่ที่สุดของโลก (Artur Petrov and Daria Petrova, 2018)

Sun et al. ได้ศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจ การจราจร และจำนวนประชากร ที่เกี่ยวข้องกับอุบัติเหตุทางถนนในปี ค.ศ. 2004 ถึงปี ค.ศ. 2016 และวิเคราะห์ถึงผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อการบาดเจ็บล้มตายจากการจราจรบนถนนในประเทศจีน และได้ให้พื้นฐานทางทฤษฎีและคำแนะนำสำหรับการจัดการความปลอดภัยการจราจรบนถนนในประเทศจีน วิธีการดูสิ่งที่ขึ้นอยู่กับ 3 ด้าน เศรษฐกิจ ถนน และประชากร ด้วย 5 ปัจจัย ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) การลงทุนด้านการจราจรการ การเป็นเจ้าของยานพาหนะใหม่ ระยะทางบนถนนใหม่ และจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นใหม่ นักวิจัยได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุการจราจรบนถนนใน 31 จังหวัดและเมืองในประเทศจีนจากปี ค.ศ. 2004 ถึงปี ค.ศ. 2016 และได้เริ่มใช้โมเดลพาเนล (Panel Model) เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ ผลลัพธ์ที่ได้คือปัจจัยทั้งหมดมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน เมื่อปัจจัยอื่น ๆ ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง จำนวนผู้เสียชีวิตจากการจราจรบนถนนจะลดลงเฉลี่ย 0.19 ต่อ 100 ล้านหยวน และเพิ่มขึ้นในส่วนของ GDP ทุกๆ 100 ล้านหยวนเพิ่มขึ้นในการลงทุนด้านการจราจร จำนวนผู้เสียชีวิตจากการจราจรบนถนนลดลงโดยเฉลี่ย 13.93

ซึ่งบ่งชี้ว่าการพัฒนาทางเศรษฐกิจสามารถปรับปรุงความปลอดภัยการจราจรบนถนนในระดับหนึ่ง ในทางตรงกันข้ามการเติบโตในระยะทางถนนใหม่ ยานยนต์ และประชากรได้เพิ่มจำนวนผู้เสียชีวิตจากการจราจรบนถนน ทุก ๆ 10,000 กิโลเมตร ระยะทางจากถนนใหม่ทำให้จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรเพิ่มขึ้น 284.04 ทุก 10,000 คนของทารกแรกเกิดทำให้จำนวนผู้เสียชีวิตจากการจราจรบนถนนเพิ่มขึ้น 7.33 คน เช่นเดียวกับจำนวนรถยนต์ใหม่ที่เพิ่มขึ้น 10,000 ราย ทำให้จำนวนผู้เสียชีวิตจากการจราจรบนถนนเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 21.77 ได้ผลสรุปว่าการเพิ่มขึ้นของ GDP และการลงทุนด้านการจราจรสามารถลดจำนวนการบาดเจ็บล้มตายจากการจราจรบนถนนได้ อย่างมากในประเทศจีน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นสิ่งจำเป็นในการปรับปรุง ความปลอดภัยของการจราจรบนท้องถนน จำนวนไมล์ถนนใหม่ จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นใหม่ และยานยนต์ใหม่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจร ซึ่งสะท้อนถึงปัญหาที่มีอยู่ในการออกแบบถนน การกระจายของทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับถนน และการจัดการจราจร ในประเทศจีน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงด้านเศรษฐกิจและด้านถนน เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยการจราจรบนท้องถนน (Sun et al., 2019)

Antoniou et al. ได้สร้างแบบจำลองการพัฒนาความปลอดภัยทางถนนที่สามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญเกี่ยวกับนโยบายในการลดการเสียชีวิตจากการจราจร โดยใช้ตัวแปรทางเศรษฐกิจ 2 ตัวแปร คือ GDP และอัตราการว่างงาน เลือกเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติในระดับรวมกับตัวชี้วัดบางประการของความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน เช่นอัตราความเป็นไปได้หรืออัตราการเสียชีวิตต่อยานพาหนะที่เดินทางเป็นกิโลเมตร การค้นพบของการวิจัยนี้สามารถพิสูจน์ได้ว่ามีประโยชน์มากสำหรับนโยบายความปลอดภัยทางถนนของประเทศในยุโรปเนื่องจากพวกเขาให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกระบวนการที่ควบคุมความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการเสียชีวิตจากการจราจร ในขณะที่ความพยายามด้านการวิจัยอื่น ๆ มองปัญหาจากมุมมองวิธีการที่แตกต่างกัน การตรวจสอบข้อมูลจากมุมมองที่แตกต่างเป็นสิ่งสำคัญในการได้รับมุมมองที่แข็งแกร่งของปัญหาในระยะสั้น ที่สามารถใช้เพื่อขับเคลื่อนนโยบายความปลอดภัยในยุโรปได้เร็วขึ้น แต่ยังรวมถึงนโยบายความปลอดภัยทางถนนในภูมิภาคอื่น ๆ การทำความเข้าใจความแตกต่างในความสัมพันธ์ระหว่างประเทศและภูมิภาคที่แตกต่างกันสามารถช่วยระบุว่านโยบายและการแทรกแซงใดบ้าง มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเสียชีวิต ในบริบทของชาวยุโรปนี้จะมีประโยชน์ในการถ่ายโอนแนวปฏิบัติที่ดีจากประเทศและภูมิภาคที่ทันสมัยกว่า (จากมุมมองความปลอดภัยทางถนน) ไปยังประเทศที่ด้อยกว่า การรวมข้อมูลนี้เข้ากับแนวทางและนโยบายของกรอบความร่วมมือของสหภาพยุโรป (EU) สามารถมีผลต่อการเกิดปัญหาการชนบนท้องถนนและการเสียชีวิตอย่างมาก (Antoniou et al., 2016)

Bardal and Jørgensen ได้ใช้แบบจำลองความเสี่ยงทั่วไปและแบบจำลองการสูญเสียเวลาสำหรับความล่าช้า ความเสี่ยง ความรุนแรง และต้นทุนทางสังคมของถนนที่มีการประเมินอุบัติเหตุทางจราจรบนทางเดินขนส่งของพื้นที่ในชนบท ในเขตที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมาก การศึกษานี้เปรียบเทียบการประมาณระหว่างฤดูกาลและการรวมของค่าใช้จ่ายล่าช้า เมื่อประเมินค่าใช้จ่ายทางสังคมโดยรวมของการเกิดอุบัติเหตุสำหรับยานยนต์ส่วนตัว (Private Motor Vehicles) และยานพาหนะขนาดใหญ่ (Heavy Vehicles) การเพิ่มขึ้นของความแออัดในเขตเมืองทำให้นักวิจัยสนใจที่จะศึกษาเรื่องความล่าช้าเนื่องจากอุบัติเหตุ อย่างไรก็ตามยังมีอีกหลายประเทศ เช่น นอร์เวย์ ที่ไม่รวมค่าใช้จ่ายล่าช้าในการประเมินต้นทุนทางสังคมของอุบัติเหตุทางถนน ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายเหล่านี้สามารถเป็นสัดส่วนสำคัญของต้นทุนทางสังคมของการเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ชนบท โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวในภูมิภาคที่มีฤดูกาลแตกต่างกันไป ค่าใช้จ่ายล่าช้าในส่วนของถนนที่ศึกษาประกอบด้วยค่าเฉลี่ย 10 % ของค่าใช้จ่ายทางสังคมต่อปีของอุบัติเหตุทั้งหมด และเกือบสูงกว่าค่าวัสดุอุบัติเหตุ 70 % หากรวมค่าใช้จ่ายที่ไม่สะดวก (Inconvenience Costs) เหล่านี้ จะประมาณการได้ดีขึ้น คือประมาณการค่าใช้จ่ายทางสังคมของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งจะก่อให้เกิดการประเมินความถูกต้องมากขึ้นของค่าใช้จ่ายและประโยชน์ของมาตรการลดอุบัติเหตุรวมถึงมาตรการลดเวลาตอบสนองเมื่อเกิดอุบัติเหตุ มาตรการความปลอดภัยทางถนนหลายแห่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตและการบาดเจ็บสาหัส การวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่ายังสามารถเป็นประโยชน์ในการใช้มาตรการเพื่อลดจำนวนอุบัติเหตุที่รุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทที่ค่าใช้จ่ายล่าช้าอาจสูงเมื่อปิดถนนเนื่องจากอุบัติเหตุ (Bardal and Jørgensen, 2017)

5. เป้าหมายโลกสำหรับการดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนน

สืบเนื่องจากข้อเรียกร้องจากการประชุมสมัชชาใหญ่แห่งสหประชาชาติ รัฐสมาชิกสหประชาชาติได้มีมติเห็นชอบ 12 เป้าหมายโลก สำหรับการดำเนินงานด้านความปลอดภัยทางถนนในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2560 มีทั้งหมด 5 เสาหลัก 12 เป้าหมาย ดังนี้

เสาหลักที่ 1: การจัดการความปลอดภัยทางถนน

เสาหลักที่ 2: ถนนและการเดินทางปลอดภัย

เสาหลักที่ 3: ยานพาหนะปลอดภัย

เสาหลักที่ 4: ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เสาหลักที่ 5: การตอบสนองหลังเกิดเหตุ

เป้าหมายที่ 1

ภายในปี 2563 ทุกประเทศจัดทำแผนปฏิบัติการพหุภาคีด้านความปลอดภัยทางถนนระดับชาติที่ครอบคลุมรอบด้านและมีเป้าหมายที่กำหนดกรอบเวลา ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 1 การจัดการความปลอดภัยทางถนน

เป้าหมายที่ 2

ภายในปี 2573 ทุกประเทศเข้าเป็นภาคีตราสารกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยทางถนนที่สำคัญของสหประชาชาติ 1 ตราสารหรือมากกว่า ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 1 การจัดการความปลอดภัยทางถนน

เป้าหมายที่ 3

ภายในปี 2573 ถนนสายใหม่ทุกสายต้องผ่านมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับผู้ใช้ถนนทุกคนที่คำนึงถึงความปลอดภัยทางถนนหรือผ่านการประเมินระดับ 3 ดาวหรือสูงกว่า ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 2 ถนนและการเดินทางปลอดภัย

เป้าหมายที่ 4

ภายในปี 2573 มากกว่าร้อยละ 75 ของการเดินทางบนถนนสายที่มีอยู่แล้วต้องผ่านมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับผู้ใช้ถนนทุกคนที่คำนึงถึงความปลอดภัยทางถนน ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 2 ถนนและการเดินทางปลอดภัย

เป้าหมายที่ 5

ภายในปี 2573 ยานพาหนะใหม่ (หมายถึงทั้งที่ผลิต ขาย หรือนำเข้า) และยานพาหนะที่ใช้แล้วทุกคันต้องผ่านมาตรฐานความปลอดภัยที่มีคุณภาพสูง เช่น กฎสหประชาชาติที่สำคัญที่แนะนำข้อบังคับทางเทคนิคระดับโลก หรือข้อกำหนดระดับชาติอื่นๆ ที่ได้รับการยอมรับที่เทียบเท่า ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 3 ยานพาหนะปลอดภัย

เป้าหมายที่ 6

ภายในปี 2573 ลดสัดส่วนของยานพาหนะที่ขับขี่เกินการจำกัดความเร็วที่กำหนดลงครึ่งหนึ่งและลดการบาดเจ็บและเสียชีวิตที่เกี่ยวกับการขับขี่ด้วยความเร็วลง ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 7

ภายในปี 2573 เพิ่มสัดส่วนของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยที่ได้มาตรฐานอย่างถูกต้องให้ใกล้เคียงร้อยละ 100 ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 8

ภายในปี 2573 เพิ่มสัดส่วนของผู้ขับขี่และผู้โดยสารยานยนต์ที่ใช้เข็มขัดนิรภัยหรือใช้ระบบอุปกรณ์รัดตรึงนิรภัยสำหรับเด็กที่ได้มาตรฐานให้ใกล้เคียงร้อยละ 100 ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 9

ภายในปี 2573 ลดจำนวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนเนื่องจากผู้ขับขี่ดื่มแอลกอฮอล์ลงครึ่งหนึ่งและ/หรือลดจำนวนการบาดเจ็บและเสียชีวิตที่เกี่ยวกับการใช้วัตถุที่ออกฤทธิ์ต่อจิตและประสาทอื่นลง ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 10

ภายในปี 2573 ทุกประเทศมีกฎหมายระดับชาติที่จำกัดหรือห้ามการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ขณะขับขี่ ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 11

ภายในปี 2573 ทุกประเทศออกข้อบังคับกำหนดเวลาขับและระยะเวลาหยุดพักสำหรับผู้ประกอบอาชีพขับรถและ/หรือเข้าเป็นภาคีข้อบังคับระหว่างประเทศ/ภูมิภาค ในด้านนี้ ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 4 ผู้ใช้ถนนปลอดภัย

เป้าหมายที่ 12

ภายในปี 2573 ทุกประเทศจัดทำและบรรลุเป้าหมายระดับชาติเพื่อลดระยะเวลาระหว่างการเกิดอุบัติเหตุทางถนนและการให้การดูแลฉุกเฉินโดยผู้เชี่ยวชาญครั้งแรก ซึ่งเป็นเสาหลักที่ 5 การตอบสนองหลังเกิดเหตุ (World Health Organization, 2017)

