

สรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ
การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจาก
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่ม
เปราะบาง

วันที่ 30 - 31 มกราคม 2568 ณ ห้องประชุมกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
กรมอนามัย

กลุ่มพยากรณ์สุขภาพ กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
กรมอนามัย
มกราคม 2568

สารบัญ

สรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ	2
สรุปสาระสำคัญ “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มเปราะบาง”	6
สรุปสาระสำคัญ “การประเมินความเสี่ยงและการพยากรณ์สุขภาพ”	11
สรุปสาระสำคัญ “การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพ และการนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผน และตัดสินใจ”	20
สรุปสาระสำคัญจากการฝึกปฏิบัติ	26
สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ	31
ผลการประเมินความรู้ของผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ.....	35
แบบประเมินความรู้ ก่อนและหลังการประชุมเชิงปฏิบัติการ	36
ภาคผนวก	39
กำหนดการประชุมเชิงปฏิบัติการ	39

สรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง

● หลักการและเหตุผล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาระดับโลกที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสุขภาพของประชากร โดยเฉพาะกลุ่มเปราะบาง เช่น เด็ก ผู้ที่มีโรคประจำตัว และโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุที่คาดว่าจะมีแนวโน้มของจำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต และเป็นกลุ่มที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางสภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น ฝนที่ตกหนักมากขึ้น และภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้น¹ เนื่องจากผู้สูงอายุเป็นกลุ่มที่มีระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอ มีโรคประจำตัวและมีความสามารถในการปรับตัวต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่ากลุ่มวัยอื่น

ปัจจุบันมีการศึกษาในประเทศไทย² ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้สูงอายุในเรื่องโรกระบบทางเดินหายใจจากคุณภาพอากาศที่แย่ลง และโรคเกี่ยวกับความร้อนรวมทั้งโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดจากสภาพอากาศร้อนจัด อย่างไรก็ตามหนึ่งในผลกระทบที่สำคัญแต่ยังไม่มีการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุคือการเพิ่มขึ้นของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ จากเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดบ่อยและรุนแรงขึ้นในประเทศไทย ทำให้น้ำเสียปนเปื้อนแหล่งน้ำดื่มและแหล่งน้ำใช้ ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรกระบบทางเดินอาหารสูงกว่ากลุ่มวัยอื่น ได้แก่ อุจจาระร่วง อาหารเป็นพิษ ไทฟอยด์ และโรคติดเชื้ออื่นๆ เช่น เชื้อคริปโตสปอริเดียมซึ่งอยู่ในแหล่งน้ำต่างๆ เชื้อเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายผู้สูงอายุจะเสี่ยงต่อการติดเชื้อและทำให้เกิดโรคร้ายกว่ากลุ่มวัยอื่น เนื่องจากมีระยะฟักตัวสั้นลง ทำให้การแพร่ระบาดจากคนสู่คนจะมีมากขึ้นในผู้สูงอายุ³ ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพผู้สูงอายุจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เป็นปัจจุบัน บุคลากรด้านสาธารณสุขจำเป็นต้องมีความสามารถในการพยากรณ์และเตรียมความพร้อมล่วงหน้าเพื่อรับมือกับผลกระทบเหล่านี้ เพื่อลดความเสี่ยงและการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น โดยสิ่งที่สำคัญคือต้องมีการพัฒนาระบบข้อมูลและการวิเคราะห์คาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่แม่นยำ

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย เห็นความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพบุคลากรกรมอนามัย ในการประยุกต์ใช้การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองพยากรณ์สุขภาพจากข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศ ที่สามารถช่วย

¹ Davies, G. I., Mclver, L., Kim, Y., Hashizume, M., Iddings, S., & Chan, V. (2015). Water-borne diseases and extreme weather events in Cambodia: Review of impacts and implications of climate change. *International journal of environmental research and public health*, 12(1), 191-213.

² Thinyoungong, W., Tawatsupa, B., & Sujaritpong, S. Association between temperature and health outcomes of population in Thailand.

³ Takaro, T. (2011). Special challenges for public health with climate change and aging populations: Waterborne illness-20th Annual John K. Friesen Conference-Growing Old in a Changing Climate: Exploring the Interface Between Population Aging and Global Warming (2011).

ให้เกิดการพัฒนางานที่มีประสิทธิภาพและการจัดทำแผนงานที่เหมาะสม จึงจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง” เพื่อมุ่งเน้นให้กลุ่มเป้าหมาย คือ บุคลากรกรมอนามัยมีความรู้และทักษะในการพยากรณ์สุขภาพเพื่อตอบสนองต่อความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพในกลุ่มเปราะบางโดยเฉพาะผู้สูงอายุ เพื่อพัฒนาทักษะในการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มผู้สูงอายุ โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือบุคลากรกรมอนามัยมีความรู้ในการคาดการณ์ และนำผลจากการพยากรณ์สุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบางไปใช้ในการวางแผนและจัดทำนโยบายที่เหมาะสม รวมทั้งการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- **วัตถุประสงค์**

- 1) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมมีความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบางผู้สูงอายุ
- 2) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมมีทักษะในการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ
- 3) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมมีความสามารถในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพ

- **วิทยากร**

- 1) ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- 2) อาจารย์จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน นักวิชาการอิสระ

- **กลุ่มเป้าหมาย**

- 1) บุคลากรกรมอนามัย หน่วยงานส่วนกลาง (สายอนามัยสิ่งแวดล้อม สายส่งเสริมสุขภาพและสายสนับสนุน)
- 2) บุคลากรกรมอนามัย หน่วยงานส่วนภูมิภาค (ศูนย์อนามัยที่ 1-12 และสถาบันพัฒนาสุขภาพเขตเมือง)

- **ระยะเวลาการประชุม** ระหว่างวันที่ 30 - 31 มกราคม 2568

- **รูปแบบการประชุม** เป็นแบบ Hybrid

- 1) แบบ Onsite ณ ห้องประชุม 1 กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย (25 คน)
- 2) แบบ Online ผ่านระบบ Video Conference (25 คน)

- **วิธีการ**

- 1) การบรรยายจากผู้เชี่ยวชาญ ทีมวิทยากรจากคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- 2) การฝึกปฏิบัติในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบางผู้สูงอายุ
- 3) มี Pre-test และ Post-test พร้อมเกียรติบัตรรับรองผ่านการอบรม

● **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

- 1) ผู้เข้าร่วมมีความรู้ความเข้าใจ สามารถประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีในการพยากรณ์สุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) ได้ผลการพยากรณ์ที่นำไปสู่การวางแผนและมาตรการด้านสุขภาพมีความแม่นยำและตอบสนองต่อความเสี่ยงได้ดียิ่งขึ้น

● **สรุปผลการประชุม**

สรุปผลการประชุมและภาพประกอบการประชุม เผยแพร่ทางเว็บไซต์กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย ทาง <https://hia.anamai.moph.go.th/th/news-anamai/220583>

● **ขอบเขตการบรรยายและฝึกปฏิบัติ**

วัน เวลา	หัวข้อ	รายละเอียด/หัวข้อย่อย	วิทยากร
30 มกราคม 68			
09.00 – 09.15 น.	ลงทะเบียน และ Pre-test		
09:15 - 09:30 น.	กล่าวต้อนรับและเปิดการประชุมเชิงปฏิบัติการ	- กล่าวเปิดงาน - แนะนำวัตถุประสงค์และกำหนดการ	ผอ.นัยนา ใช้เทียมวงศ์ ผอ.กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย
09.30 – 10.00 น. (0.5 ชม.)	บรรยาย “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มเปราะบาง”	- แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง - ผลกระทบต่อสุขภาพกลุ่มสูงอายุ	เบญจวรรณ รัชชสุภา กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
10.00 - 12:00 น. (2.0 ชม.)	บรรยาย “การประเมินความเสี่ยงและการพยากรณ์สุขภาพ”	- การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ - ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน		
13.00 – 14.30 น. (1.5 ชม.)	ฝึกปฏิบัติ: การเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ	- การเตรียมข้อมูล การรวบรวม - การตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูล - การจัดการและนำเข้าข้อมูล	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี อ.จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
14.30 - 16:30 น. (2 ชม.)	ฝึกปฏิบัติ: การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ	- การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการวิเคราะห์เบื้องต้น(แนวโน้มวงรอบ ฤดูกาล) - การวิเคราะห์แยกองค์ประกอบข้อมูลและทดสอบแนวโน้ม	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี อ.จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน