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคตล่วงหน้า 30-100 ปีด้วยการลดขนาด (Downscale) ผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลกลงบนพื้นที่ประเทศไทย ตามรูปแบบของการพัฒนาในอนาคตที่จะส่งผลต่อความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศในระดับต่างๆ แบ่งเป็น 3 กรณีได้แก่ กรณี B2 ที่ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 800 ส่วนในล้านส่วน กรณี A1B ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 850 ส่วนในล้านส่วน และกรณี A2 ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1,250 ส่วนในล้านส่วน (IPCC 2007) โดยใช้แบบจำลอง 4 แบบ ซึ่งพบว่าทุกแบบจำลองให้ผลสอดคล้องกัน คือ อุณหภูมิ โดยรวมเพิ่มขึ้น แต่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมีความแตกต่างกันบางแบบจำลองแสดงการเพิ่มของอุณหภูมิ เฉลี่ยถึง 4 องศาเซลเซียส ในอีกประมาณ 100 ปีข้างหน้า ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนยังไม่เห็นแนวโน้มชัดเจนนัก แต่แบบจำลองส่วนมากคาดการณ์ว่าจะมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในอนาคต (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) อ้างใน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 2554

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมร่วมกับศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้จัดทำโครงการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ โดยได้ทบทวนการศึกษา ด้านการคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคตระยะยาว พบว่า การจำลองสภาพภูมิอากาศที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงสำหรับประเทศไทยและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระยะแรกนั้น ได้มีดำเนินการศึกษาโดยการใช้ แบบจำลอง Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM) เงื่อนไขที่ใช้กำหนดข้อมูลนำเข้าสำหรับการจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการศึกษานี้คือ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ 360 ส่วนในล้านส่วนเป็นความเข้มข้นที่ใช้คำนวณภูมิอากาศในช่วงเวลาปัจจุบันเพื่อใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบ และเพิ่มความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกขึ้นเป็น 540 ส่วนในล้านส่วน และ 720 ส่วนในล้านส่วน เพื่อจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคต ทั้งนี้ผลของการจำลองภูมิอากาศภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวโดยแบบจำลอง CCAM บ่งชี้ว่าแนวโน้มของอุณหภูมิในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะลดลงเล็กน้อย ภายใต้เงื่อนไขก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 ส่วนในล้านส่วน แต่อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นกว่าปัจจุบันเมื่อก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 ส่วนในล้านส่วน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตภายใต้สถานการณ์จำลองนี้จะอยู่ในช่วง 1-2 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับปัจจุบัน แต่การเปลี่ยนแปลงด้านระยะเวลาที่มีอากาศร้อนหรือเย็นจะเห็นได้ชัดกว่า กล่าวคือ จำนวนวันที่มีอากาศร้อนหรือวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดมากกว่า 33 องศาเซลเซียสจะเพิ่มขึ้นอีก 2-3 สัปดาห์ต่อปีและจำนวนวันที่มีอากาศเย็น หรือวันที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียสจะลดลงอีก 2-3 สัปดาห์ต่อปีหรืออาจ

กล่าวได้ว่า ในอนาคต ฤดูร้อนในภูมิภาคนี้จะมีระยะเวลายาวนานขึ้นและฤดูหนาวจะสั้นลง นอกจากนั้น ผลจากแบบจำลองยังแสดงให้เห็นว่าสภาพภูมิอากาศในอนาคตภายใต้เงื่อนไขที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้นเป็น 540 และ 720 ส่วนในล้านส่วน จะมีฝนตกเพิ่มมากขึ้นประมาณร้อยละ 10-20 ทั้งภูมิภาค (Southeast Asia START Regional Center 2006) ผลการศึกษาในระยะต่อมาได้สรุปมาจากการจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตในโครงการ "การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง" ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากความร่วมมือระหว่างศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และ The Met Office Hadley Center for Climate Change ซึ่งเป็นหน่วยวิจัยทางด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในสหราชอาณาจักร โดยเป็นการจำลองสภาพภูมิอากาศที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง และครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมดตลอดจนประเทศข้างเคียงเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคนี้ อันเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคตภายใต้แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ 3 แนวทาง ได้แก่

(1) แนวทาง A2 คือ แนวทางที่คล้ายกับลักษณะการพัฒนาของโลกที่ผ่านมาในอดีตถึงปัจจุบัน กล่าวคือ เป็นโลกที่มีความแตกต่างและหลากหลายในเชิงเศรษฐกิจ การเมืองและการเข้าถึงเทคโนโลยีต่างๆ โดยที่การพัฒนาจะเน้นการเจริญเติบโตในเชิงเศรษฐกิจมากกว่าความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม และนำไปสู่ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่สูงถึง 1,250 ส่วนในล้านส่วน ภายในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21

(2) แนวทาง B2 คือ แนวทางการพัฒนาแบบสมดุล และเปลี่ยนแปลงสู่การพัฒนาควบคู่กับการดูแลรักษาธรรมชาติอย่างยั่งยืน เน้นการแก้ปัญหาท้องถิ่น ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่ 800 ส่วนในล้านส่วน ภายในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21 และ

(3) แนวทาง A1B คือ แนวทางการพัฒนาที่มีการใช้พลังงานแบบผสมผสานสมดุลทุกแหล่ง กล่าวคือ มีการนำพลังงานชีวมวลมาใช้อย่างผสมผสานและสมดุลกับแหล่งพลังงานอื่นๆ ซึ่งเป็นการพัฒนาดูแลสิ่งแวดล้อมและมีความร่วมมือระหว่างโลกและภูมิภาคอย่างสมดุล ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่ 850 ส่วนในล้านส่วน ภายในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21 และในการวิเคราะห์สภาพอากาศในแต่ละแนวทางเลือกใช้ผลจากแบบจำลอง 4 ชนิดได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายวัน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ทิศทางและความเร็วลมรายวัน โดยแบ่งช่วงการศึกษาเป็น 4 คาบเวลา คาบละ 30 ปีคือ ปี ค.ศ.1980-2009 (พ.ศ. 2523-2552) ซึ่งกำหนดเป็นปีฐาน (Baseline) ของการศึกษา และปีอนาคต 3 คาบเวลา คือ ช่วงต้น กลาง และปลายคริสต์ศตวรรษ ได้แก่ ปีค.ศ. 2010-2039 (พ.ศ. 2553-2582) ปีค.ศ. 2040-2069 (พ.ศ. 2583-2612)

และปีค.ศ. 2070-2099 (พ.ศ. 2613-2642) และทำการสรุปผลการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับภาพรวมทั้งประเทศตามช่วงของคาบเวลาศึกษาในเชิงของค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และความเบี่ยงเบนจากกันและกันของลักษณะอากาศในอนาคตเป็นรายจังหวัด ซึ่งในที่นี้จะสรุปผลการศึกษาในส่วนของภาพรวมของประเทศ ดังนี้

ปริมาณน้ำฝน ผลสรุปการคำนวณแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทยทั้งในด้านปริมาณและการกระจายตัวของพื้นที่ที่มีปริมาณฝนตกเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษ ในส่วนของจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีซึ่งใช้เกณฑ์คือ วันที่มีฝนตกเกิน กว่า 3 มิลลิเมตรขึ้นไป พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต แสดงให้เห็นถึงลักษณะและความยาวนานของฤดูฝนที่อาจจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบันมากนัก แต่ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีของเกือบทุกพื้นที่จะเพิ่มขึ้น จึงอาจจะบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้นหรืออาจจะเรียกได้ว่าฝนที่ตกแต่ละครั้งจะตกหนักมากขึ้นกว่าที่เป็นมาในอดีต ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลากและภัยธรรมชาติที่จะเกิดตามมาจากอุทกภัยอีกหลายชนิด

อุณหภูมิสูงสุด ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในประเทศไทยในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงปลายคริสต์ศตวรรษก่อนมากนัก แต่ในช่วงกลาง และปลายคริสต์ศตวรรษเป็นต้นไป มีแนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกๆ ภาคส่วน สภาพอุณหภูมิสูงสุดในอนาคตภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ B2 ก็เป็นไปในทิศทางที่เพิ่มสูงขึ้นในเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทยเช่นกัน แต่เพิ่มสูงขึ้นในระดับที่ต่ำกว่าแนวทาง A2 เล็กน้อย ในส่วนของระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปีหรือวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับหรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียสนั้น ผลสรุปแสดงให้เห็นว่าในช่วงปลายศตวรรษที่ผ่านมา บริเวณที่มีจำนวนวันที่มีอากาศร้อนมากที่สุดอยู่ในบริเวณภาคกลาง ตะวันตก และตอนกลางของภาคใต้โดยมีจำนวนวันที่มีอากาศร้อนยาวนานถึงประมาณ 5-6 เดือนต่อปีและนานมากถึง 7-8 เดือนต่อปีในบางพื้นที่ ผลจากการคาดการณ์แสดงให้เห็นว่าฤดูร้อนจะยืดยาวขึ้นในเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทยซึ่งอาจยาวนานขึ้นกว่าเดิมถึง 2-3 เดือนในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษนี้

อุณหภูมิต่ำสุด สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทั่วประเทศไทยมีแนวโน้มที่อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มสูงขึ้น 3-4 องศาเซลเซียสในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แบบ A2 ส่วนภายใต้สถานการณ์แบบ B2 อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปีก็มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่เป็นไปในระดับที่ต่ำกว่าแนวทางแบบ A2 กล่าวคือ ประมาณ 2-3 องศาเซลเซียส ในส่วนของระยะเวลาที่มีอากาศเย็นในรอบปีโดยเฉลี่ยนั้น ในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษนี้

พื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนจะมีจำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ยาวนานที่สุดประมาณ 1-2.5 เดือน โดยยังคงมีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส ยาวนานกว่า 2 เดือนปรากฏให้เห็นอยู่ทางตอนบนของพื้นที่ แต่ระยะเวลาที่มีอากาศเย็นนี้จะหดสั้นลง โดยเริ่มเห็นได้ตั้งแต่ช่วงกลางคริสต์ศตวรรษและเห็นได้อย่างชัดเจนในช่วงปลายคริสต์ศตวรรษ ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 ทั้งนี้พื้นที่ที่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า 16 องศาเซลเซียส จะเหลืออยู่เพียงตามพื้นที่เทือกเขาบางแห่งเท่านั้น อย่างไรก็ตามสถานการณ์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงแบบ B2 จะเปลี่ยนน้อยกว่าโดยบางส่วนของภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนยังคงมีระยะเวลาที่อากาศเย็นประมาณ 1 เดือนอยู่บ้าง แต่พื้นที่ดังกล่าวก็มีแนวโน้มลดลง (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

แบบจำลองทางเศรษฐมิติในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศกับอุบัติเหตุ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพภูมิอากาศกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนน โดยจะใช้ข้อมูลทั้งแบบอนุกรมเวลา (Time Series data) เป็นชุดของข้อมูลที่เก็บรวบรวมตามระยะเวลาเป็นช่วง ๆ อย่างต่อเนื่องกันหลายปี และข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross-Section Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวม ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เท่านั้น เพื่อประโยชน์ในการศึกษาวิจัย โดยวิเคราะห์ทางเศรษฐมิติด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ Feasible Generalized Least Squares และใช้ข้อมูลระหว่างปี 2549-2558

การประมาณค่าความสัมพันธ์ของแบบจำลองพาแนล เป็นการประมาณค่าข้อมูลพาแนล (Panel data) โดยแยกความแตกต่างระหว่างแต่ละหน่วยของภาคตัดขวางและช่วงเวลา มีการประมาณค่าแบบจำลอง Fixed effect แบบจำลอง Random effect และ แบบจำลอง Pooled estimator (มนตรี พิริยะกุล, 2559)

แบบจำลอง Fixed effect คือแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายซึ่งค่าคงที่ (Intercept term) มีการผันแปรตามแต่ละหน่วยภาคตัดขวาง

แบบจำลอง Random effect คือแบบจำลองที่สมมุติว่าตัวแปรอธิบายทุกตัวมีผลต่อตัวแปรตาม ซึ่งสามารถแสดงในรูปค่าความคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (Random error term)

แบบจำลอง Pooled estimator คือแบบจำลองที่สมมุติให้ค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการมีค่าเท่ากันทุกหน่วยภาคตัดขวางและช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งไม่ได้ประมาณค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละหน่วยภาคตัดขวางและช่วงเวลาที่พิจารณา

โดยมีแบบจำลองข้อมูลพาแนลทั่วไป ดังสมการที่ (2.1)

$$\hat{Y}_{it} = \alpha + x_{it}'\beta + \varepsilon_{it} \tag{2.1}$$

โดยกำหนดแบบจำลองแบบค่าคลาดเคลื่อนทางเดียว (One-way error component model) ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะเป็น ดังสมการที่ (2.2)

$$\varepsilon_{it} = \mu_i + \gamma_{it} \tag{2.2}$$

โดยที่ $\hat{Y}_{it}$ คือ จำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุบนถนน ของจังหวัด i เวลา t

x_{it}' คือ เวกเตอร์ของตัวแปรอธิบาย ของจังหวัด i เวลา t

β คือ เวกเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องประมาณค่าจากแบบจำลอง

ε_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (White noise residuals)

μ_i คือ ผลของความแตกต่างเชิงพื้นที่ไม่สามารถสังเกตได้ (Unobservable individualspecific effect)

γ_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่และเวลา (Reminder error terms)

การกำหนดแบบจำลองดังกล่าวข้างต้นสามารถวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรอธิบายที่มีผลต่อตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุบนถนนได้ในระดับความเชื่อมั่นที่สูงขึ้น ในการวิเคราะห์แบบจำลองให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่เอนเอียงและมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการทดสอบลักษณะการกำหนดแบบจำลอง (Model specification test) 3 การทดสอบ คือ

1) การทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Panel unit root test)

ต้องมีการทดสอบความนิ่ง (Stationary) ของข้อมูลเพื่อดูค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวแปร เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริง (Spurious regression)

จากสมการ AR (1) ของข้อมูลพาแนล ดังสมการที่ (2.3)

$$\hat{Y}_{it} = \alpha + \rho_i \, y_{it} + \varepsilon_{it} \qquad (2.3)$$

จะได้

$$\Delta\hat{Y}_{it} = \alpha + \pi_i \, y_{it-1} + \varepsilon_{it} \qquad (2.4)$$

โดยกำหนดความแปรปรวนร่วมระหว่างข้อมูลที่ต่างช่วงเวลากัน ดังสมการที่ (2.5)

$$\pi_i = \rho_i - 1 \qquad (2.5)$$

โดยที่ $\hat{Y}_{it}$ คือ ตัวแปรภายนอก

y_{it} คือ เวกเตอร์ของตัวแปรอธิบาย ของจังหวัด i เวลา t

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ของ Autoregressive

ε_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม (White noise residuals)

π_i คือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ต่างช่วงเวลากัน

สมมติฐาน คือ

H0 : $\rho = 0$ (Panel unit root = Non-Stationary)

H1 : $\rho < 0$ (No panel unit root = Stationary)

หากข้อมูลทำการทดสอบแล้วข้อมูลตัวแปรมีความนิ่ง (Stationary) ก็นำตัวแปรที่ผ่านการทดสอบความนิ่งมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้แบบจำลองการประมาณการ Panel Data ตามขั้นตอนถัดไป

2) การทดสอบภาวะร่วมเส้นตรงหลายตัวแปร (Multicollinearity)

เป็นการทดสอบภาวะร่วมเส้นตรงที่ตัวแปรอธิบายในเมตริกซ์มีความสัมพันธ์ต่อกัน ถ้ามีความสัมพันธ์กันเพียงแค่คู่เดียว เรียกว่า Collinearity แต่ถ้ามีความสัมพันธ์กันหลายคู่ เรียกว่า Multicollinearity ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าตัวแปรคู่นั้นหรือตัวแปรเหล่านั้นไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะไม่เป็นไปตามสมมติฐานของ Guass Markov จะทำให้การประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดนั้นให้ผลที่ไม่พอใจสำหรับตัวผู้ที่ทำการศึกษา ซึ่งทำให้ผลจากการเกิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบาย อันได้แก่

1) ความสามารถในการแจกแจงอิทธิพลของตัวแปรอธิบายแต่ละตัวลดลง ซึ่งโดยปกติค่าสัมประสิทธิ์จะถูกตีความว่า เป็นผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอธิบายเปลี่ยนไป โดยที่จะมีปัจจัยอื่นๆ คงที่ ความแม่นยำที่ลดลงมีที่มาจากความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์มีค่าที่สูงขึ้น

2) ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้มีการประมาณค่าไม่ได้มีความแตกต่างไปจาก 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและอาจจะทำให้เราตัดสินใจตัดตัวแปรนั้นออกจากแบบจำลอง ทั้งนี้ไม่ใช่เพราะตัวแปรดังกล่าวนั้นไม่มีอิทธิพลแต่ตัวอย่างที่ได้มานั้นไม่สามารถแยกแยะอิทธิพลหรือผลกระทบได้อย่างแม่นยำทั้งๆที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) หรือสถิติ F แสดงชัดว่าแบบจำลองมีพลังในการอธิบายอย่างมีนัยสำคัญ

3) ตัวประมาณค่ามีความอ่อนไหวกับการเพิ่มหรือลดขนาดของตัวอย่าง การตัดหรือเพิ่มหน่วยสังเกตเพียงไม่กี่หน่วย สามารถทำให้ค่าประมาณเปลี่ยนแปลงได้หรือตัดตัวแปรอธิบายที่ไม่สำคัญออกจากแบบจำลองก็มีผลด้วยเช่นกัน

4) แม้จะมีความยากลำบากในการแยกอิทธิพลของตัวแปรแต่ละตัว แต่ความสามารถของการพยากรณ์ค่าตัวแปรยังอาจจะคงความแม่นยำไว้ได้อยู่และในการพยากรณ์นอกค่าของตัวอย่างแม่นยำได้เช่นกัน หากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเหล่านั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถใช้การทดสอบภาวะร่วมเส้นตรงหลายตัวแปร

โดยสรุปแล้วความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอธิบาย (Linear Combination) อาจจะก่อให้เกิดปัญหา Multicollinearity ถ้าปัญหาเกิดขึ้นจริงค่าสัมประสิทธิ์หนึ่งหรือบางตัวอาจจะมีความแม่นยำต่ำมาก ซึ่งหมายความว่าข้อมูลตัวอย่างไม่ได้ให้สาระ (Information) ที่จะมีความเพียงพอที่จะเกี่ยวข้องกับตัวพารามิเตอร์ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ควรที่จะใช้ข้อมูลที่มีสาระให้มากขึ้นกว่านี้

การทดสอบความสัมพันธ์เชิงร่วมเชิงเส้น (Multicollinearity)

เมื่อมีแบบจำลองในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์เชิงประจักษ์คาดว่าอาจจะมีปัญหาความสัมพันธ์ร่วมเชิงเส้นและต้องการทดสอบปัญหานี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1) มีปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นอยู่หรือไม่

2) ปัญหามีความรุนแรงเพียงใด

3) ปัญหามีรูปแบบอย่างไร

ซึ่งในการทดสอบที่ใช้ในการวิจัย คือ **วิธีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์อย่างง่าย (Simple Correlation : $\boldsymbol{r}$)** ค่า r_{jk} ระหว่างตัวแปรอธิบายสองตัว ที่มีค่าสูง 0.8 หรือ 0.9 แสดงค่ามีปัญหาความสัมพันธ์ร่วม (Collinearity) ขึ้นรุนแรงหรือวิธีใกล้เคียงกันก็คือ การเปรียบเทียบค่า r_{jk} กับสัมประสิทธิ์ตัดสินใจ (R^2) ถ้าความ r มีค่าสูงกว่า R^2 แสดงว่าปัญหาความสัมพันธ์ร่วมสูงจนเป็นผลเสียต่อแบบจำลอง จะเห็นว่ากฎเกณฑ์ที่มีจุดอ่อนอยู่คือ การตัดสินใจว่าปัญหาความสัมพันธ์ร่วมมีความรุนแรงเพียงใดนั้น เป็นการตัดสินใจที่กำหนดขึ้นมาเอง (Arbitary) และความสัมพันธ์ทีละคู่ของตัวแปรสามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างกันที่ซับซ้อนได้ เมื่อตัวแปรมีมากกว่า 3 ตัวขึ้นไป ดังสมการที่ (2.6)

เมื่อ

$$r_{23} = \frac{\sum_{i=1}^{n}((x_{i2}-\bar{x}_2)(x_{i3}-\bar{x}_3))}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{i2}-\bar{x}_2)^2(x_{i3}-\bar{x}_3)^2}} \qquad (2.6)$$

หรืออยู่ในรูปส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังสมการที่ (2.7)

$$r_{23} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\dot{x}_{i2}\dot{x}_{i3}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(\dot{x}_{i2})^2(\dot{x}_{i3})^2}} \qquad (2.7)$$

ซึ่งสามารถทดสอบสถิติว่า x_2 และ x_3 สัมพันธ์กันในระดับรุนแรงที่เลือกหรือไม่คือ ดังสมการที่ (2.8)

$$t = \frac{x_{23}\sqrt{n-2}}{\sqrt{(1-r^2)}} \qquad (2.8)$$

ด้วย $n-2 = Degree\ of\ Freedom$

จะได้สมมติฐานดังนี้ $H_0: r = 0$

$H_0: r \neq 0$

ถ้าหากเลือกระดับความรุนแรงด้วนเกณฑ์ 0.50 (2.9)

$H_0: r = 0.50$

$H_0: r > 0.50$

$$t = \frac{(r-0.50)\sqrt{n-2}}{(1-(r-0.50)^2)^{\frac{1}{2}}} \qquad (2.9)$$

ทั้งนี้สามารถทดสอบความสัมพันธ์ร่วมในทางลบได้ ซึ่งใช้วิธีเดียวกันในการทดสอบ (อารี วิบูลย์พงศ์, 2549)

3) การทดสอบปัญหาค่าคลาดเคลื่อนความแปรปรวนไม่คงที่ (Heteroscedasticity test)

ปัญหาค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (Heteroskedasticity) ซึ่งผิดข้อสมมติฐานของวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งมีข้อสมมติฐานว่า ตัวค่าคลาดเคลื่อนต้องมีความแปรปรวนที่คงที่ปกติ การใช้ข้อมูลภาคตัดขวางมักมีโอกาสที่ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีความแตกต่างกันตามขนาดหรือลำดับเกิดปัญหาความแปรปรวนค่าความคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ทำให้ตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยยังมีคุณสมบัติ Unbiased และ Consistency ดังนั้นจึงต้องทดสอบปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่คงที่โดยมีสมมติฐานดังนี้

สมมติฐาน คือ

H0 : ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่ (Homoscedasticity)

H1 : ค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนมีค่าไม่คงที่ (Heteroskedasticity)

หากผลการทดสอบพบว่าค่าสถิติ Chi-Square ที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต (Prob.>α หรือค่า Prob น้อยมาก) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักแสดงว่าการทดสอบมีปัญหาความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่คงที่ การทดสอบปัญหาค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่

เพื่อให้สามารถประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square : OLS) ได้ และในการวิเคราะห์ panel data นั้นจำเป็นต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์ที่แตกต่าง จาก OLS คือต้องมีการควบคุมปัจจัยที่ไม่เกี่ยวกับแบบจำลอง (มนตรี พิริยะกุล, 2559)

กรณีที่แบบจำลองเกิดปัญหา Heteroskedasticity จะต้องใช้วิธีการประมาณค่าแบบกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไป (Generalized Least Squares : GLS) หรือวิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares : WLS)

งานวิจัยและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อภาคการคมนาคมและการปรับตัว

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการคมนาคมได้รับความสนใจค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับภาคส่วนอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อภาคการคมนาคมโดยภาพรวม Koetse และ Rietveld ได้สรุปสารสนเทศและงานวิจัยในส่วนที่เป็นไปได้ทั้งหมดของภาพรวมการค้นพบเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการคมนาคมจากหลักฐานหลายประเด็นให้อยู่ในรูปแบบที่เห็นได้อย่างชัดเจน (Koetse, 2009)

คณะทำงานกลุ่มที่ 2 ของ IPCC ได้ประเมินความเสี่ยงของระบบเศรษฐกิจสังคม (Socio - economic) ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบเชิงบวกและเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และทางเลือกในการปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นสากล (Inter-relationship) ระหว่างผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Vulnerability) การปรับตัว (Adaptation) และการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable development) Eisenack และคณะ ได้รวบรวมบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับตัว (Adaptation) ให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในส่วนของการคมนาคม (Eisenack et al., 2012) เครือข่ายคมนาคมเป็นส่วนสำคัญสำหรับเศรษฐกิจและสังคม การปรับตัวจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก และแผนการปรับตัวการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสากลประเทศฝรั่งเศส (French National Climate Change Adaptation) ได้กำหนดแผนการปฏิบัติในส่วนของระบบและโครงสร้างพื้นฐานคมนาคม คณะทำงานก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 2011 และได้พัฒนาความร่วมมือมากขึ้นในประเด็นนี้ (Colin, 2016) Wang และคณะ ได้นำเสนอกรอบแนวคิดที่เป็นนวัตกรรมใหม่ของการวางแผนการปรับตัวสำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและวิธีการที่เหมาะกับเครือข่ายถนนของสหราชอาณาจักร การศึกษาดำเนินการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบครอบคลุมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ FRB เพื่อหาจำนวนความเสี่ยงด้านสภาพภูมิอากาศเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและจัดลำดับความสำคัญของมาตรการการปรับตัวที่มีประสิทธิภาพ (Wang et al., 2019)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการคมนาคมหลายส่วนซึ่งมีผลกับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของระบบเศรฐกิจ กัญทิยา และคณะ ได้วิเคราะห์ต้นทุนทางเศรฐษศาสตร์ของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนในปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีต้นทุนการสูญเสียรวมค่อนข้างสูง (กัญทิยา ประดับบุญ et al., 2557) และมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการบำรุงรักษาถนนคือ Qiao และคณะ ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการบำรุงรักษาถนนและต้นทุนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจากสภาพภูมิอากาศในอนาคต พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อ

การวางแผนในการบำรุงรักษาถนน จากการจำลองสภาพภูมิอากาศของพื้นที่กรณีศึกษา โดยใช้วิธีการบำรุงรักษาถนนที่ต่างกัน (Qiao, 2015)

2. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุและตัวแปรที่ใช้

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ (Amin et al., 2014; Andersson and Chapman, 2011; Hambly, 2013; Malin et al., 2019) และในบางครั้งก็ไม่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ (Bergel-Hayat et al., 2013; Brijs, 2008)

ส่วนมากงานวิจัยจะใช้ตัวแปรตามเป็นจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุ (Amin et al., 2014; Andersson and Chapman, 2011; Bergel-Hayat et al., 2013; Brijs, 2008; Hambly, 2013; Malin et al., 2019) แต่บางทีก็ใช้ตัวแปรตามเป็นระดับของความรุนแรงจากอุบัติเหตุ (Koetse, 2009) และ (Koetse, 2009) cited in Khattak et al, 1998 ได้แบ่งตัวแปรตามเป็น 4 ระดับคือ มากที่สุด (Fatality), มาก (Severe injury), ปานกลาง (Moderate injury), น้อย (No injury)

ตัวแปรอธิบายคือน้ำฝน (Amin et al., 2014; Bergel-Hayat et al., 2013; Brijs, 2008; Hambly, 2013; Malin et al., 2019) อุณหภูมิ (Andersson and Chapman, 2011; Bergel-Hayat et al., 2013; Brijs, 2008; Hambly, 2013) Koetse และ Rietveld ใช้ตัวแปรอธิบายคือคนขับและสภาพอากาศ (Koetse, 2009) Malin และคณะ ใช้ตัวแปรอธิบายคือลักษณะของถนนที่เป็นแบบมอเตอร์เวย์ ถนนสองเลนและถนนหลายเลน เปรียบเทียบการเกิดอุบัติเหตุของรถคันเดียวกับรถหลายคัน (Malin et al., 2019)

ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุและตัวแปรที่ใช้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่ออุบัติเหตุและตัวแปรที่ใช้

ผู้เขียน (ปี ค.ศ.)	กลุ่มตัวอย่าง	ตัวแปร	ผลลัพธ์
Andersson and Chapman (2011)	West Midlands, 1997-2006	-ตัวแปรอธิบายคืออุณหภูมิ -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	อุณหภูมิมีผลต่ออุบัติเหตุ
Amin et al. (2014)	New Brunswick, 1997-2007	-ตัวแปรอธิบายคือฝนและหิมะ -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	ฝนและหิมะมีผลต่ออุบัติเหตุ
Hambly et al. (2013)	Greater Vancouver, 2003-2007	-ตัวแปรอธิบายคืออุณหภูมิและฝน -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	อุณหภูมิและฝนมีผลต่ออุบัติเหตุ
Berger-Hayat el al.(2013)	France, Netherlands และ Athens, 1987-2000	-ตัวแปรอธิบายคือน้ำฝนและอุณหภูมิ -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	-น้ำฝนและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับอุบัติเหตุ -อุณหภูมิเย็นมาก(frost)ไม่มีความสัมพันธ์กับอุบัติเหตุ
Brijs el al.(2008)	Dordrech, Haarlemmermeer และ Utrecht, 2001	-ตัวแปรอธิบายคือน้ำฝน อุณหภูมิ และแสงแดด -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	-น้ำฝนมีผลต่ออุบัติเหตุ -อุณหภูมิและแสงแดดไม่มีผลต่ออุบัติเหตุ
Koetes and Rietveld (2009)	North Carolina, 1990-1995	-ตัวแปรอธิบายคือคนขับและสภาพอากาศ -ตัวแปรตามคือระดับของความรุนแรงจากอุบัติเหตุ	-คนขับมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ -ในสภาพอากาศที่แย่เกิดอุบัติเหตุบ่อยแต่ความรุนแรงลดลง
Malin el al.(2019)	Finland, 2014-2016	-ตัวแปรอธิบายคือน้ำฝน หมอก ลูกเห็บ หิมะ และลักษณะของถนน -ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของอุบัติเหตุ	-อุบัติเหตุเพิ่มขึ้นเมื่อสภาพอากาศไม่ดี -ในสภาพอากาศไม่ดีมีอุบัติเหตุมากขึ้นบนถนนมอเตอร์เวย์เมื่อเทียบกับถนนสองเลนและหลายเลน -การเกิดอุบัติเหตุของรถคันเดียวมีมากกว่ารถหลายคัน

3. วิธีการ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนนได้ใช้วิธี 5 วิธี และสรุปตามตารางที่ 2.2 ดังนี้

1) การเปรียบเทียบความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) (Eisenberg, 2004; Keay, 2006) ดังนี้ Eisenberg ได้คำนวณจาก Negative Binomial Regression โดยใช้ข้อมูลพาแนล (Panel data) ของเมืองรายเดือน พบว่าสภาพที่พื้นถนนเปียกทำให้อุบัติเหตุลดลง (Precipitation มีผลตรงกันข้ามกับอุบัติเหตุ) ซึ่งเกิดจาก The lagged effect ของ Precipitation ระหว่างวัน ซึ่งหมายความว่า ถ้าเมื่อวานมีฝนตกมากจะทำให้วันนี้มีอุบัติเหตุลดลง (Eisenberg, 2004) Keay และ Simmonds ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ VNC และฝนตก (Rainfall) โดยใช้VNC เป็นตัวแปรตามที่คำนวนจากจำนวนอุบัติเหตุหารด้วยระดับความรุนแรงของอุบัติเหตุ และแบ่งช่วงเวลาออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 1987-1991, 1992-1996, 1997-2002 และแยกเวลากลางวันกลางคืนและทั้งวัน พบว่าช่วงเวลา 1992-1996 มีปริมาณฝนสูงที่สุดและส่งผลต่ออุบัติเหตุ (19 % ของทั้งวัน) (Keay, 2006)

2) ประมาณค่าด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Square : OLS) (Singh, 2013) Singh และ Vasudevan ได้สร้างแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุ (Traffic fatalities) และปัจจัยที่มีผล โดยใช้ข้อมูลพาแนล (Panel data) การเลือกแบบจำลองระหว่าง Fixed effect และ Random effect ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจว่าจะอนุมานให้เป็นประชากร (Population) หรือตัวอย่าง (Sample) การจากทดสอบของ Hausman ซึ่งปฏิเสธสมมติฐานที่เป็นโมฆะที่ระดับความสำคัญ 5 % ดังนั้นจึงเลือกแบบจำลอง fixed effect (Singh, 2013)

3) วิธีการจับคู่เปรียบเทียบ (Matched-pairs analysis) (Jaroszweski, 2014) ใช้วิธีเรดาร์สภาพอากาศ (A weather radar approach) ในการคำนวนปริมาณฝน

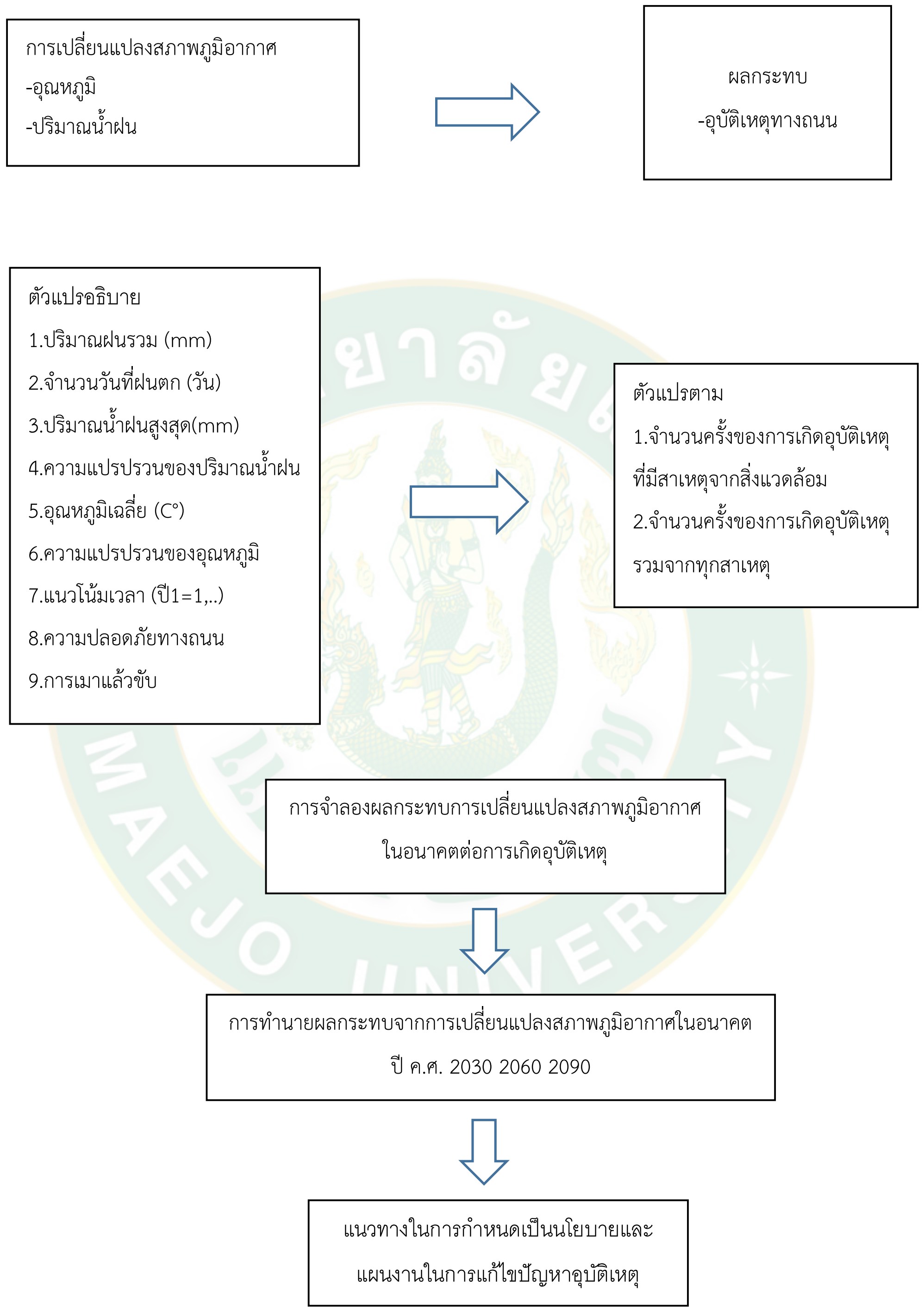
4) วิธีการถดถอยแบบมัลติโนเมียลโลจิสติก (Multinomial Logistic Regression) (Celik, 2014) แบ่งแยกกลุ่มอุบัติเหตุเป็น 3 ระดับคือ รุนแรงมาก (Fatal) บาดเจ็บ (Injury) ไม่บาดเจ็บ (No injury) ในการจัดกลุ่มนี้ใช้วิธีการถดถอยแบบมัลติโนเมียลโลจิสติกเป็นการกำหนดปัจจัยเสี่ยงความรุนแรงของอุบัติเหตุ

5) Binary probit models เพื่อวิเคราะห์ความรุนแรงของการบาดเจ็บ และ Ordered probit models เพื่อวิเคราะห์ฐานข้อมูลระบบข้อมูลความปลอดภัยทางหลวง (Highway Safety Information System) ของ North Carolina (Khattak et al., 1998)

ตารางที่ 2.2 วิธีการหาความสัมพันธ์สภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุบนถนน

ผู้เขียน (ปี ค.ศ.)	กลุ่มตัวอย่าง	วิธีการ	ผลลัพธ์
Eisenberg (2004)	US, 1975-2000	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ precipitationและอุบัติเหตุ	สภาพอากาศไม่ส่งผลต่ออุบัติเหตุ
Keay and Simmonds (2006)	Melbourne, 1987-2002	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของ rainfallและVNC	ฝนตกส่งผลต่ออุบัติเหตุ
Singh and Vasudevan (2013)	India(28 states), 2004-2008	เลือก model ที่เหมาะสมที่สุดในการประมาณค่าแบบ OLS	เลือก fixed effect model
Jaroszweski and McNamara (2014)	UK, 2008-2011	Matched-pairs (Manchester, London)	เกิดการเพิ่มขึ้นของอุบัติเหตุใน Manchester และลดลงใน Londan
Celik and Oktay (2014)	Turkey, 2008-2013	A multinomial logit analysis	ในสภาพอากาศปกติ(clear weather conditions) ลดการเกิดอุบัติเหตุ
Khattak et al. (1998)	North Carolina, 1990-1995	Binary probit models, Ordered probit models	จำนวนการบาดเจ็บเพิ่มขึ้นในสภาพอากาศที่แย่แต่ความรุนแรงของการบาดเจ็บลดลง

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 2.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน มีวิธีการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและการจำลองผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดำเนินการดังต่อไปนี้

ข้อมูลที่ใช้

1. ข้อมูลของการเกิดอุบัติเหตุบนถนน

ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่เป็นข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ทั้ง 4 ภาค โดยใช้จังหวัดในภาคกลาง 12 จังหวัด ภาคเหนือ 15 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 15 จังหวัด และภาคใต้ 12 จังหวัด

จังหวัดในภาคกลาง ดังนี้

กาญจนบุรี จันทบุรี ชลบุรี ตราด ปราจีนบุรี เพชรบุรี ระยอง ลพบุรี สมุทรปราการ ประจวบคีรีขันธุ์ สระแก้ว และสุพรรณบุรี

จังหวัดในภาคเหนือ ดังนี้

กำแพงเพชร เชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์ พิษณุโลก แพร่ ลำปาง ลำพูน สุโขทัย อุตรดิตถ์ ตาก นครสวรรค์ น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

จังหวัดในภาคใต้ ดังนี้

กระบี่ ชุมพร ตรัง นครศรีธรรมราช นราธิวาส ปัตตานี พังงา ภูเก็ต ระนอง สงขลา สตูล และสุราษฎร์ธานี

จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ พครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด เลย สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย อุดรธานี อุบลราชธานี และมุกดาหาร

2. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ตัวแปรสภาพอากาศ ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของแต่ละจังหวัด (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) มาทำการเฉลี่ย ในการวิจัยนี้ใช้ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

การจำลองอุบัติเหตุในอนาคตใช้แบบจำลอง SRES (A2, B2) เป็นแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Models :GCMs) ที่ปรับใช้กับพื้นที่ประเทศไทย เพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ศ. บ., 2559)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพภูมิอากาศกับการเกิดอุบัติเหตุบนถนน

ในการวิเคราะห์ จะหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุบนถนน ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่เป็นข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ

จำนวนอุบัติเหตุภาคกลาง 12 จังหวัด จากสถิติคดีอุบัติเหตุ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากบุคคล สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และสาเหตุจากอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนอุบัติเหตุภาคกลาง จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ พ.ศ. 2549 – 2558

(หน่วย : ครั้ง)

ปี (พ.ศ.)	ภาคกลาง		
	สาเหตุจากบุคคล	สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม	สาเหตุจากอุปกรณ์
ปี 2549	20,434	4,056	3,158
ปี 2550	25,719	4,222	3,943
ปี 2551	22,953	3,986	4,582
ปี 2552	23,989	4,858	4,713
ปี 2553	25,325	5,655	8,000
ปี 2554	29,256	9,368	6,760
ปี 2555	29,531	8,692	4,130
ปี 2556	26,045	7,964	3,212
ปี 2557	23,383	4,803	2,679
ปี 2558	25,155	4,018	44,232