31 มกราคม 68			
09.00 – 10.00 น. (1.0 ชม.)	บรรยาย: การสร้าง แบบจำลองการพยากรณ์ สุขภาพ	- แนวคิดพื้นฐานของการพยากรณ์ - วิธีการ/ขั้นตอนการพยากรณ์	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
10:00 – 12.00 น. (2.0 ชม.)	ฝึกปฏิบัติ: การพยากรณ์ สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศในกลุ่ม ประาะบาง	- การพยากรณ์ล่วงหน้า ถึงผลกระทบ ต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศในกลุ่มประาะบาง (พยากรณ์อัตราการเกิดโรคใน อนาคต)	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี อ.จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
12.00 – 13.00 น.	พักรับประทานอาหาร กลางวัน		
13:00 – 14.30 น. (1.5 ชม.)	ฝึกปฏิบัติ: การพยากรณ์ สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศในกลุ่ม ประาะบาง (ต่อ)	- การพยากรณ์ล่วงหน้า ถึงผลกระทบ ต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศในกลุ่มประาะบาง (พยากรณ์อัตราการเกิดโรคใน อนาคต)	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี อ.จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
14.30 – 15.30 น. (1.0 ชม)	บรรยาย: การนำผลการ พยากรณ์ไปใช้ในการวางแผน และตัดสินใจ	- การแปลผลและนำเสนอผลการ พยากรณ์ - การพัฒนาแผนงานด้านสุขภาพ	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
15.30 – 16.00 น. (0.5 ชม.)	อภิปราย: ประเด็นท้าทายใน การวิเคราะห์ข้อมูล และการ พยากรณ์สุขภาพ	แลกเปลี่ยนความคิดเห็น	ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี อ.จิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
16.00 - 16.15 น.	สรุปผลการประชุมและ Post-test	- สรุปผลการประชุม Post-test	เบญจวรรณ รัชสุภา กองประเมินผลกระทบต่อ สุขภาพ
16.15 – 16.30 น.	ปิดการประชุม	- ปิดการประชุม	ผอ.นัยนา ใช้เทียมวงศ์ ผอ.กองประเมินผลกระทบต่อ สุขภาพ

สรุปสาระสำคัญ “การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มเปราะบาง”

โดย ดร.เบญจวรรณ วัชชสุภา

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย

• การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีสาเหตุเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้านสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น สภาพอากาศที่รุนแรงมากขึ้น ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น และระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดภัยต่างๆ ตามมา เช่น อากาศร้อนจัด มลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำอุปโภคบริโภคและทำลายสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศ ซึ่งสุดท้ายส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยแบ่งออกเป็นผลกระทบทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

- ผลกระทบต่อสุขภาพทางตรง เช่น การบาดเจ็บและเสียชีวิตจากภัยธรรมชาติ การเจ็บป่วยจากความร้อน
- ผลกระทบต่อสุขภาพทางอ้อม เช่น โรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อ โรคนำโดยแมลง และผลกระทบต่อสุขภาพจิต เป็นต้น
- ผลกระทบต่อสถานพยาบาลและระบบสาธารณสุข



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและสุขภาพ

ที่มา: กรมอนามัย (2564) แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านสาธารณสุขระยะที่ 1 พ.ศ. 2564-2573

- **สถานการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในระดับโลก**

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 - 2566 เป็นช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกร้อนที่สุดเป็นประวัติการณ์ และมีระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นเร็วที่สุดในรอบ 3,000 ปี ทำให้หลายพื้นที่ทั่วโลกได้รับผลกระทบ โดยเฉพาะทวีปเอเชีย พบว่าเป็นภูมิภาคที่เสี่ยงต่อภัยพิบัติมากที่สุดในโลก โดยพบว่าในปี พ.ศ.2565 มีระดับอุณหภูมิสูงกว่าค่าเฉลี่ยของระดับอุณหภูมิในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา และมีระดับอุณหภูมิในมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งเอเชียสูงขึ้น 0.5°C ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั่วโลกประมาณ 3 เท่า จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้เกิดภัยพิบัติต่างๆ ตามมา ทั้งไฟไหม้ป่า ภัยแล้ง น้ำท่วมฉับพลันที่เกิดถี่มากขึ้นและรุนแรงมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชากรโลกจำนวนมาก ทั้งการบาดเจ็บและเสียชีวิต

องค์การอนามัยโลก (2019)⁴ ได้คาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลกว่าระหว่างปี พ.ศ. 2573 – 2593 จะมีผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นปีละ 250,000 ราย ด้วยโรคมะเร็ง ภาวะทุพโภชนาการ อูจาระร่วง และโรคจากความร้อน คาดการณ์ว่า ปี พ.ศ. 2593 ประชากรทั่วโลกจะประสบอุทกภัยเพิ่มขึ้น ปีละ 10-25 ล้านคน และคาดการณ์ว่า ปี พ.ศ. 2593 จะมีประชากรที่ย้ายถิ่นฐาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ถึง 25 ล้าน - 1 พันล้านคน รวมทั้งคาดการณ์ว่า ปี พ.ศ. 2643 จะมีประชากรที่ประสบภัยแล้งเพิ่มอีก 1.4 พันล้านคนต่อปี

- **สถานการณ์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศไทย**

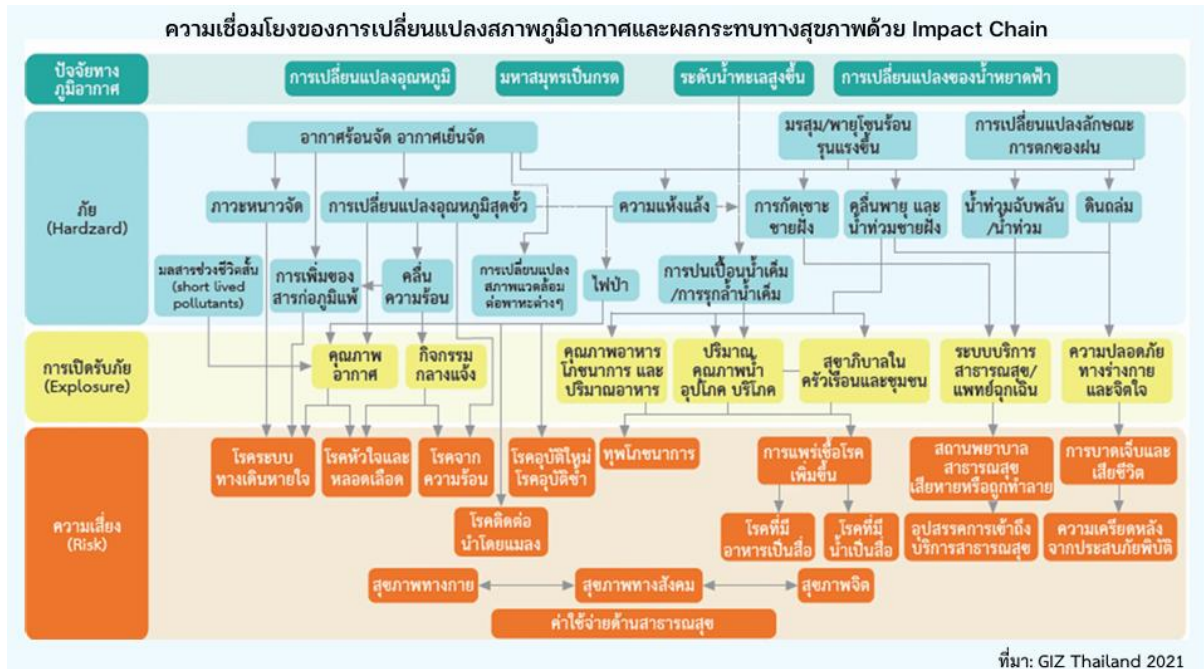
ประเทศไทยกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรงขึ้น โดยพบว่ามีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเพิ่มสูงขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีของระดับอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.86°C มีค่าเฉลี่ยรายปีของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.95°C และมีค่าเฉลี่ยรายปีของระดับอุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น 1.45°C นอกจากนี้มีระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วยอัตรา 3.0-5.0 มิลลิเมตรต่อปี และจากการคาดการณ์ในผลการศึกษาระบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตข้างหน้าของประเทศไทยในอีก 30-100 ปีข้างหน้า⁵ ประเทศไทยจะมีระดับอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มขึ้น 0.4-4.0 °C มีวันที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 33°C เพิ่มขึ้น 2-3 สัปดาห์ต่อปี และมีวันที่ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C ลดลง 2-3 สัปดาห์ต่อปี รวมทั้งจะเผชิญภัยพิบัติทางธรรมชาติที่รุนแรงมากขึ้นและเกิดบ่อยขึ้น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน เช่น คาดการณ์ว่าจะมีผู้สูงอายุเสียชีวิตจากอากาศร้อนจัดเพิ่มขึ้น 14,000 รายในปี พ.ศ. 2623 เทียบกับปี พ.ศ. 2504 คาดการณ์ว่าจะมีอัตราป่วยด้วยโรคหัวใจโดยเฉลี่ยโดยเฉพาะโรคหัวใจหลอดเลือดเพิ่มขึ้น 2 เท่า ในปี พ.ศ. 2593 เทียบกับปี พ.ศ. 2541 นอกจากนี้ คาดการณ์ว่าประชาชน 2.4 ล้านคนต่อปี จะประสบอุทกภัยและได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2614 – 2644

ตัวอย่างความเชื่อมโยงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถอธิบายได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Impact Chain แสดงดังภาพที่ 2 โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมีทั้งผลกระทบต่อสุขภาพทางกาย สุขภาพ

⁴ World Health Organization. (2019). Healthy environments for healthier populations: Why do they matter and what can we do?. In *Healthy environments for healthier populations: why do they matter and what can we do?*.