ที่มา อุบัติเหตุการจราจรทางบก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

จำนวนอุบัติเหตุภาคเหนือ 15 จังหวัด จากสถิติคดีอุบัติเหตุ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากบุคคล สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และสาเหตุจากอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 จำนวนอุบัติเหตุภาคเหนือ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ พ.ศ. 2549 – 2558

(หน่วย : ครั้ง)

ปี (พ.ศ.)	**ภาคเหนือ**		
	สาเหตุจากบุคคล	**สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม**	**สาเหตุจากอุปกรณ์**
ปี 2549	5,160	2,119	1,059
ปี 2550	4,164	1,624	891
ปี 2551	3,263	1,492	763
ปี 2552	4,810	2,707	1,815
ปี 2553	4,985	2,448	1,545
ปี 2554	5,794	3,166	2,069
ปี 2555	5,733	3,353	2,321
ปี 2556	7,536	4,421	2,837
ปี 2557	7,394	4,173	2,861
ปี 2558	7,259	4,260	3,174

ที่มา อุบัติเหตุการจราจรทางบก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

MAEJO UNIVERSITY

จำนวนอุบัติเหตุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 15 จังหวัด จากสถิติคดีอุบัติเหตุ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากบุคคล สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และสาเหตุจากอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 จำนวนอุบัติเหตุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ พ.ศ. 2549 – 2558

(หน่วย : ครั้ง)

ปี (พ.ศ.)	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		
	สาเหตุจากบุคคล	สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม	สาเหตุจากอุปกรณ์
ปี 2549	5,079	2,218	1,178
ปี 2550	6,277	2,694	1,539
ปี 2551	3,931	1,867	1,009
ปี 2552	4,745	2,413	1,361
ปี 2553	5,570	3,049	1,803
ปี 2554	6,199	3,959	2,479
ปี 2555	5,346	3,107	1,887
ปี 2556	4,904	2,807	1,670
ปี 2557	7,137	3,593	2,321
ปี 2558	7,278	3,907	2,501

ที่มา อุบัติเหตุการจราจรทางบก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

จำนวนอุบัติเหตุภาคใต้ 12 จังหวัด จากสถิติคดีอุบัติเหตุ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุจากบุคคล สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และสาเหตุจากอุปกรณ์ที่ใช้ขับขี่ ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 จำนวนอุบัติเหตุภาคใต้ จำแนกตามสาเหตุการเกิดอุบัติเหตุ พ.ศ. 2549 – 2558

(หน่วย : ครั้ง)

ปี (พ.ศ.)	ภาคใต้		
	สาเหตุจากบุคคล	สาเหตุจากสิ่งแวดล้อม	สาเหตุจากอุปกรณ์
ปี 2549	3,943	1,408	1,068
ปี 2550	3,439	1,402	983
ปี 2551	3,285	1,313	986
ปี 2552	3,184	1,126	791
ปี 2553	3,825	1,452	969
ปี 2554	4,865	1,872	1,028
ปี 2555	4,339	2,339	1,420
ปี 2556	4,547	2,766	1,901
ปี 2557	3,493	2,309	1,455
ปี 2558	3,658	2,344	1,629

ที่มา อุบัติเหตุการจราจรทางบก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

การวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐมิติ (Econometrics model) เพื่อศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน (Road Accidents) ด้วยแบบจำลองการถดถอยแบบข้อมูลพาเนล (Panel data model) โดยกำหนดตัวแปรตามและตัวแปรอธิบายในแบบจำลองดังนี้

ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรเชิงปริมาณคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และทุกสาเหตุ

ตัวแปรอธิบาย ประกอบด้วย ตัวแปรสภาพอากาศในพื้นที่ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนรวม (Total rain) จำนวนวันที่ฝนตก (Number of rainy days) ปริมาณน้ำฝนสูงสุด (Daily maximum) ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน (Rain variance) อุณหภูมิเฉลี่ย (Average temperature) ความแปรปรวนของอุณหภูมิ (Temperature variance) และตัวแปรแนวโน้มเวลา (Time trend)

ตัวแปรเชิงนโนบายซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable) ในการเพิ่มความปลอดภัยทางถนนและการลดคนเมาแล้วขับ

1.1 การประมาณค่าแบบจำลองอุบัติเหตุ โดยใช้ตัวแปรตามเป็นการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม

กำหนดแบบจำลองสำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุบัติเหตุ ดังสมการที่ (3.1)

$$ACDEN_{it} = \alpha_1 + \beta_{11}\,RAINT_{it} + \beta_{12}\,RAIND_{it} + \beta_{13}\,VARRA_{it} + \beta_{14}\,AVETE_{it} + \beta_{15}\,VARTE_{it} + \beta_{16}TIMET_{it} + \mu_i + \gamma_{it} \quad (3.1)$$

โดยที่ $ACDEN_{it}$ คือ การเกิดอุบัติเหตุ (ครั้ง)

$RAINT_{it}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.)

$RAIND_{it}$ คือ จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)

$VARRA_{it}$ คือ ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน

$AVETE_{it}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)

$VARTE_{it}$ คือ ความแปรปรวนของอุณหภูมิ

$TIMET_{it}$ คือ ตัวแปรแนวโน้มเวลา

μ_i, γ_{it} คือ ค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้

i , t คือ พื้นที่จังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t

1.2 การประมาณค่าแบบจำลองอุบัติเหตุ โดยใช้ตัวแปรตามเป็นจำนวนอุบัติเหตุรวม และได้เพิ่มตัวแปรเชิงนโยบายซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable) 2 ตัวแปร คือ ตัวแปร Sa (Road Safety) และตัวแปร Al (Alcohol)

ตัวแปร Sa ใช้ในแบบจำลอง พ.ศ. 2554-2558 จากการที่คณะรัฐมนตรีมีมติกำหนดให้ พ.ศ. 2554-2563 เป็นทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน (Decade of Action for Road Safety)

ตัวแปร Al ใช้ในแบบจำลอง พ.ศ. 2557-2558 จากการประกาศใช้พระราชบัญญัติจราจรทางบก (ฉบับที่ 10) พ.ศ. 2557 ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพให้เจ้าหน้าที่เพื่อตรวจจับคนเมาแล้วขับซึ่งโทษก็ยังเล็กน้อยและยังไม่มีการบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจัง

กำหนดแบบจำลองสำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุบัติเหตุ ดังสมการที่ (3.2)

$$ACDTT_{it} = \alpha_1 + \beta_{11} RAINT_{it} + \beta_{12} RAIND_{it} + \beta_{13} VARRA_{it} + \beta_{14} AVETE_{it} + \beta_{15} VARTE_{it} + \beta_{16} TIMET_{it} + \beta_{17} Sa_{it} + \beta_{18} Al_{it} + \mu_i + \gamma_{it} \quad (3.2)$$

โดยที่ Sa_{it} คือ การเพิ่มความปลอดภัยทางถนน

Al_{it} คือ การลดคนที่เมาแล้วขับ

2. การจำลองผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุบนถนน

การจำลองผลกระทบและผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change impact projection) ด้วยการจำลองเชิงตัวเลข (Simulation) โดยใช้ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ (Key driven variable) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติร่วมกับข้อมูลภาพฉายการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change projection) ในระดับพื้นที่ ภายใต้สถานการณ์ตามรายงานพิเศษการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจก (The Special Report on Emissions Scenarios, SRES) ตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2 เมื่อ A2 เป็นสถานการณ์ที่อนาคตของโลกมีความหลากหลายพึ่งพาตัวเองมากขึ้นในภูมิภาค อนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่นประชากรเพิ่มขึ้นโดยตลอดการพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนเทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่นและกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค ส่วน B2 จะเน้นที่การแก้ปัญหาท้องถิ่นด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน โดยมีภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยเป็นค่าเฉลี่ยรายจังหวัด (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ศ. บ., 2559)

การศึกษานี้ได้ทำการจำลองผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางถนนและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 กำหนดตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม และทำการคัดเลือกข้อมูลการทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคต สำหรับปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 จากกริดข้อมูลที่ใกล้เคียงพื้นที่การเกิดอุบัติเหตุของแต่ละจังหวัด และหาค่าเฉลี่ยเป็นรายจังหวัดสำหรับสถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2

2.2 คำนวณร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคตตามแบบ A2 และ B2 (A2 (%Δ), B2 (%Δ)) เทียบกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมระหว่างปี ค.ศ. 2006-2015 ซึ่งกำหนดให้เป็นข้อมูลฐาน (Baseline-Tem, Baseline-Rain)

2.3 จำลองผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนโดยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย (Elastic-Tem) จากผลของข้อมูลฐานซึ่งอยู่ในรูปร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 เทียบกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต จะได้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน (Effect-Tem) และคำนวณผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน (Effect-Rain) โดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวม (Elastic-Rain) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2.4 รวมผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในอนาคต (Effect-Tem) และ (Effect-Rain) เป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Effect-CC) ต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ย

การจำลองผลกระทบและผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change impact projection) ด้วยการจำลองเชิงตัวเลข (Simulation) โดยใช้ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ (Key driven variable) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติร่วมกับข้อมูลภาพฉายการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change projection) ในระดับพื้นที่ ภายใต้สถานการณ์ตามรายงานพิเศษการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจก (The Special Report on Emissions Scenarios, SRES) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย ปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090

	SRES	Central	North	South	Northeast
2030 Temperature	A2	28.910	28.250	28.592	28.408
	B2	28.664	27.823	28.778	27.744
Precipitation	A2	1,314.991	1,118.319	1,652.675	1,393.751
	B2	1,272.681	1,415.375	1,598.427	1,428.887
2060 Temperature	A2	29.585	29.282	29.328	29.476
	B2	29.625	29.004	29.227	29.078
Precipitation	A2	1,363.252	1,286.398	1,426.944	1,263.115
	B2	1,394.885	1,098.719	1,566.729	1,167.557
2090 Temperature	A2	31.255	30.471	31.261	30.546
	B2	30.311	29.083	30.563	29.050
Precipitation	A2	1,508.895	1,751.339	1,910.325	1,762.331
	B2	1,493.141	1,427.572	1,558.894	1,631.033

ที่มา (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2559)

MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลของตัวแปรอธิบายต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนมีผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา การทดสอบความเหมาะสมของข้อมูล ผลการประมาณค่าแบบจำลองการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ยและการจำลองผลกระทบที่เป็นไปได้จากการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์ผลของตัวแปรอธิบายต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

1. ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติซึ่งเป็นข้อมูลรายจังหวัด โดยนำมาเฉลี่ยเป็นรายภาค ประกอบด้วยภาคกลาง (Central) ภาคเหนือ (North) ภาคใต้ (South) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast) ได้ค่าเฉลี่ยของตัวแปร (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สถิติเชิงพรรณนา

ตัวแปร	Central	North	South	Northeast
Acden การเกิดอุบัติเหตุจากสิ่งแวดล้อม (ครั้ง)	108.3667 (90.5356)	189.2667 (214.8556)	133.4500 (157.6202)	170.6800 (111.5973)
Acdtt การเกิดอุบัติเหตุรวม (ครั้ง)	532.5167 (408.8509)	665.1333 (693.9879)	508.6083 (506.3637)	498.9733 (266.6733)
Avete อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	27.0983 (1.3176)	25.8407 (1.5412)	28.0150 (1.3697)	25.7613 (1.2021)
Raind จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)	125.6417 (30.1556)	119.5867 (15.6682)	170.7250 (19.4694)	114.8467 (16.1967)
Raint ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.)	1,706.383 (1,225.2550)	1,278.774 (310.0787)	2,535.508 (867.2005)	1,452.883 (395.8653)
Varra ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน	28,893.83 (54,545.26)	10,705.33 (5,973.992)	35,351.80 (35,536.45)	16,688.23 (12,950.14)
Varte ความแปรปรวนของอุณหภูมิ	2.0230 (1.7640)	6.2242 (3.7397)	0.7322 (0.5461)	5.9503 (3.9522)

ที่มา จากการคำนวณ

หมายเหตุ ค่าของแต่ละตัวแปรคือค่าเฉลี่ยของตัวแปร (Mean) และค่าในวงเล็บคือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นวิธีการทางสถิติเพื่อใช้ในการพรรณนาหรือบรรยายลักษณะของสิ่งที่ศึกษา เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้

ค่าสถิติ (Statistic) เป็นค่าตัวเลขที่คำนวณได้จากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง (Mean) เพื่อใช้สรุปหรือบรรยายแสดงลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ในงานวิจัยนี้คือค่าเฉลี่ย

ของตัวแปรคิดจากผลรวมของค่าทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูล และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของข้อมูลแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ย (Mean) หมายถึงข้อมูลแต่ละตัวมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ย มากน้อยเพียงใด ถ้าต่างมากแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก ถ้าต่างน้อยแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายน้อย

2. การทดสอบความเหมาะสมของข้อมูล

1) ผลการทดสอบพาแนลยูนิทรูทหรือความนิ่งข้อมูล ของตัวแปรการเกิดอุบัติเหตุ (ACDEN, ACDTT) และตัวแปรอธิบายด้วยวิธีการ Levin, Lin and Chu พบว่าที่ระดับ Level ค่าสถิติที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ข้อมูลไม่มียูนิทรูทหรือข้อมูลนิ่งเป็นค่าที่นำไปใช้ในแบบจำลองได้แต่ถ้าค่าสถิติที่ได้จากการทดสอบตัวแปรยอมรับสมมติฐานหลัก นั่นคือข้อมูลมียูนิทรูทหรือข้อมูลไม่นิ่ง (Panel unit root = Non-Stationary) ไม่สามารถนำไปใช้ในแบบจำลองได้ จึงทำการทดสอบที่ระดับ 1^{st} difference พบว่าค่าสถิติที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือข้อมูลไม่มียูนิทรูทหรือข้อมูลนิ่ง (No panel unit root = Stationary) ที่ระดับ 1^{st}difference จึงนำไปใช้ในแบบจำลองได้ ดังตัวแปรอธิบาย Varte ในตารางที่ 4.2 ที่ข้อมูลไม่นิ่งที่ระดับ level แต่นิ่งที่ระดับ 1^{st}difference ค่าสถิติของภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคใต้ คือ -3.0065^{***} , -4.0733^{***} , -7.2101^{***} ตามลำดับ แต่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องทดสอบที่ระดับ 2^{nd} difference ข้อมูลถึงจะนิ่งและค่าสถิติ คือ -20.5187***

2) การทดสอบ Heteroscedasticity test

การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูลพาเนลด้วยวิธี Panel least square ในกรณีที่เกิดปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (Heteroscedasticity) จำเป็นต้องมีการทดสอบความเหมาะสมของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอธิบายกับค่าคลาดเคลื่อนในแบบจำลองของฟังก์ชันการเกิดอุบัติเหตุด้วยวิธี Breusch-Pagan-Godfrey และวิธี White จากการหาความความสัมพันธ์ของค่าสัมบูรณ์ของค่าคลาดเคลื่อนกับตัวแปรอธิบาย ได้ผลดังตารางที่ 4.2 (Ho = no hetero,H1 = hetero, ค่าprob น้อยมาก=sig, ปฏิเสธHo, เกิด hetero)

ตารางที่ 4.2 การทดสอบพาแนลยูนิทรูท (Panel unit root test) และ Heteroscedasticity

ตัวแปร	Central	North	South	Northeast
Acden การเกิดอุบัติเหตุจากสิ่งแวดล้อม (ครั้ง)	-3.6358***	-2.7728***	-8.8143***	-4.6674***
Acdtt การเกิดอุบัติเหตุรวม (ครั้ง)	-2.7493***	-6.0524***	-7.5015***	-6.3686***
Avrte อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	-6.2516***	-11.5356***	-8.5460***	-11.0186***
Raind จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)	-4.4805***	-9.2495***	-7.5443***	-8.7519***
Raint ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.)	-6.6484***	-7.3158***	-4.7406***	-6.6849***
Varra ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน	-8.1686***	-3.5043***	-6.5768***	-10.8227***
Varte ความแปรปรวนของอุณหภูมิ	7.45767	9.7642	-1.0521	16.0038
Heteroskedasticity Test				
BPG (Acden) (Acdtt)	0.6212 0.8452	1.6694 1.0534	2.4785** 2.1581**	1.2554 1.7505*
White (Acden) (Acdtt)	0.3208 0.9377	0.7493 0.5197	2.0853*** 2.1582***	0.6098 1.0502

ที่มา จากการคำนวณ

หมายเหตุ สัญลักษณ์ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 1%, 5%, และ 10% ตามลำดับ

3) การทดสอบความสัมพันธ์เชิงร่วมเชิงเส้น (Multicollinearity)

การทดสอบที่ใช้ในการวิจัย คือ วิธีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์อย่างง่าย (Simple Correlation) ดูจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation analysis) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เป็นการทดสอบความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอธิบาย เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์สมการถดถอย นอกจากนี้ในการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอธิบายในแบบจำลอง ซึ่งการวิเคราะห์นี้มีข้อกำหนดว่าตัวแปรอธิบายต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ถ้าค่าระหว่างตัวแปรอธิบายสองตัวมีความสัมพันธ์กันสูง คือมีค่ามากกว่า 0.8 แสดงว่ามีปัญหาความสัมพันธ์ร่วม (Collinearity) ซึ่งเกิดปัญหา Multicollinearity ได้

ผลจากการวิเคราะห์เพื่อทดสอบปัญหา Multicollinearity ด้วยวิธีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์อย่างง่าย (Simple Correlation) ของภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.3 ตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation analysis) ภาคกลาง

ตัวแปร	AVETE	RAIND	RAINT	TIMET	VARRA	VARTE	ALCOH	SAFET
AVETE	1.0000	-0.0217	-0.0373	-0.0661	-0.0422	-0.0901	-0.0406	-0.0800
RAIND	-0.0217	1.0000	0.9250	-0.1172	0.7854	-0.4734	-0.2223	-0.0408
RAINT	-0.0373	0.9250	1.0000	-0.0558	0.9271	-0.3614	-0.0907	-0.0187
TIMET	-0.0661	-0.1172	-0.0558	1.0000	-0.0503	0.5017	0.6963	0.8704
VARRA	-0.0422	0.7854	0.9271	-0.0503	1.0000	-0.2711	-0.0492	-0.0257
VARTE	-0.0901	-0.4734	-0.3614	0.5017	-0.2711	1.0000	0.5872	0.2899
ALCOH	-0.0406	-0.2223	-0.0907	0.6963	-0.0492	0.5872	1.0000	0.5000
SAFET	-0.0800	-0.0408	-0.0187	0.8704	-0.0257	0.2899	0.5000	1.0000

ที่มา จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.3 ได้ผลดังนี้

TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704

RAIND มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9250

VARRA มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9271

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation analysis) ภาคเหนือ

ตัวแปร	AVETE	RAIND	RAINT	TIMET	VARRA	VARTE	ALCOH	SAFET
AVETE	1.0000	-0.2541	-0.1765	0.0749	0.0222	-0.1006	-0.0523	-0.0477
RAIND	-0.2541	1.0000	0.6230	-0.2879	0.3195	-0.2092	-0.4105	-0.0743
RAINT	-0.1765	0.6230	1.0000	-0.3000	0.7575	-0.3391	-0.4015	-0.0720
TIMET	0.0749	-0.2879	-0.3000	1.0000	-0.2872	0.4458	0.6963	0.8704
VARRA	0.0222	0.3195	0.7575	-0.2872	1.0000	-0.3736	-0.4064	-0.1405
VARTE	-0.1006	-0.2092	-0.3391	0.4458	-0.3736	1.0000	0.5936	0.1875
ALCOH	-0.0523	-0.4105	-0.4015	0.6963	-0.4064	0.5936	1.0000	0.5000
SAFET	-0.0477	-0.0743	-0.0720	0.8704	-0.1405	0.1875	0.5000	1.0000

ที่มา จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.4 ได้ผลดังนี้

TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation analysis) ภาคใต้

ตัวแปร	AVETE	RAIND	RAINT	TIMET	VARRA	VARTE	ALCOH	SAFET
AVETE	1.0000	-0.0093	-0.1443	0.0108	-0.1270	0.0028	-0.0857	-0.0654
RAIND	-0.0093	1.0000	0.7331	-0.1532	0.3766	-0.3799	-0.2401	-0.0331
RAINT	-0.1443	0.7331	1.0000	0.0266	0.7909	-0.2159	-0.1120	0.1052
TIMET	0.0108	-0.1532	0.0266	1.0000	0.0760	0.4380	0.6963	0.8704
VARRA	-0.1270	0.3766	0.7909	0.0760	1.0000	0.0308	-0.0135	0.1013
VARTE	0.0028	-0.3799	-0.2159	0.4380	0.0308	1.0000	0.5406	0.1700
ALCOH	-0.0857	-0.2401	-0.1120	0.6963	-0.0135	0.5406	1.0000	0.5000
SAFET	-0.0654	-0.0331	0.1052	0.8704	0.1013	0.1700	0.5000	1.0000

ที่มา จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.5 ได้ผลดังนี้

TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Correlation analysis) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตัวแปร	AVETE	RAIND	RAINT	TIMET	VARRA	VARTE	ALCOH	SAFET
AVETE	1.0000	-0.3164	-0.3357	0.1739	-0.2346	-0.0742	-0.0326	0.0918
RAIND	-0.3164	1.0000	0.7063	-0.1950	0.4748	-0.1228	-0.3308	-0.1293
RAINT	-0.3357	0.7063	1.0000	-0.2096	0.8159	-0.1517	-0.2653	-0.1293
TIMET	0.1739	-0.1950	-0.2096	1.0000	0.0264	0.5568	0.6963	0.8704
VARRA	-0.2346	0.4748	0.8159	0.0264	1.0000	0.0570	-0.0285	0.0568
VARTE	-0.0742	-0.1228	-0.1517	0.5568	0.0570	1.0000	0.6720	0.3385
ALCOH	-0.0326	-0.3308	-0.2653	0.6963	-0.0285	0.6720	1.0000	0.5000
SAFET	0.0918	-0.1293	-0.1293	0.8704	0.0568	0.3385	0.5000	1.0000

ที่มา จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.6 ได้ผลดังนี้

TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704
VARRA มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8159

โดยภาพรวมของทั้งหมดทุกภาค TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากกว่า 0.8 ทำให้แบบจำลองนี้อาจเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงร่วมเชิงเส้น (Multicollinearity) ได้ ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปร SAFET ออกเพราะว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704 ของทุกภาค

ผลการประมาณค่าแบบจำลอง

การประมาณค่าแบบจำลองต้องทดสอบการประมาณค่าความสัมพันธ์แบบจำลองพาแนล โดยการทดสอบวิธี Redundant fixed effect พิจารณาค่า Prob. ของค่า Cross-section และ Cross-section Chi-square พบว่าแบบจำลอง Fixed effect เหมาะสม

ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้วิธี Panel Least Squares เพราะแบบจำลองไม่เกิดปัญหา Heteroscedasticity ส่วนภาคใต้ใช้วิธี Panel EGLS (Cross-section weights) เพราะแบบจำลองเกิดปัญหา Heteroscedasticity

ตารางที่ 4.7 ผลการประมาณค่าโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม

ตัวแปร	Central	North	South	Northeast
อุณหภูมิเฉลี่ย (AVETE)	3.6607 (6.0816)	-9.7595 (10.9928)	2.3179 (2.2382)	9.1220 (7.5429)
จำนวนวันที่ฝนตก (RAIND)	1.8823* (0.9545)	-0.5556 (1.1357)	-0.4834 (0.3591)	-0.0151 (0.9127)
ปริมาณน้ำฝนรวม (RAINT)	-0.0335 (0.0470)	0.0400 (0.0778)	0.0071 (0.0123)	0.0411 (0.0560)
แนวโน้มเวลา (TIMET)	4.8559 (3.3199)	23.1898*** (4.5599)	7.9040*** (1.3683)	17.5356*** (4.0761)
ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน(VAERA)	0.0003 (0.0005)	-3.54E-05 (0.0033)	5.69E-05 (0.0002)	9.80E-06 (0.0014)
ความแปรปรวนของอุณหภูมิ(VARTE)	-0.1348 (6.2795)	2.7205 (4.1796)	-9.9026 (6.3200)	-2.5160 (1.5393)
C	-205.3452 (207.4210)	322.3241 (322.4692)	87.3200 (70.5821)	-226.6751 (214.9435)
R-squared	0.4000	0.7590	0.7521	0.5967
Adjusted R-squared	0.2867	0.7167	0.7053	0.5152
F-statistic	3.5299***	17.9503***	16.0660***	7.3227***

ที่มา จากการคำนวณ

หมายเหตุ

1. สัญลักษณ์ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 1%, 5%, และ 10% ตามลำดับ
2. ค่าของแต่ละตัวแปรคือค่า Coefficient และค่าในวงเล็บคือค่า Standard Error

จากตารางที่ 4.7 ซึ่งเป็นผลการประมาณค่าแบบจำลองโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมพบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลาง

ตารางที่ 4.8 ผลการประมาณค่าโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากทุกสาเหตุ

ตัวแปร	Central	North	South	Northeast
อุณหภูมิเฉลี่ย (AVETE)	9.9093 (25.4099)	-39.8701 (33.5542)	4.2671 (8.7949)	37.3129*** (18.2710)
จำนวนวันที่ฝนตก (RAIND)	1.2495 (4.4025)	-2.9796 (3.5205)	-1.6045 (1.3350)	0.5481 (2.0660)
ปริมาณน้ำฝนรวม (RAINT)	-0.1114 (0.1982)	0.0803 (0.2310)	0.0248 (0.0517)	0.1069 (0.1274)
แนวโน้มเวลา (TIMET)	16.5051 (18.4911)	83.8730*** (17.7147)	11.5579 (7.7038)	36.0434*** (13.1007)
ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน(VAERA)	0.0013 (0.0023)	-5.51E-05 (0.0099)	-7.71E-05 (0.0007)	-0.0003 (0.0031)
ความแปรปรวนของอุณหภูมิ(VARTE)	2.0603 (26.2500)	11.8997 (12.4071)	-41.2375* (24.3913)	-4.5403 (3.5527)
การลดคนที่เมาแล้วขับ (ALCOH)	-71.2487 (136.1116)	-145.0417 (127.1854)	4.1516 (49.8082)	-32.8007 (66.1114)
C	180.1148 (891.6841)	1483.228 (1008.720)	538.5620* (280.0485)	-888.1968* (513.5835)
R-squared	0.5025	0.7956	0.7754	0.6417
Adjusted R-squared	0.4019	0.7576	0.7300	0.5649
F-statistic	4.9949***	20.9390***	17.0699***	8.3568***

ที่มา จากการคำนวณ

หมายเหตุ

1. สัญลักษณ์ ***, **, * คือ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 1%, 5%, และ 10% ตามลำดับ
2. ค่าของแต่ละตัวแปรคือค่า Coefficient และค่าในวงเล็บคือค่า Standard Error

จากตารางที่ 4.8 ซึ่งเป็นผลการประมาณค่าแบบจำลองโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากทุกสาเหตุพบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรความแปรปรวนของอุณหภูมิของภาคใต้