⁵ World Health Organization. (2016) Health and climate change: country profile 2015: Thailand

ทางสังคมและสุขภาพจิต รวมทั้งกระทบต่อสถานบริการสาธารณสุข และค่าใช้จ่ายทางด้านสาธารณสุข ซึ่งผลกระทบหรือความเสี่ยง (Risk) ของแต่ละคนนั้นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความรุนแรงของภัย (Hazard) การเปิดรับภัย (Exposure) และความเปราะบาง (Vulnerability) ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เช่น เพศ อายุ การมีโรคประจำตัว อาชีพ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ สังคม เช่น รายได้ การอยู่โดดเดี่ยว วิถีชีวิต พื้นที่อยู่อาศัย เป็นต้น



ที่มา: GIZ Thailand 2021

ภาพที่ 2 ความเชื่อมโยงของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพด้วย Impact Chain

● ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพในกลุ่มเปราะบาง

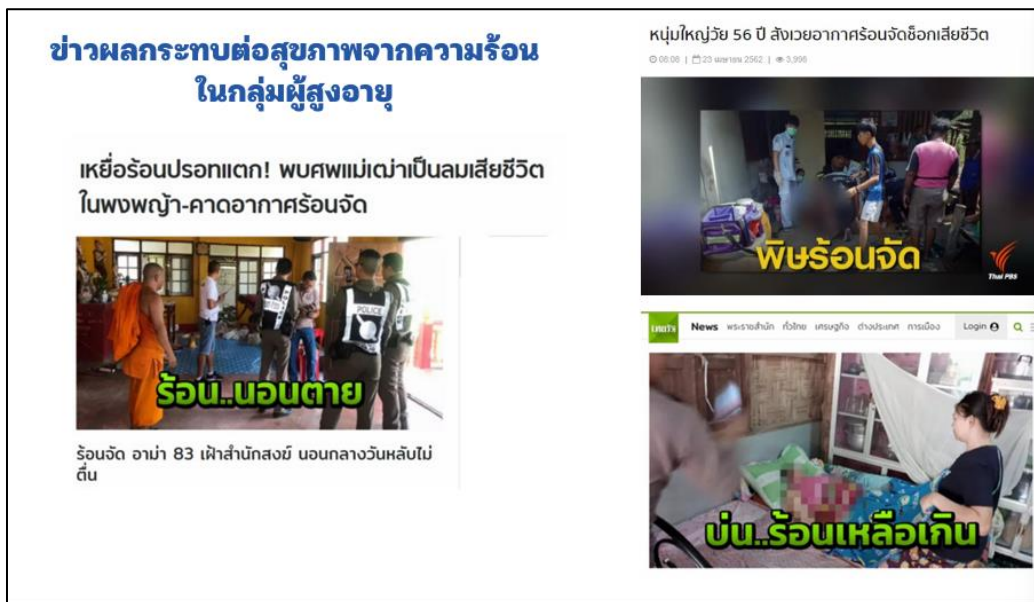
ประชาชนกลุ่มเปราะบาง เป็นกลุ่มที่อาจได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่ากลุ่มประชาชนทั่วไป โดยกลุ่มเปราะบางดังกล่าวได้แก่

1. **เด็กทารกและเด็กเล็ก** เนื่องจากร่างกายของเด็กทารกและเด็กเล็กไวต่ออุณหภูมิและยังพัฒนาไม่เต็มที่ ทำให้มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมากกว่าผู้ใหญ่ และต่อมเหงื่อยังทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้ระบายความร้อนได้ไม่ดีเท่าผู้ใหญ่ ทำให้เด็กเล็กเสี่ยงต่อการเกิดภาวะฮีทสโตรกได้ง่าย

2. **ผู้ที่มีโรคประจำตัว** มียาที่ใช้เป็นประจำ แต่ยาบางชนิด เช่น ยาควบคุมระดับความดัน ยาขับปัสสาวะ อาจมีผลต่อการขับน้ำและโซเดียมออกจากร่างกาย ทำให้ร่างกายอาจขาดน้ำได้หากดื่มน้ำไม่เพียงพอในช่วงหน้าร้อน และเกิดความผิดปกติของระดับเกลือแร่ได้เร็วกว่าคนทั่วไป นอกจากนี้ผู้ป่วยโรคอ้วน ผู้ที่มีไขมันสะสมในร่างกายมาก จะมีฉนวนไขมันกักเก็บความร้อน ทำให้ร่างกายระบายความร้อนได้ยาก และมีต่อมเหงื่อบริเวณผิวหนังน้อย ทำให้เกิดอันตรายจากความร้อนได้ง่ายกว่าคนทั่วไป

3. **ผู้สูงอายุ** เป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรุนแรง เนื่องจากมีภูมิคุ้มกันต่ำ ความสามารถในการปรับตัวลดลง และมักมีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจและความดันโลหิตสูง

อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ผู้สูงอายุเสี่ยงต่อภาวะขาดน้ำ หากอาศัยอยู่ในสภาพอากาศที่มีความร้อนจัดเป็นระยะเวลานาน ๆ จนร่างกายไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ อาจก่อให้เกิดการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตจากโรคฮีทสโตรก (ดังตัวอย่างภาพข่าวในภาพที่ 3) โดยมีการคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2593 ผู้สูงอายุ 250 ล้านคนทั่วโลกจะเผชิญกับระดับอุณหภูมิสูงที่เป็นอันตราย โดยคาดว่าจะมีพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 37.5°C เพิ่มขึ้นจาก 14% ในปี พ.ศ. 2563 เป็น 23% ในปี พ.ศ. 2593 ส่งผลให้จำนวนผู้สูงอายุเสียชีวิตจากอากาศร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ น้ำท่วมและภัยธรรมชาติที่รุนแรงขึ้นอาจทำให้ผู้สูงอายุได้รับผลกระทบด้านสุขภาพทางกาย เช่น เสี่ยงต่อโรคติดเชื้อมากขึ้น และโรคเรื้อรังที่เป็นอยู่กำเริบเช่นโรคหัวใจ โรคปอด และกระทบด้านสุขภาพจิต มีความเครียดความวิตกกังวลและภาวะซึมเศร้ามากกว่ากลุ่มวัยอื่น หากผู้สูงอายุเป็นคนพิการ คนยากไร้ ผู้ป่วยติดเตียงจะยิ่งเป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบหนัก ซ้ำเติมสถานการณ์เดิมที่เปราะบางอยู่แล้ว และในกลุ่มเปราะบางเหล่านี้จะเดินหรือเคลื่อนย้ายลำบากและช้ากว่าคนที่แข็งแรง



ภาพที่ 3 ตัวอย่างข่าวผลกระทบต่อสุขภาพจากความร้อนในกลุ่มผู้สูงอายุ

- **บทสรุป**

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ซึ่งนับเป็นกลุ่มเปราะบางที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต และมีข้อจำกัดด้านสุขภาพ ทั้งเรื่องภูมิคุ้มกัน โรคประจำตัว และความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีการศึกษาในประเทศไทยพบว่า ผู้สูงอายุมีความเสี่ยงต่อโรกระบบทางเดินหายใจจากมลพิษทางอากาศ โรคที่เกี่ยวข้องกับความร้อน เช่น ลมแดดและภาวะหัวใจล้มเหลว รวมถึงโรคที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อในช่วงน้ำท่วม แต่อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังขาดข้อมูลและองค์ความรู้ที่เป็นปัจจุบันเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพของผู้สูงอายุในประเด็นอื่นๆ โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากอาหารและน้ำเป็นสื่อจากเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดบ่อยและรุนแรงขึ้นในประเทศไทย

ดังนั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพผู้สูงอายุจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เป็นปัจจุบัน ในปีงบประมาณ 2568 กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ จึงมีโครงการศึกษาการคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบางโดยเฉพาะผู้สูงอายุ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์และแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย เพื่อศึกษาผลกระทบทางสุขภาพที่เกิดกับกลุ่มผู้สูงอายุและเพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์สถานการณ์เพื่อการรับมือและวางแผนในอนาคต ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินงานคือได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มผู้สูงอายุ มีแบบจำลองพยากรณ์ที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนนโยบายสาธารณสุข และเป็นโอกาสในการบูรณาการความร่วมมือระหว่างหน่วยงานและการเสริมสร้างความตระหนักแก่ประชาชนในการดูแลและป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มผู้สูงอายุต่อไป

ทั้งนี้ ในการดำเนินงานโครงการดังกล่าว สิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องมี คือ ระบบข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์คาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่แม่นยำ รวมทั้งบุคลากรด้านสาธารณสุขจำเป็นต้องมีความสามารถในการพยากรณ์และคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ ทางกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย เห็นความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพบุคลากรกรมอนามัย ในการประยุกต์ใช้การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองพยากรณ์สุขภาพจากข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศ ที่สามารถช่วยให้เกิดการพัฒนางานที่มีประสิทธิภาพและการจัดทำแผนงานที่เหมาะสม จึงจัดประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง “การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง” เพื่อให้ผู้เข้าร่วมประชุมได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติและพัฒนาทักษะในการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยีสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยจะมีรายละเอียดของการคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในหัวข้อต่อไป

สรุปสาระสำคัญ “การประเมินความเสี่ยงและการพยากรณ์สุขภาพ”

โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

● การประเมินความเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม

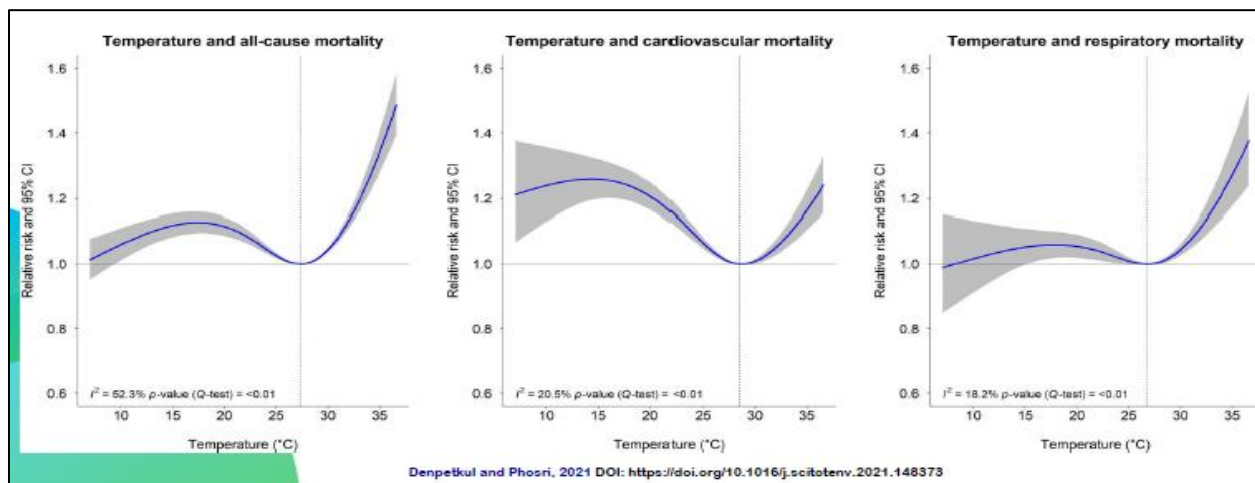
การประเมินความเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการที่ใช้ศึกษาผลกระทบของปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน เพื่อให้สามารถควบคุมหรือลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากปัจจัยแวดล้อมได้ เช่น มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดินหรือสารเคมีที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งประเภทของปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมี 3 ประเภทได้แก่

- ปัจจัยทางกายภาพ (Physical Hazard): เช่น ฝุ่นละออง เสียงดัง ความร้อนและรังสี
- ปัจจัยทางเคมี (Chemical Hazard): เช่น ก๊าซพิษ โลหะหนัก และสารเคมีตกค้างในอาหาร
- ปัจจัยทางชีวภาพ (Biological Hazard): เช่น ไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา และสารก่อภูมิแพ้

ซึ่งอาจต้องพิจารณาความเสี่ยงเชิงเวลา (Temporal Pattern) หรือเชิงพื้นที่ (Spatial Pattern) ร่วมด้วย

● ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม (Environmental Epidemiology) เป็นสาขาหนึ่งของระบาดวิทยาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมและปัญหาสุขภาพของมนุษย์ และประเมินผลกระทบของสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษทางอากาศ น้ำ ดิน รวมถึงความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นกับการเจ็บป่วยหรือการเสียชีวิตด้วยโรคที่เกี่ยวข้อง ดังตัวอย่างในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการศึกษาทางระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อม ที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับความเสี่ยงของการเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุ โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคระบบทางเดินหายใจ

โดยวิธีการศึกษาด้านระบาดวิทยาสิ่งแวดล้อมมีขั้นตอน ดังนี้

- การศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับโรค (Exposure-Response Analysis)
- การประเมินอัตราการสัมผัสของประชากรต่อปัจจัยเสี่ยง (Population Exposure Assessment)
- การวิเคราะห์ผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวของมลพิษต่อสุขภาพ (Short-Term & Long-Term Effects Analysis)

● **ตัวอย่างการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ โดยใช้ระบาดวิทยา**

มลพิษทางอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศนิยมใช้การศึกษาทางระบาดวิทยา เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของผลกระทบต่อสุขภาพในกลุ่มประชากรอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับการสัมผัสมลพิษทางอากาศ และสามารถนำมาใช้เพื่อการคาดการณ์ภาระโรค (Disease Burden) หรือผลกระทบโดยรวมของโรคหรือปัญหาสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศในกลุ่มประชากรได้

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศดำเนินการเพื่อให้ได้รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสและการตอบสนองต่อการได้รับสารมลพิษ (Exposure-Response function) ทั้งผลกระทบในระยะสั้นและระยะยาว โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนสำคัญ คือ

- 1) **การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment)** มีองค์ประกอบหลักของการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่สำคัญ คือ แหล่งข้อมูล ประเภทข้อมูลที่มี และรูปแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยมีรายละเอียด ดังนี้
 - ข้อมูลที่มีอยู่ (Data availability) ต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของมลพิษ และข้อมูลสุขภาพของประชากร
 - มีการออกแบบการศึกษาเชิงระบาดวิทยา (Epidemiological designs) เพื่อใช้ศึกษาผลกระทบในระยะสั้นหรือระยะยาว
 - มีการวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analyses) หากมีรูปแบบการศึกษาที่ต่างกันจะมีวิธีใช้สถิติที่แตกต่างกัน มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยควบคุมตัวแปรรบกวน (Confounding factor) ที่อาจมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ด้านสุขภาพ
 - มีการคาดการณ์ความเสี่ยง (Estimated risks) ใช้คำนวณว่าความเสี่ยงด้านสุขภาพเพิ่มขึ้นมากเพียงใดจากมลพิษที่เพิ่มขึ้น โดยได้จากการพบความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศ และผลกระทบต่อสุขภาพ (Exposure-Response Relationship)
- 2) **การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Assessment) หรือการพยากรณ์สุขภาพ** โดยมุ่งเน้นไปที่ผลกระทบที่สามารถวัดได้และมีข้อมูลรองรับ มีองค์ประกอบดังนี้
 - มีค่าความเสี่ยงที่พร้อมใช้ (Available estimated risks) หรือ Exposure-Response Relationship ที่ได้จากขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ หรือจากการศึกษาอื่นๆ ที่

ใกล้เคียงกัน เพื่อนำมาใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากปัจจัยที่เราสนใจโดยมีทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว

- มีข้อมูลภาระโรคทางสุขภาพ (Public health burdens - morbidity or mortality) พิจารณาจำนวนผู้ป่วยหรืออัตราการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษ

● การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะสั้น (Short-Term Health Effects)

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพในระยะสั้นจากมลพิษทางอากาศ เป็นการศึกษาโอกาส หรือความน่าจะเป็นของผลกระทบต่อสุขภาพจากสิ่งคุกคาม (Hazard) ซึ่งในที่นี้คือมลพิษทางอากาศ เช่น ความเสี่ยงในการเพิ่มอัตราป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันที่เกิดขึ้นทันที (หอบหืด และปอดอักเสบ) หลังจากได้รับสัมผัส PM2.5 และ PM10 ความเสี่ยงในการเพิ่มอัตราป่วยด้วยโรคหัวใจล้มเหลวเฉียบพลันจากการรับสัมผัส NO₂ และ O₃ หรือการไปกระตุ้นอาการของผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจโดยเฉพาะในผู้ที่เป็โรคหืดจากการได้รับสัมผัส SO₂ ซึ่งการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพในระยะสั้น จำเป็นต้องมีข้อมูลแบบรายวัน 3 ชุดข้อมูล ดังนี้

- 1) ข้อมูลความเข้มข้นของมลพิษอากาศรายวัน (Daily Air Pollution Data) เป็นข้อมูลการได้รับสัมผัสรายวัน ได้แก่ ระดับความเข้มข้นของมลพิษรายวัน เช่น PM2.5, PM10, NO₂, O₃ โดยแหล่งข้อมูลมาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และข้อมูลจากดาวเทียม หรือข้อมูลจากการใช้เทคนิคการประมาณค่าข้อมูล เช่น ใช้การประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation) หากไม่มีข้อมูลตรงจุดหรือพื้นที่ที่ต้องการ
- 2) ข้อมูลผลลัพธ์สุขภาพรายวัน (Daily Health Data) ได้แก่ ข้อมูลการเจ็บป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล (Hospital Admissions) แบบ IPD หรือ OPD จำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาที่ห้องฉุกเฉิน (Emergency room visits) และข้อมูลการเสียชีวิต เช่น อัตราการเสียชีวิต ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการบันทึกในระบบเฝ้าระวังโรค มีการระบุชื่อโรคด้วยมาตรฐานของรหัสโรคตาม ICD-10
- 3) ข้อมูลปัจจัยรบกวน (Confounding Factors) ที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสมลพิษทางอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเป็นข้อมูลรายวัน เช่น อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้น (Humidity) และปัจจัยทางประชากร เช่น อายุ เพศ โรคประจำตัว ซึ่งสามารถกำจัดอิทธิพลของปัจจัยรบกวนเหล่านี้ได้ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ระบาดวิทยา

สำหรับการออกแบบการศึกษา (Study design) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะสั้นโดยใช้หลักระบาดวิทยา มีรูปแบบการศึกษาที่นิยมใช้ 2 แบบ คือ Time-Series Regression Analysis และ Case-Crossover Analysis รายละเอียด ดังนี้

- 1) การศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-Series Regression Analysis) ใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศกับอัตราการป่วยหรือเสียชีวิต การศึกษาแบบอนุกรมเวลา มี 2 ประเภท ขึ้นกับชนิดของข้อมูลที่มี คือ Time-Series แบบโมเดล Forecasting เพื่อใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต และแบบโมเดล Poisson Regression ใช้ในกรณีที่มีข้อมูลสุขภาพเป็นจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษารายวัน (หน่วยเป็นคน) หรือข้อมูลที่เป็นจำนวนครั้งของเหตุการณ์ ตัวอย่างสมการของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ป่วยด้วยโรกระบบทางเดินหายใจรายวัน กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Temp) โดยคำนึงถึงปัจจัยก่อนวันที่เปลี่ยนแปลงทุกวัน เช่น ฤดูกาล ความชื้น (Humid) ระยะเวลา (Time) วันของสัปดาห์ (DOW) ดังนี้

$$Y_t \sim \text{Poisson}(\mu_t)$$

$$\log(\mu_t) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Time}_t, \text{df}) + \text{DOW}_t \text{ หรือ}$$

$$\log(E(Y)_t) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Time}_t, \text{df}) + \text{DOW}_t$$

โดยที่

$$\log(\text{RR}) = \beta \quad \text{เป็นค่าความสัมพันธ์หรือค่าสัมประสิทธิ์}$$

$$\text{Relative Risk (RR)} = \exp(\beta) \quad \text{แสดง Concentration-response relationship}$$

$$\text{Percent change} = (\text{RR} - 1) * 100 \quad \text{จะได้ว่า RR มากกว่า 0 คิดเป็นกี่ \%}$$

ตัวอย่างเช่น ได้ผล Concentration-response relationship ออกมาเป็น ค่า RR ของ PM2.5 = 1.02 หมายถึง ทุกระดับความเข้มข้นของ PM2.5 เพิ่มขึ้น 1 มกค/ลบม. จะมีความเสี่ยงต่อจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 2

- 2) การศึกษาแบบ Case-Crossover Analysis เป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ซึ่งในที่นี้คือมลพิษทางอากาศ โดยมุ่งเน้นไปที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันหรือไม่ โดยใช้ข้อมูลรายบุคคลเป็นการจำลองข้อมูลบุคคลเดิมในสถานการณ์ที่แตกต่างกันโดยใช้ระยะเวลาในการตัดสินใจ ด้วยวิธีเปรียบเทียบข้อมูลสถานะสุขภาพของบุคคลเดียวกันในช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ (Case Period) เช่น วันที่เกิดเหตุการณ์โรคหัวใจล้มเหลวเฉียบพลันหรือการกำเริบของโรกระบบทางเดินหายใจที่เกิดจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศ กับช่วงเวลาที่ไม่ได้เกิดเหตุการณ์ในช่วงเวลาเดียวกัน (Control Period) เช่น วันจันทร์ในเดือนเดียวกันซึ่งเป็นช่วงฤดูกาลเดียวกัน โดยการศึกษาวิธีนี้มีข้อดีคือสามารถควบคุมหรือกำจัดปัจจัยรบกวน เรื่องฤดูกาล และไม่ต้องคำนึงถึง Day of week เพราะถูกควบคุมโดยปริยายเนื่องจากเป็นวันจันทร์เหมือนกัน รวมทั้งควบคุมปัจจัยก่อนวันจากปัจจัยส่วนบุคคลที่อาจมีผลต่อผลลัพธ์ได้ เนื่องจากการเปรียบเทียบในบุคคลเดิม ซึ่งมีสมการดังภาพที่ 5

การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ
Short-term health effects of air pollution

$P_x \sim \text{Binomial}(n, p)$ where p_x is 1 if it is a case, and 0 otherwise

$\text{logit}(p_x) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$

$\text{log}\left(\frac{P_x}{1-P_x}\right) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$

$\text{log}(\text{OR}) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$

Case-crossover design
Conditional logistic regression model

$\text{Log}\left(\frac{P_x}{1-P_x}\right) = \alpha + \beta_1 Z_t + \text{ns}(\text{Temp}_t, \text{df}) + \text{ns}(\text{Humid}_t, \text{df})$

$\text{log}(\text{OR}) = \beta$

OR = exp(β) Concentration-response relationship

Percent change = (OR - 1) * 100

ภาพที่ 5 สมการสำหรับการศึกษาแบบ Case-Crossover Analysis

ตัวแปรตามจะเป็น binary variables โดยกำหนดวันที่ป่วยเป็น case = 1 และวันอื่นๆ เป็น control = 0 มีการคำนึงถึงปัจจัยก่อกวนคือ Temperature และ Humidity เพราะแต่ละวันมีค่าต่างกัน โดยใช้โมเดล Conditional logistic regression model ได้ผล Concentration-response relationship ออกมาเป็นค่า Odd Ratios หรือค่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่า หรือการพยากรณ์ผลกระทบต่อสุขภาพต่อไป

ตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะสั้น (Short-Term Health Effects) แสดงดังภาพที่ 6

การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ
Short-term health effects of air pollution

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN The association between air pollution and mortality in Thailand
Guo et al., 2014

RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} : 1.0040 (95% CI: 1.0022, 1.0059)

Research

The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Project: Estimating the Mortality Effects of Particulate Matter in Bangkok, Thailand
Nuntavarn Vichit-Vadakan,¹ Nitaya Vajanapoom,¹ and Bart Ostro²

Vichit-Vadakan et al., 2008

Short-term effects of particulate matter on outpatient department visits for respiratory diseases among children in Bangkok Metropolitan Region: a case-crossover study

Khanut Thongphunchung^{1,2} · Arthit Phosri^{1,3} · Tanasri Sihabut^{1,3} · Withida Patthanaisaranukool^{1,3}

Received: 29 October 2020 / Accepted: 30 May 2021
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2021

Thongphunchung et al., 2021

OR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} : 1.0256 (95% CI: 1.0160, 1.0325)

OR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of $\text{PM}_{2.5}$: 1.0338 (95% CI: 1.0091, 1.0585)

Effects of ambient air pollution on daily hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases in Bangkok, Thailand
Arthit Phosri^a, Kayo Ueda^{a,b}, Vera Ling Hui Phung^a, Benjawan Tawatsupa^b, Akiko Honda^a, Hirohisa Takano^a

Phosri et al., 2019

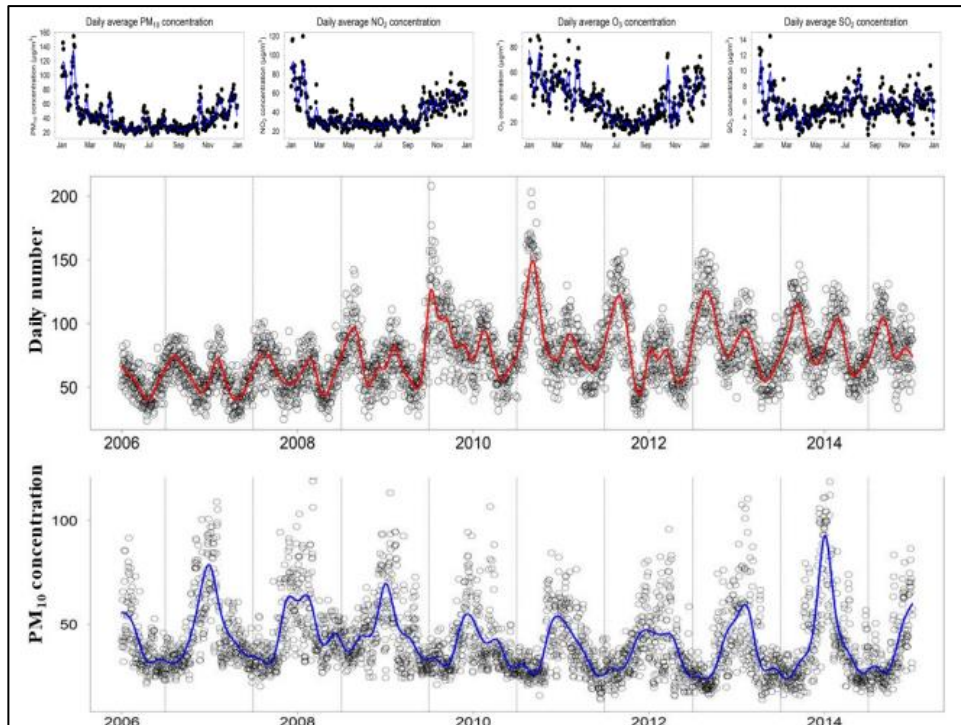
Cardiovascular Disease RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} : 1.0140 (95% CI: 1.0068, 1.0141)

Respiratory Disease RR per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ of PM_{10} : 1.0118 (95% CI: 1.0079, 1.0157)

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะสั้น

ตัวอย่างการนำเสนอข้อมูลและผลการศึกษการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้น ดังภาพที่ 7 จากกราฟแสดงแนวโน้มของค่ามลพิษทางอากาศรายวัน ($\text{PM}_{2.5}$, NO_2 , O_3 , SO_2) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ PM_{10} และจำนวนผู้ป่วยรายวัน เป็นการวิเคราะห์แนวโน้มข้อมูลตั้งแต่ปี 2006-2014 แสดงให้

เห็นถึงรูปแบบที่เกิดซ้ำและฤดูกาลที่มีมลพิษสูง ซึ่งการศึกษานี้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลรายวันเกี่ยวกับมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพระยะสั้น ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้น และได้ผลเพื่อนำไปใช้คาดการณ์ความเสี่ยง และกำหนดมาตรการเตือนภัยมลพิษทางอากาศได้



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการนำเสนอข้อมูลและผลการศึกษากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้น

- การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะยาว (Long-Term Health Effects)

เป็นการศึกษาความเสี่ยงหรือโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศเป็นเวลานาน ซึ่งอาจนำไปสู่การเจ็บป่วยหรือเสียชีวิตด้วยโรคเรื้อรัง เช่น โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) มะเร็งปอด และโรคหัวใจ โดยใช้ข้อมูลการสัมผัสมลพิษในระยะยาว เช่น หลายเดือนหรือหลายปี เพื่อดูว่าความเข้มข้นของมลพิษส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดโรคหรือการเสียชีวิตของประชากรอย่างไร ตัวอย่างผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษทางอากาศในระยะยาว เช่น การได้รับสัมผัส PM_{2.5} และ PM₁₀ ในระยะยาวเพิ่มความเสี่ยงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และมะเร็งปอด การได้รับสัมผัส NO₂ และ O₃ เป็นเวลานานเพิ่มความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด และการได้รับสัมผัส SO₂ ในระยะยาวทำให้เกิดภาวะอหิวาต์ในระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศในระยะยาว มีดังนี้