การจำลองผลกระทบของการเกิดอุบัติเหตุเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การจำลองผลกระทบและผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change impact projection) ด้วยการจำลองเชิงตัวเลข (Simulation) โดยใช้ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ (Key driven variable) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมจากแบบจำลองทางเศรษฐมิติร่วมกับข้อมูลภาพฉายการทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change projection) ในระดับพื้นที่ ภายใต้สถานการณ์ตามรายงานพิเศษการเปลี่ยนแปลงก๊าซเรือนกระจก (The Special Report on Emissions Scenarios, SRES) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย ปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090

	SRES	Central	North	South	Northeast
2030 Temperature	A2	28.910	28.250	28.592	28.408
	B2	28.664	27.823	28.778	27.744
Precipitation	A2	1,314.991	1,118.319	1,652.675	1,393.751
	B2	1,272.681	1,415.375	1,598.427	1,428.887
2060 Temperature	A2	29.585	29.282	29.328	29.476
	B2	29.625	29.004	29.227	29.078
Precipitation	A2	1,363.252	1,286.398	1,426.944	1,263.115
	B2	1,394.885	1,098.719	1,566.729	1,167.557
2090 Temperature	A2	31.255	30.471	31.261	30.546
	B2	30.311	29.083	30.563	29.050
Precipitation	A2	1,508.895	1,751.339	1,910.325	1,762.331
	B2	1,493.141	1,427.572	1,558.894	1,631.033

ที่มา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

จากตารางที่ 4.9

A2 คือ แนวทางที่คล้ายกับลักษณะการพัฒนาของโลกที่ผ่านมาในอดีตถึงปัจจุบัน กล่าวคือ เป็นโลกที่มีความแตกต่างและหลากหลายในเชิงเศรษฐกิจ การเมืองและการเข้าถึงเทคโนโลยีต่างๆ โดยที่การพัฒนาจะเน้นการเจริญเติบโตในเชิงเศรษฐกิจมากกว่าความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม และนำไปสู่ความเข้มข้นของก๊าซเรือน กระจกในชั้นบรรยากาศที่สูงถึง 1,250 ส่วนในล้านส่วน ภายใน

ปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21 และ B2 คือ แนวทางการพัฒนาแบบสมดุล และเปลี่ยนแปลงสู่การพัฒนาควบคู่กับการดูแลรักษาธรรมชาติอย่างยั่งยืน เน้นการแก้ปัญหาท้องถิ่น ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้มข้นของก๊าซ เรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่ 800 ส่วนในล้านส่วน ภายในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 21

ผลการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Effect-CC) ต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ยของของแต่ละภาคดังนี้

ภาคกลาง

สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ 50.725 (54.431) ร้อยละ 48.094 (44.746) และร้อยละ 38.667 (36.610) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ

ภาคเหนือ

สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -53.387 (33.735) ร้อยละ -7.789 (-61.244) และร้อยละ 123.177 (33.603) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ

ภาคใต้

สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -254.355 (-268.882) ร้อยละ -315.074 (-274.867) และร้อยละ -159.303 (-267.362) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -4.158 (0.874) ร้อยละ -26.824 (-46.727) และร้อยละ 74.306 (44.284) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน

Mean	SRES	Central	North	South	Northeast
Elastic - Tem		0.915	-1.332	0.487	1.377
Elastic - Rain		-0.528	0.270	0.135	0.350
Baseline - Tem		27.098	25.841	28.015	25.761
Baseline - Rain		1,706.383	1,278.774	2,535.508	1,452.883
2030 Tem	A2 (%Δ)	6.684	9.323	2.059	10.275
	B2 (%Δ)	5.779	7.672	2.722	7.696
Rain	A2 (%Δ)	-22.937	-12.548	-34.819	-4.070
	B2 (%Δ)	-25.416	10.682	-36.958	-1.652
Effect - Tem	A2	7.302	-6.997	4.231	7.463
	B2	6.313	-5.758	5.594	5.590
Effect - Rain	A2	43.424	-46.390	-258.586	-11.621
	B2	48.118	39.493	-274.475	-4.716
Effect - CC	A2	50.725	-53.387	-254.355	-4.158
	B2	54.431	33.735	-268.882	0.874
2060 Tem	A2 (%Δ)	9.177	13.316	4.686	14.418
	B2 (%Δ)	9.324	12.242	4.327	12.873
Rain	A2 (%Δ)	-20.109	0.596	-43.722	-13.061
	B2 (%Δ)	-18.255	-14.080	-38.208	-19.639
Effect - Tem	A2	10.025	-9.993	9.630	10.472
	B2	10.186	-9.188	8.893	9.350
Effect - Rain	A2	38.069	2.204	-324.703	-37.296
	B2	34.560	-52.056	-283.760	-56.076
Effect - CC	A2	48.094	-7.789	-315.074	-26.824
	B2	44.746	-61.244	-274.867	-46.727
2090 Tem	A2 (%Δ)	15.339	17.919	11.588	18.572
	B2 (%Δ)	11.856	12.547	9.095	12.765
Rain	A2 (%Δ)	-11.574	36.955	-24.657	21.299
	B2 (%Δ)	-12.497	11.636	-38.517	12.262
Effect - Tem	A2	16.756	-13.448	23.815	13.489
	B2	12.951	-9.416	18.693	9.272
Effect - Rain	A2	21.911	136.625	-183.119	60.817
	B2	23.659	43.019	-286.055	35.012
Effect - CC	A2	38.667	123.177	-159.303	74.306
	B2	36.610	33.603	-267.362	44.284

ที่มา จากการคำนวณ

จากตารางที่ 4.10 ได้ทำการจำลองผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางถนนและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 โดยทำตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดตัวแปรหลักทางสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวม และทำการคัดเลือกข้อมูลการทำนายอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคต สำหรับปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 จากกริดข้อมูลที่ใกล้เคียงพื้นที่การเกิดอุบัติเหตุของแต่ละจังหวัด และหาค่าเฉลี่ยเป็นรายจังหวัดสำหรับสถานการณ์ก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2

2. คำนวณร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมในอนาคตตามแบบ A2 และ B2 (A2 (%Δ), B2 (%Δ)) เทียบกับข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมระหว่างปี ค.ศ. 2006-2015 ซึ่งกำหนดให้เป็นข้อมูลฐาน (Baseline-Tem, Baseline-Rain)

3. จำลองผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนโดยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ย (Elastic-Tem) จากผลของข้อมูลฐานซึ่งอยู่ในรูปร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปร้อยละ 1 เทียบกับร้อยละการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยในอนาคต จะได้ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน (Effect-Tem) และคำนวณผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในอนาคตต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน (Effect-Rain) โดยเทียบจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวม (Elastic-Rain) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

4. รวมผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในอนาคต (Effect-Tem) และ (Effect-Rain) เป็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Effect-CC) ต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ย

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและอุบัติเหตุทางถนน เป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอธิบายและการจำลองผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุทางถนน เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่เป็นข้อมูลแบบพาแนลในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาของสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก พ.ศ. 2549 – 2558 ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ รวบรวมโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ทั้ง 4 ภาค โดยใช้จังหวัดในภาคกลาง 12 จังหวัด ภาคเหนือ 15 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 15 จังหวัด และภาคใต้ 12 จังหวัด ทำการประมาณค่าแบบจะลอง 2 แบบ คือ การประมาณค่าแบบจำลองอุบัติเหตุโดยใช้ตัวแปรตามเป็นการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม และการประมาณค่าแบบจำลองอุบัติเหตุโดยใช้ตัวแปรตามเป็นจำนวนอุบัติเหตุรวม โดยได้เพิ่มตัวแปรเชิงนโยบายซึ่งเป็นตัวแปรหุ่น (Dummy variable) 2 ตัวแปร คือ ตัวแปร Sa (Road Safety) และตัวแปร Al (Alcohol) สามารถสรุปวิธีการได้ดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบพาแนลยูนิทรูทหรือความนิ่งข้อมูลของตัวแปรการเกิดอุบัติเหตุ (ACDEN, ACDTT) และตัวแปรอธิบายด้วยวิธีการ Levin, Lin and Chu พบว่าที่ระดับ Level ค่าสถิติที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ข้อมูลไม่มียูนิทรูทหรือข้อมูลนิ่งเป็นค่าที่นำไปใช้ในแบบจำลองได้ แต่ตัวแปรความแปรปรวนของอุณหภูมิ Varte ข้อมูลมีลักษณะไม่นิ่งที่ระดับ Level จึงทำการทดสอบที่ระดับ 1st difference พบว่าค่าสถิติที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ข้อมูลไม่มียูนิทรูทหรือข้อมูลนิ่งของภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคใต้ ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องทดสอบที่ระดับ 2nd difference ข้อมูลถึงจะนิ่ง

ผลการทดสอบปัญหาความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ (Heteroscedasticity) พบว่าภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบบจำลองไม่เกิดปัญหา Heteroscedasticity ส่วนภาคใต้ แบบจำลองเกิดปัญหา Heteroscedasticity

ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้วิธี Panel Least Squares เพราะแบบจำลองไม่เกิดปัญหา Heteroscedasticity ส่วนภาคใต้ใช้วิธี Panel EGLS (Cross-section weights) เพราะแบบจำลองเกิดปัญหา Heteroscedasticity

ทดการทดสอบความสัมพันธ์เชิงร่วมเชิงเส้น (Multicollinearity) ได้ผลคือ TIMRT มีความสัมพันธ์กับ SAFET ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.8704

ของทุกภาค ในภาคกลาง RAIND มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9250 และ VARRA มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9271 ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ VARRA มีความสัมพันธ์กับ RAINT ในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8159 จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากกว่า 0.8 ทำให้แบบจำลองนี้อาจเกิดปัญหาความสัมพันธ์เชิงร่วมเชิงเส้น (Multicollinearity) ได้ ดังนั้นจึงทำการตัดตัวแปร SAFET ออกเพราะว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.8704 ของทุกภาค

การเลือกแบบจำลองที่เหมาะสม ต้องทดสอบการประมาณค่าความสัมพันธ์แบบจำลองพาแนลก่อนโดยการทดสอบวิธี Redundant fixed effect จากนั้นพิจารณาค่า Prob. ของค่า Cross-section และ Cross-section Chi-square พบว่าแบบจำลอง Fixed effect เหมาะสม จึงเลือกการประมาณค่าแบบจำลอง Fixed effect

ผลการประมาณค่าแบบจำลอง ดังนี้

ผลการประมาณค่าโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม พบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือ ตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลาง

ผลการประมาณค่าโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ที่มีสาเหตุจากทุกสาเหตุ พบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือ ตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรความแปรปรวนของอุณหภูมิของภาคใต้

ผลการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Effect-CC) ต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนน พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลกระทบต่ออุบัติเหตุทางถนนเฉลี่ยของแต่ละภาคดังนี้ ภาคกลาง สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับร้อยละ 50.725 (54.431) ร้อยละ 48.094 (44.746) และร้อยละ 38.667 (36.610) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ ภาคเหนือ สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -53.387 (33.735) ร้อยละ -7.789 (-61.244) และร้อยละ 123.177 (33.603) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ ภาคใต้ สำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -254.355 (-268.882) ร้อยละ -315.074 (-274.867) และร้อยละ -159.303 (-267.362) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 (B2) เท่ากับ ร้อยละ -4.158 (0.874) ร้อยละ -26.824 (-46.727) และร้อยละ 74.306 (44.284) ในปี ค.ศ. 2030 2060 และ 2090 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากสมมติฐานที่ว่าตัวแปรสภาพภูมิอากาศอาจส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุนั้น ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมคือ ตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลาง ทั้งนี้เนื่องจากในอนาคต สภาพภูมิอากาศส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้นเป็นเพราะภาวะโลกร้อนที่รุนแรงขึ้นในทุกๆ ส่วนของภูมิภาค ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ตัวแปรแนวโน้มเวลานั้นไม่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุของภาคกลาง ตัวแปรที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุของภาคกลางคือตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตก ซึ่งเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเหมือนกัน ผลการจิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amin และคณะ, Andersson และ Chapman, Hambly, Malin และคณะ ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ (Amin et al., 2014; Andersson and Chapman, 2011; Hambly, 2013; Malin et al., 2019)

ข้อเสนอแนะ

ในการออกนโยบาย กฎหมาย หรือมาตรการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้การแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุให้ผลในเชิงบวก ลดอุบัติเหตุบนท้องถนนให้เห็นเป็นรูปธรรม นอกจากนโยบายของรัฐจะต้องมีทิศทางที่ชัดเจนแล้ว ภาครัฐยังต้องอาศัยหน่วยงานที่ทำหน้าที่สนับสนุนให้มาตรการต่างๆ สามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ ยังต้องมีการให้ความรู้และส่งเสริมให้มีวินัยจราจรตั้งแต่เด็กจนโตเพื่อลดอุบัติเหตุ โดยให้ความรู้และส่งเสริมให้มีวินัยจราจรทั้งในโรงเรียน มหาวิทยาลัย และชุมชน นอกจากนั้นภาครัฐยังต้องพัฒนาบุคคลากรภาครัฐเองให้มีความรู้ ความสามารถเพื่อให้การดำเนินมาตรการต่างๆ สามารถปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญความสำเร็จในการดำเนินนโยบาย และมาตรการต่างๆ จะเกิดขึ้นได้มากน้อยเพียงไร ก็ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนของสังคม โดยเฉพาะภาคประชาชน ต้องร่วมกันสนับสนุนนโยบายด้านอุบัติเหตุต่างๆ ให้ความร่วมมือกับภาครัฐ อย่างจริงจัง เคร่งครัด ก็จะทำให้นโยบายการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การจะทำให้นโยบาย กฎหมาย มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุให้ประสบความสำเร็จนั้น การเตรียมความพร้อมจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. การมีนโยบาย/ หรือกฎหมาย ด้านอุบัติเหตุทางถนน (Road Accident Policy) ที่ชัดเจน