- 1) ข้อมูลระดับมลพิษทางอากาศที่แต่ละบุคคลได้รับสัมผัส (Individual data on air pollution concentration) แหล่งข้อมูลระดับมลพิษทางอากาศมาจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ (Monitoring station) ข้อมูลจากดาวเทียม (Satellite remote sensing) เพื่อตรวจจับการกระจายของมลพิษ และข้อมูลจากการประมาณค่าข้อมูลโดยใช้เทคนิค GIS คำนวณค่ามลพิษในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด (Spatial Interpolation)

- 2) ข้อมูลตัวชี้วัดผลลัพธ์สุขภาพ (Health outcome indicator) ได้แก่ การติดตามข้อมูลผู้ป่วยในระยะยาว (Follow-up data) เช่นข้อมูลติดตามการป่วย (Morbidity) การเสียชีวิต (Mortality) โดยมีการติดตามข้อมูลของแต่ละบุคคลในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์แนวโน้มของโรคที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสมลพิษ
- 3) ข้อมูลลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลที่อาจเป็นปัจจัยรบกวน (Individual characteristics as potential confounders) ซึ่งจัดเป็นตัวแปรควบคุมที่จำเป็นในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ เช่น ปัจจัยส่วนบุคคลที่ไม่เหมือนกันที่อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ด้านสุขภาพ ได้แก่ อายุ เพศ โรคประจำตัว พฤติกรรมสุขภาพ สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม วิถีชีวิต เช่น พฤติกรรมการสูบบุหรี่

สำหรับการออกแบบการศึกษา (Study design) เพื่อประเมินความเสี่ยงของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพในระยะยาว โดยใช้หลักระบาดวิทยา มีรูปแบบการศึกษาที่นิยมใช้ 2 แบบคือ

- 1) **Survival Analysis** เพื่อศึกษาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษและความเสี่ยงของการเสียชีวิตในช่วงเวลาที่ติดตาม โดยใช้โมเดล Cox proportional hazard model ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษและอัตราการรอดชีวิตของประชากร โดยมีสมการของความสัมพันธ์ดังนี้

Model: Cox proportional hazard model

$$h(t|X) = h_0(t) \exp(X^t\beta)$$

$$h(t|X) = h(t) \exp(X_1*\beta_1 + X_2*\beta_2 + \dots + X_n*\beta_n)$$

$$h(t|X)/h(t) = \exp(X_1\beta_1 + X_2\beta_2 + \dots + X_n\beta_n)$$

where $h(t)$ = Status at time t

$$\text{Status}_i = \exp(0.35*PM_i + 0.25*Age_i + 0.12*Sex_i + 0.2*Weight_i)$$

$$\text{Hazard Ratio} = \exp(\beta) \quad \text{Concentration-response relationship}$$

$$\text{Percent change} = (HR - 1) * 100$$

ตัวอย่างเช่น ได้ผล Concentration-response relationship ออกมาเป็น ค่า Hazard Ratio (HR) เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษกับอัตราการเสียชีวิต **หากค่า Hazard Ratio (HR) มากกว่า 1 แสดงว่ามลพิษที่เพิ่มขึ้นมีความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้นในระยะยาว

- 2) **Repeated Measures** ใช้ในการติดตามผลกระทบของมลพิษทางอากาศในประชากรเดียวกันตลอดระยะเวลาหลายปี ด้วย Cohort Study โดยใช้โมเดล **Linear Mixed-effects Model** ซึ่งโมเดลนี้ช่วยแยกแยะผลกระทบของมลพิษจากปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อสุขภาพได้ค่าความเสี่ยงเพื่อนำไปพยากรณ์สุขภาพต่อไป โดยมีสมการดังภาพที่ 8

การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ
Long-term health effects of air pollution

EPIDEMIOLOGICAL DESIGNS

- Survival analysis
- Repeated measures

Model: Linear Mixed-effects model

$$Y_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$Y_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{ij} X_{ij} + u_0 + \sum_{i=1}^m u_i Z_{ij}$$

Fixed-effect Random-effects $\sim N(0, \Psi)$

2. Repeated measures
Model: Mixed-effects model

Example of dataset

N	Year	eGFR	PM ₁₀	O ₃	Age	Sex	BMI
1	2002	116	39.6589	20.2260	29	Male	18.9
1	2007	120	29.2569	14.9210	34	Male	20.3
1	2012	115	35.6256	18.1691	39	Male	19.8
2	2002	85	40.1256	20.4641	61	Female	23.6
2	2007	82	39.2564	20.0208	66	Female	25.6
2	2012	80	45.2658	23.0856	71	Female	25.1
3	2002	93	29.2658	14.9256	45	Male	20.8
3	2007	95	25.2655	12.8854	50	Male	21.6
3	2012	89	32.1265	16.3845	55	Male	22.1
4	2002	120	51.0256	26.0231	25	Female	19.3
4	2007	125	36.2546	18.4898	30	Female	18.9
4	2012	115	50.2658	25.6356	35	Female	19.5

ภาพที่ 8 แสดงสมการโมเดล Linear Mixed-effects Model

ตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะยาว (Long-Term Health Effects) แสดงดังภาพที่ 9

การประเมินผลกระทบของมลพิษอากาศต่อสุขภาพ
Long-term health effects of air pollution

Environmental Research
 Paoin et al., 2020
 Long-term air pollution exposure and self-reported morbidity: A longitudinal analysis from the Thai cohort study (TCS)

Chemosphere
 Paoin et al., 2022
 Long-term air pollution exposure and decreased kidney function: A longitudinal cohort study in Bangkok Metropolitan Region, Thailand from 2002 to 2012

META-ANALYSIS

Study	HR and 95% CI	% weight
American Cancer Society Study, 2002	1.09 (1.03, 1.16)	16.66
Women's Health Initiative (WHI), 2007	1.76 (1.25, 2.47)	1.62
Netherlands Cohort Study, 2008	1.04 (0.90, 1.21)	7.14
Health Professional USA, 2011	1.03 (0.83, 1.26)	4.22
Vancouver cohort, 2011	1.07 (0.86, 1.32)	3.96
US trucking industry (Men), 2011	1.05 (0.93, 1.19)	8.88
Canadian cohort, 2012	1.15 (1.07, 1.24)	14.63
Rome cohort, 2013	1.06 (1.04, 1.08)	21.65
Harvard six cities study, 2012	1.26 (1.14, 1.40)	11.03
California teachers, 2016	1.07 (0.96, 1.20)	10.01
Overall (I² = 61.2%, p = 0.006)	1.11 (1.05, 1.16)	100.0

NOTE: Weights are from random-effects analysis
 HR of CVD mortality per 10 µg/m³ increase of PM_{2.5}

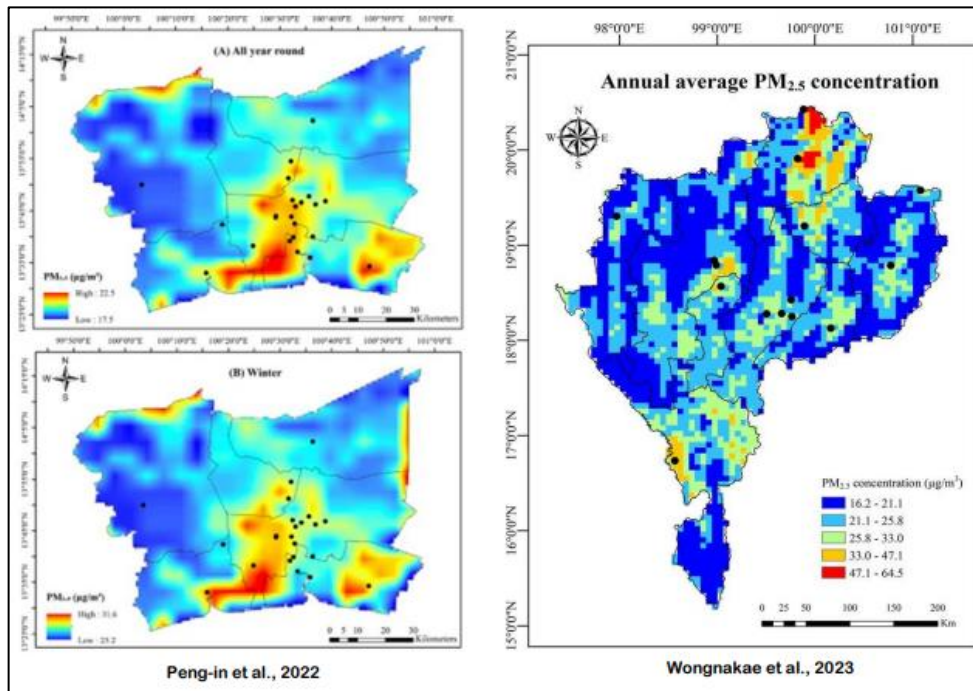
Source: Hoek, et al., 2013. *Environmental health*, 12(1), 43 (https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43)

HR per IQR increase in PM₁₀
 HBP: 1.13 (95% CI: 1.04, 1.23)
 HBC: 1.07 (95% CI: 1.02, 1.12)
 DM: 1.05 (95% CI: 0.91, 1.21)

% change per IQR increase glomerular filtration rate
 PM₁₀: -1.99 (95% CI: -3.33, -0.63)
 SO₂: -4.89 (95% CI: -6.69, -3.07)
 CO: -0.97 (95% CI: -1.96, 0.03)

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงสุขภาพจากมลพิษทางอากาศแบบระยะยาว

ตัวอย่างการนำเสนอข้อมูลและผลการศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว ดังภาพที่ 10 เป็นแผนที่แสดงค่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} รายปีในพื้นที่ศึกษา โดยการใช้ข้อมูลภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ โดยแผนที่แสดงการกระจายตัวของมลพิษในฤดูต่าง ๆ เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นตามช่วงเวลา ซึ่งการศึกษากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวนี้เน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการติดตามข้อมูลมลพิษอากาศในระยะยาวและผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานโยบายและมาตรการป้องกันที่มีประสิทธิภาพในอนาคต



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการนำเสนอข้อมูลและผลการศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว

- ประโยชน์จากการประเมินความเสี่ยงและการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

สรุปประโยชน์จากการประเมินความเสี่ยงและการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ (หรือการพยากรณ์สุขภาพ) ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในด้านต่างๆ ดังนี้

- 1) ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนการจัดการความเสี่ยง ช่วยกำหนดมาตรการควบคุมที่เหมาะสม เช่น ลดการปล่อยสารพิษ ปรับปรุงมาตรฐานความปลอดภัยหรือการสร้างพื้นที่ป้องกัน
- 2) ใช้ในการสื่อสารข้อมูลและสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน เพื่อแจ้งข้อมูลความเสี่ยงและมาตรการการควบคุมมลพิษแก่ประชาชนและผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างชัดเจนและโปร่งใส เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงและวิธีการป้องกัน
- 3) ปรับปรุงและการพัฒนานโยบาย ใช้ข้อมูลที่ได้จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ เพื่อปรับปรุณนโยบายและข้อกำหนดหรือมาตรการด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมให้ทันสมัยและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุป

การประเมินความเสี่ยงจากมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ โดยใช้แบบจำลองทางสถิติขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มี เช่น การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแบบระยะสั้น ด้วย Time-series regression analysis หรือ Case-crossover analysis และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแบบระยะยาว ด้วย Cox proportional hazard model หรือ Linear Mixed-effects Model เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษและอัตราการเจ็บป่วยหรือเสียชีวิต ได้เป็น Exposure-Response Relationship เพื่อใช้ในการประเมินคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพหรือคำนวณภาระโรคทางสุขภาพจากมลพิษได้ต่อไป

สรุปสาระสำคัญ “การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพ และการนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผน และตัดสินใจ”

โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

● การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ (Health Impact Assessment: HIA)

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศในอนาคตหรือการพยากรณ์สุขภาพ โดยนำ Exposure-Response Relationship รวมถึงสมการความเสี่ยงที่ได้จากขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ มาใช้ในการคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพ โดยใช้แบบจำลองทางสถิติเพื่อคำนวณคาดการณ์ผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ หรือใช้การคำนวณภาวะโรคด้านสุขภาพที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ (เช่น จำนวนผู้ป่วย หรือ เสียชีวิต) ดังภาพที่ 11

การประเมินผลกระทบของมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ

Health impact assessment

Application of exposure-response relationship (risk function) from the health risk assessment model to quantify public health burdens (number of morbidity or mortality) attributable to air pollution exposure.

Algorithm (1)
 $RR = \exp(\beta \cdot \Delta P)$

where ΔP is the difference between observed and threshold concentration of a given air pollutant

$AF = \frac{RR-1}{RR}$ AF = attributable fraction

Burden = AF * Number of death
Burden = AF * Death rate * Exposed population

Algorithm (2)

$$RR_{IER(C_a)} = \begin{cases} 1 + \alpha(1 - \exp^{-\gamma(C_a - C_0)^{\delta}}), & \text{if } C_a > C_0 \\ 1, & \text{else} \end{cases}$$

This algorithm is used for PM_{2.5} with 5 outcomes variable only!

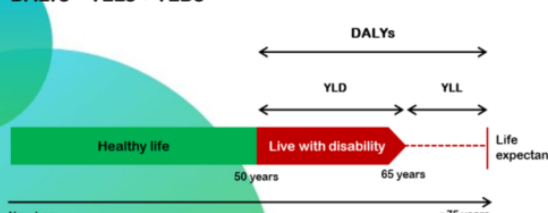
- Acute lower respiratory infection
- Stroke
- Ischemic heart disease
- Chronic obstructive pulmonary disease
- Lung cancer

$AF = \frac{RR-1}{RR}$

Burden = AF * Number of death
Burden = AF * Death rate * Exposed population

Algorithm (3)

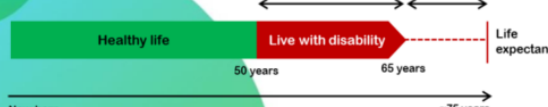
DALYs (Disability Adjusted Life Years)
DALYs = YLLs + YLDs



YLL: Year Life Lost
 $YLL = \sum_{i=1}^n (\text{number of death at age category } i * AFp * EL_i)$

Expectation of life at age category i

Mortality rate at age category i * populations at age i



YLD: Year Lived with Disability
 $YLD = \text{number of case} * AFp * \text{Weighted}_* \text{time}$

Assumed amount of time living with disability prior to death

Prevalence rate * number of populations

ภาพที่ 11 แสดงสมการที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ

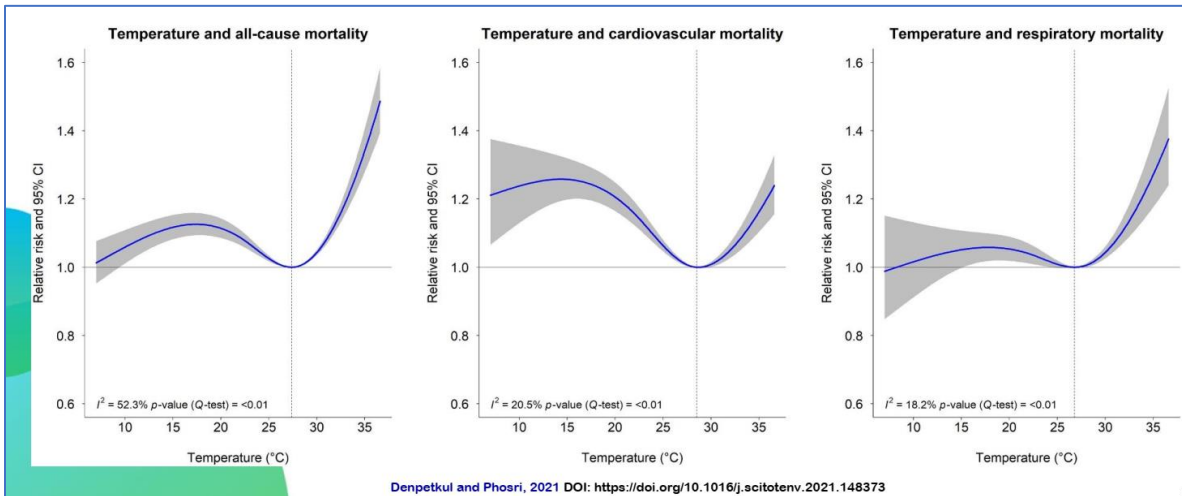
จากภาพที่ 11 แสดงขั้นตอนสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 หาค่า Relative Risk (RR)

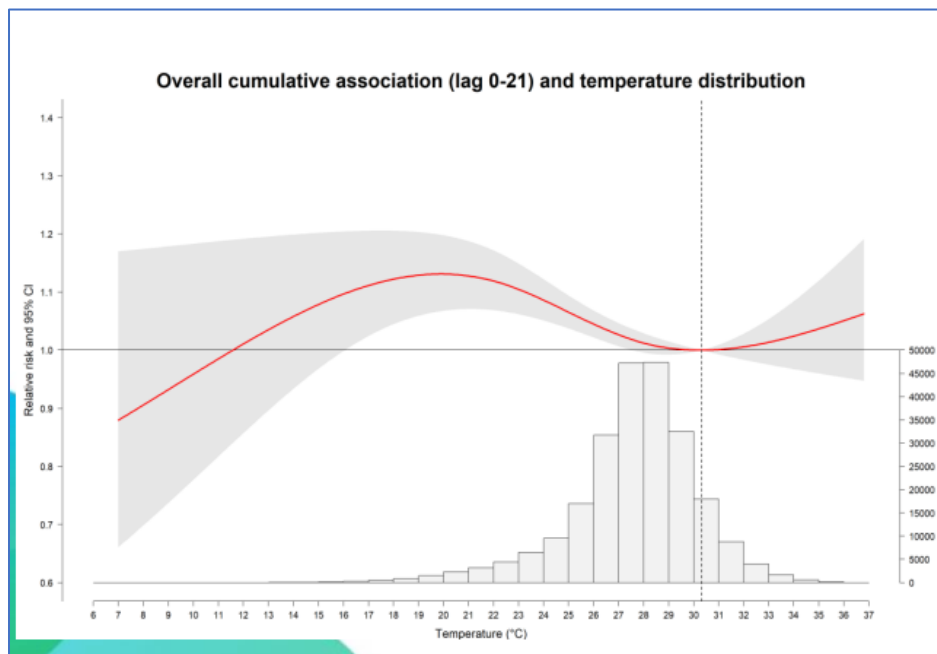
$$\text{จาก } RR = \exp(\beta * \Delta P)$$