ในการออกนโยบาย กฎหมาย และมาตรการแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุนั้น ภาครัฐต้องมีความชัดเจนในการกำหนดนโยบาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การดำเนินการบังคับใช้กฎหมายอย่างจริงจังต่อเนื่อง ควบคู่กับการประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้เกี่ยวกับระเบียบ กฎหมาย ข้อปฏิบัติที่เกี่ยวข้องในการใช้รถใช้ถนนให้เกิดความปลอดภัย โดยให้เพิ่มความเข้มข้นในกลุ่มการขับขี่ด้วยความเร็วเกินกว่ากำหนดเพราะเป็นสาเหตุการเสียชีวิตที่สูงสุดของประเทศไทย จากสถิติอุบัติเหตุทางถนนที่อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวงคมนาคม จำแนกตามมูลเหตุสันนิษฐาน พ.ศ. 2558 มูลเหตุสันนิษฐานที่มีจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุสูงที่สุดคือ ขับรถเร็วเกินกำหนด 11,753 ครั้ง คนหรือรถตัดหน้ากระชั้นชิด 1,437 ครั้ง หลับใน 796 ครั้ง และเมาสุรา/ยาบ้า 438 ครั้ง (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559) การบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับความเร็วต้องมีอัตราค่าปรับในการขับรถเร็วเกินอัตรากำหนดให้สูงกว่าเดิมหลายเท่าเพื่อเป็นการลดความรุนแรงจากอุบัติเหตุ ถึงแม้ว่าปัจจุบันมีการใช้เครื่องมือตรวจจับความเร็วที่ผู้ขับขี่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่น กล้องตรวจจับความเร็วที่ถูกติดตั้งบริเวณต่างๆ จะเป็นการแก้ไขปัญหาแค่ตรงพื้นที่นั้น ดังนั้นจึงควรใช้ระบบ GPS เข้ามาแก้ไขปัญหาในส่วนนี้ ทำให้สามารถแสดงตำแหน่งของรถ ทราบความเคลื่อนไหว และแสดงอัตราความเร็วในการขับรถ ว่าเกินกำหนดหรือไม่และสามารถเก็บข้อมูลการวิ่งของรถแต่ละคันเรียกดูย้อนหลังได้ตามต้องการมาใช้กับรถส่วนบุคคลเพื่อควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ เหมือนรถโดยสาร

สาธารณะ เพิ่มการติดตั้งกล้อง CCTV ในจุดที่มีการกระทำผิดบ่อยครั้ง และเพิ่มโทษการเมาแล้วขับ พร้อมกับเพิ่มจุดตรวจที่มีการใช้เครื่องตรวจวัดแอลกอฮอล์ให้มากขึ้น

2. การปรับปรุงองค์กรที่เกี่ยวข้อง (Institutional Change) เพื่อรองรับการปฏิบัติตามนโยบายของรัฐ

การจะดำเนินนโยบายหรือมาตรการต่างๆ ให้ประสบความสำเร็จนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ภาครัฐจะต้องทบทวนบทบาทและอำนาจหน้าที่ขององค์กรที่มีอยู่ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้การดำเนินงานตามนโยบายและมาตรการต่างๆ มีประสิทธิภาพ และบรรลุวัตถุประสงค์ โดยอาจเริ่มจากการพิจารณาหน่วยงานภาครัฐหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยอาจขยายบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบให้มีความครอบคลุมยิ่งขึ้น หรืออาจเพิ่มขอบอำนาจเพื่อให้หน่วยงานหรือองค์กรดังกล่าวสามารถดำเนินงานได้อย่างเต็มที่ และสามารถบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้อย่างรวดเร็ว หรือหากจำเป็นต้องตั้งหน่วยงานหรือองค์กรใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับภารกิจและเป้าหมายที่วางไว้ ก็จะต้องรีบดำเนินการอย่างทันท่วงที ไม่ว่าจะเป็นการแก้ไขกฎหมาย การออกกฎ ระเบียบที่เกี่ยวข้อง หรือคำสั่งแต่งตั้ง เพื่อให้หน่วยงานหรือองค์กรดังกล่าวมีอำนาจดำเนินการตามวัตถุประสงค์ ได้สำเร็จตามระยะเวลาที่กำหนดในแผนงาน เพื่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุของประเทศไทย

3. การพัฒนาความรู้ความสามารถของทรัพยากรบุคคล (Human Resourse) ให้มีคุณภาพมีเจ้าหน้าที่ของรัฐและประชาชน ดังนี้

เจ้าหน้าที่ของรัฐ

การพัฒนาความรู้คือปัจจัยที่สำคัญที่สามารถสนับสนุนให้นโยบายและมาตรการที่ภาครัฐเสนอสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างเป็นรูปธรรม สนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ และส่งเสริมให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาการดำเนินการด้านความปลอดภัยทางถนนในทุกมิติ

ประชาชน

ศึกษาหาความรู้เรื่องการขับขี่ที่ปลอดภัยและกฎจราจร และต้องปฏิบัติตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด ไม่ขับเร็วกว่ากฎหมายกำหนด มีมารยาทในการขับขี่และมีน้ำใจให้แก่กัน

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากผลการประมาณค่าแบบจำลองโดยที่ตัวแปรตามคือจำนวนครั้งของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อม พบว่าตัวแปรที่มีทิศทางเดียวกันกับตัวแปรตามคือ ตัวแปรแนวโน้มเวลาของภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลาง

จากตัวแปรแนวโน้มเวลา ในอนาคตการเกิดอุบัติเหตุทางถนนที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มขึ้นในภาคภาคเหนือ ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การศึกษาด้านผลกระทบของการ

เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะต่อไป จึงควรที่จะเพิ่มสถานการณ์ใหม่ เช่น ผลกระทบด้านการคมนาคม เพื่อให้การแก้ไขปัญหาอุบัติเหตุมีข้อมูลเชิงประจักษ์ที่หลากหลาย

จากตัวแปรจำนวนวันที่ฝนตกของภาคกลางที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนนั้น ควรปรับสภาพถนนในภาคกลางให้มีความปลอดภัยในการขับขี่ในสภาพที่ฝนตกมากขึ้น และเพิ่มเขตจำกัดความเร็วในหลายๆ จุดช่วงฤดูฝน เพื่อลดอุบัติเหตุที่เกิดจากการลื่น

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรหาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านอื่น ที่ส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุและมีการสืบสวนเชิงลึกกรณีการเกิดอุบัติเหตุสำคัญ เพื่อนำข้อมูลไปปรับปรุงพัฒนาในการดำเนินการด้านความปลอดภัยทางถนนให้มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับสถานการณ์
2. ควรหาข้อสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อด้านใดมากที่สุด มีวิธีป้องกันและแก้ไขแบบไหน เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเป็นรูปธรรม

บรรณานุกรม

Amin, M. S. R., Zareie, A. & Amador-Jiménez, L. E. 2014. Climate change modeling and the weather-related road accidents in Canada. **Transportation Research Part D** 32(171-183.

Andersson, A. K. & Chapman, L. 2011. The impact of climate change on winter road maintenance and traffic accidents in West Midlands, UK. **Accident Analysis and Prevention** 43(284-289.

Antoniou, C., Yannis, G., Papadimitriou, E. & Lassarre, S. 2016. Relating traffic fatalities to GDP in Europe on the long term. **Accid Anal Prev**, 92(89-96.

Artur Petrov & Daria Petrova. 2018. Equivalence of distribution of social and economic damage caused

by road accidents in the territories of the largest countries of the

world: a new pattern? **Transportation Research Procedia**, 36(577–585.

Bardal, K. G. & Jørgensen, F. 2017. Valuing the risk and social costs of road traffic accidents – Seasonal variation and the significance of delay costs. **Transport Policy**, 57(10-19.

Bergel-Hayat, R., Debbarh, M., Antoniou, C. & Yannis, G. 2013. Explaining the road accident risk: Weather effects. **Accident Analysis and Prevention** 60(456-465.

Brijs, T., Karlis, D. & Wets, G. 2008. Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. . **Accident Analysis and Prevention** 40, 1180-1190.

Celik, A. K. O., E. 2014. A multinomial logit analysis of risk factors influencing road trafficinjury severities in the Erzurum and Kars Provinces of Turkey. **Accident Analysis and Prevention** 72, 66-77.

Colin, M., Palhol, F., & Leuxe, A. . 2016. Adaptation of transport infrastructures and networks to climate change. **Transportation Research Procedia** 14, 86-95.

Eisenack, K., Stecker, R., Reckien, D. & Hoffmann, E. 2012. Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors. **Mitig Adap Strateg Glob Change** 17(451-469.

Eisenberg, D. 2004. The mixed effects of precipitation on traffic crashes. **Accident Analysis and Prevention** 36*,* 637-647.

Hambly, D., Andrey, J., Mills, B. & Fletcher, C. 2013. Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada. . **Climatic Change** 116*,* 613-629.

IPCC. (2007). **Assessment Report**. Document Number)

Jaroszweski, D. M., T. 2014. The influence of rainfall on road accidents in urban areas: A weather radar approach. . **Travel Behaviour and Society** 1*,* 15-21.

Keay, K. S., I. . 2006. Road accidents and rainfall in a large Australian city. . **Accident Analysis and Prevention** 38*,* 445-454.

Khattak, A. J., Kantor, P. & Council, F. M. 1998. Role of Adverse Weather in Key Crash Types on Limited-Access Roadways Implications for Advanced Weather Systems **Transportation Research Record***,* 1621(10–19.

Koetse, M. J. R., P. 2009. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings. **Transportation Research Part D** 14*,* 205-221.

Malin, F., Norros, I. & Innamaa, S. 2019. Accident risk of road and weather conditions on different road types. **Accid Anal Prev***,* 122(181-188.

Petrov, A. 2017. Model of Calculation and Subsequent Assessment of the Economic Losses of the Ural Federal District Subjects in Case of Death and Injury in Road Traffic Accidents. **Transportation Research Procedia***,* 20(493-498.

Qiao, Y., Dawson, A.R., Parry, T & Flintsch, G.W. 2015. Evaluating the effects of climate change on road maintenance intervention strategies and Life-Cycle Costs. **Transportation Research Part D** 41*,* 492-503.

Singh, P. V., V. . 2013. Development of Panel Models on Traffic Fatalities for Regions with Limited Data. . **Procedia - Social and Behavioral Sciences** 104*,* 1002-1010.

Sun, L. L., Liu, D., Chen, T. & He, M. T. 2019. Road traffic safety: An analysis of the cross-effects of economic, road and population factors. **Chin J Traumatol***,* 22(5)*,* 290-295.

The World Bank Group. 2018. Road Deaths and Injuries Hold Back Economic Growth in Developing Countries. (Publication. Available

https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/01/09/road-deaths-and-injuries-hold-back-economic-growth-in-developing-countries

Wang, T., Qu, Z., Yang, Z., Nichol, T., Dimitriu, D., Clarke, G. & Bowden, D. 2019. How can the UK road system be adapted to the impacts posed by climate change? By creating a climate adaptation framework. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, 77(403-424.

World Health Organization. 2017. Global road safety performance targets. (Publication. Available https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/road-safety-targets/en/

กรมการขนส่งทางบก. (2559). รายงานแผนยุทธศาสตร์และแผนแม่บทความปลอดภัยในการใช้รถ

ใช้ถนน พ.ศ. 2559. Retrieved. from.

กรมทางหลวง. (2560). นโยบายกรมทางหลวง พ.ศ. 2560. Retrieved. from.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. (Publication. Available https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86

กัญทิยา ประดับบุญ, พุดตาล พันธุเณร & ชณานินท์ ประทุมสูตร. 2557. การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ของการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ในกลุ่มผู้ประกันตนในระบบประกันสังคม. วารสารบริหารธุรกิจ, 9(2), 108-123.

กาญจนา ทองทั่ว, ชุติมา จันทรมณี, สุรพล สายพันธ์, นิรันดร์ พิทักษ์วัชระ & นงนิตย์ ธีระวัฒนสุข. (2555). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ กระบวนการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนของนักศึกษาและชุมชนรอบมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระยะที่ 1. Document Number)

มนตรี พิริยะกุล. 2559. Panel data analysis. วารสารรามคำแหง, 30(2), 41-54.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 2559. Regional Climate Modeling. (Publication. Available http://climatechange.jgsee.org/v2/

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ศ. บ. 2559. Regional Climate Modeling. (Publication. Available http://climatechange.jgsee.org/v2/

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2558). แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558-2593. Retrieved. from.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2559). รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 พ.ศ.2559. Retrieved. from.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2559). รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์อุบัติเหตุทางถนน พ.ศ. 2558. Retrieved. from.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2558. อุบัติเหตุการจราจรทางบก. (Publication. Available http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries21.html

องค์การสหประชาชาติประเทศไทย. 2558. เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศไทย. (Publication. Available http://www.un.or.th/globalgoals/th/the-goals/

อารี วิบูลย์พงศ์. 2549. เศรษฐมิติประยุกต์สำหรับการตลาดเกษตร.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวนลิน บุสสยา
เกิดเมื่อ	28 กรกฎาคม 2528
ประวัติการศึกษา	2544-2546 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสันป่าตองวิทยาคม อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ 2548-2552 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 2560-2563 เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	2557-2558 พนักงานสถิติ กลุ่มสถิติการเกษตร สำนักสถิติสังคม สำนักงานสถิติแห่งชาติ 2558-ปัจจุบัน นักวิชาการสถิติปฏิบัติการ งานสารสนเทศ แขวงทางหลวงบึงกาฬ กรมทางหลวง