โดยที่ ΔP คือ ความแตกต่างระหว่างค่าความเข้มข้นมลพิษ(หรือระดับอุณหภูมิ) ที่วัดได้เทียบกับค่า Threshold

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากแบบจำลองทางสถิติ



ภาพที่ 12 แสดง Exposure-response relationship ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิกับการเสียชีวิตทุกสาเหตุ การเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด และการเสียชีวิตด้วยโรคทางเดินหายใจ ตามลำดับ



ภาพที่ 13 แสดง Exposure-response relationship ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับอุณหภูมิกับการเสียชีวิตโดยรวมทุกสาเหตุ และแสดงค่า RR และ Threshold

ภาพที่ 12 และ 13 แสดงกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างระดับอนุภาคกับการเสียชีวิตที่เป็นแบบ Non-linear หรือไม่เป็นเส้นตรง โดยที่ระดับอนุภาคที่มีค่าแตกต่างกัน จะมีค่าความเสี่ยงหรือค่า RR ที่ไม่เท่ากัน และมีค่า Threshold หรือ Minimum Morality-Temperature (MMT) เป็นจุดต่ำสุดของเส้นโค้ง (ที่ RR = 1) ดังนั้นการแปลผลจึงไม่เหมือนกับการแปลผลของมลพิษทางอากาศที่มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตแบบเส้นตรง แต่แปลผลได้ว่าในขณะที่อนุภาคที่เพิ่มขึ้นในช่วง 20 – 30 อนุภาคเซลเซียส มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่ลดลง ในขณะที่อนุภาคเพิ่มขึ้นจนสูงกว่าระดับ MMT (ที่ประมาณ 30.2 อนุภาคเซลเซียส) จะพบความเสี่ยงการเสียชีวิตที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ เส้นโค้งที่ระดับอนุภาคต่ำ ที่มีค่า RR < 1 แสดงว่าระดับอนุภาคที่ลดลง (ที่ต่ำกว่า 12 อนุภาคเซลเซียส) ไม่มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิต สอดคล้องกับเมื่อพิจารณาจากกราฟ Histogram แสดงค่าความถี่ของอนุภาคพบว่าไม่พบอนุภาคที่ระดับอนุภาคต่ำด้วยเช่นกัน

2) หา Attributable Fraction (AF) เพื่อใช้คำนวณสัดส่วนของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากมลพิษ หรือร้อยละของผู้เสียชีวิตที่มีความสัมพันธ์กับระดับอนุภาค โดยนำค่า OR หรือค่า RR ที่ได้ข้างต้น มาลบด้วย 1 และหารด้วย OR หรือ RR ดังสมการ

$$\text{จาก } AF = (RR-1)/RR$$

3) ประเมินภาระโรค (Burden) (AN) เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้ป่วยหรือจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษ หรือระดับอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงไปในกลุ่มประชากร

$$\text{จาก } \text{Burden (AN)} = AF * \text{Number of death}$$

$$\text{Burden (AN)} = AF * \text{Death rate} * \text{Exposed population}$$

Date	PM ₁₀	Respiratory	RR (β = 0.0025)	AF	AN
2023-01-01	65.586225	199	1.1782	0.15	30
2023-01-02	58.876853	231	1.1586	0.14	32
2023-01-03	49.707875	210	1.1323	0.12	25
2023-01-04	53.401446	224	1.1428	0.12	28
2023-01-05	67.603371	198	1.1841	0.16	31
2023-01-06	45.415846	180	1.1202	0.11	19
2023-01-07	32.082940	188	1.0835	0.08	14
2023-01-08	58.052420	168	1.1562	0.14	23
2023-01-09	96.186887	223	1.2718	0.21	48
2023-01-10	58.591539	201	1.1578	0.14	27
2023-01-11	75.683654	204	1.2083	0.17	35
2023-01-12	54.643187	184	1.1464	0.13	23
2023-01-13	95.698017	191	1.2703	0.21	41
2023-01-14	45.956482	181	1.1218	0.11	20
2023-01-15	89.604238	194	1.2511	0.20	39

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากคำนวณสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ตัวอย่างตารางที่ 1 แสดงข้อมูลที่ได้จากคำนวณสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ จากตารางข้อมูล ประกอบด้วยวันที่ ค่าฝุ่นละออง PM10 จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ ค่า RR ค่า AF และ AN (ผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยในที่นี้คือจำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เกิดจากการรับสัมผัส PM10) ซึ่งค่า RR ของแต่ละวันจะมีค่าแตกต่างกัน โดยวันที่มีค่าฝุ่นละออง PM10 ที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากมีค่า RR มากกว่า 1 สำหรับค่า AF ในกรณีที่มีคนป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทั้งหมด 100 คนอาจเกิดจากหลาย ๆ ปัจจัย แต่ค่า AF จะบอกได้ว่าสัดส่วนของผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจที่เกิดจากการรับสัมผัสมลพิษทางอากาศมีกี่คน คิดเป็นกี่ % ดังนั้น AF จึงคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากปัจจัยที่เราสนใจในอนาคตได้

4) **คำนวณ DALYs (Disability Adjusted Life Years) หรือ ปีสุขภาวะที่สูญเสียไป** ซึ่งเป็นตัวชี้วัดวัดผลกระทบของโรคและความพิการที่มีต่อคุณภาพชีวิตของกลุ่มประชากร โดยทั่วไปจะรายงานเป็นภาพรวมของปีสุขภาวะที่สูญเสียไปทั้งกลุ่มประชากร จึงพบมีค่าหน่วยเป็นแสนปีหรือล้านปี

$$\text{จาก DALYs} = \text{YLLs} + \text{YLDs}$$

โดย YLL (Years of Life Lost) คือ จำนวนปีที่เสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยวัดจากจำนวนปีที่สูญเสียไปจากการเสียชีวิตก่อนอายุขัยเฉลี่ย

$$\text{คำนวณจาก YLL} = \sum_{i=1}^n \text{ถึง } n * (\text{จำนวนผู้เสียชีวิตของกลุ่มอายุ } i * AF_p * EL_i)$$

โดย EL (Expectation of Life) หมายถึง อายุขัยที่คาดหวังของกลุ่มอายุ I เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนปีที่บุคคลคาดว่าจะมีชีวิตอยู่ ซึ่งกลุ่มอายุที่ต่างกันมีอายุคาดเฉลี่ยที่ต่างกัน โดยคำนวณจากสถิติการเสียชีวิตของประชากรในกลุ่มนั้นๆ โดยทั่วไปประมาณ 75 ปี (ข้อมูลจาก WHO)

และ YLD (Years Lived with Disability) คือ จำนวนปีที่ใช้ชีวิตอยู่กับความพิการ โดยวัดจากจำนวนปีที่ใช้ชีวิตอยู่กับภาวะทุพพลภาพหรือความพิการจากโรค

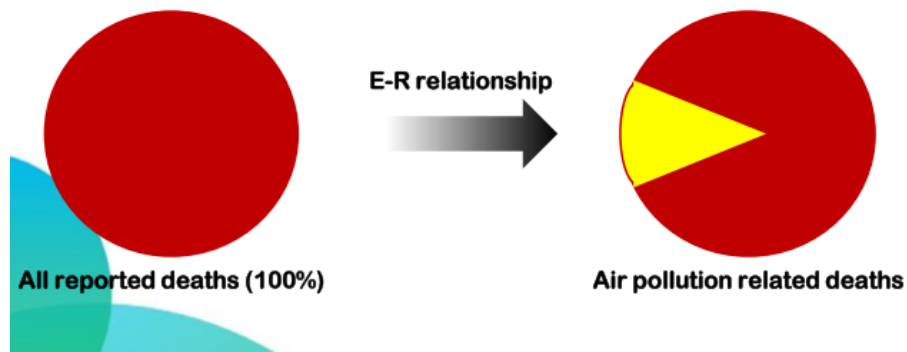
$$\text{คำนวณจาก YLD} = \text{จำนวนผู้ป่วย} * AF_p * \text{น้ำหนักความพิการ} * \text{ระยะเวลาที่เป็นโรค}$$

โดย น้ำหนักความพิการ หมายถึง ระดับความรุนแรงของโรค

ระยะเวลาที่เป็นโรค หมายถึง เวลาที่ใช้ชีวิตอยู่กับภาวะความพิการก่อนเสียชีวิต (ปี)

ดังนั้น Burden of disease หรือภาระโรคที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ ในกลุ่มผู้สูงอายุ จึงได้จาก

$$\text{Burden of disease} = AF * \text{DALYs} * \text{จำนวนผู้สูงอายุ ในประชากรกลุ่มนั้น}$$



ภาพที่ 13 ความสำคัญของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ

ภาพที่ 13 นี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ข้อมูลจำนวนผู้เสียชีวิตทั้งหมด (100%) ในวงกลมสีแดง และความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ (Exposure) และผลกระทบต่อสุขภาพ (Response) แสดงด้วยลูกศรแสดงความสัมพันธ์ E-R (Exposure-Response) รวมทั้งจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศที่ได้จากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ แสดงในพื้นที่สีเหลืองในวงกลมสีแดง

- **การนำผลการพยากรณ์ไปใช้ประโยชน์ในการวางแผน และตัดสินใจ**

- 1) **การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ** ผลการพยากรณ์ช่วยให้สามารถประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยต่างๆ เช่น คลื่นความร้อน การแพร่กระจายของโรค ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของประชาชน โดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ หรือผู้มีโรคประจำตัว
- 2) **การเตรียมระบบสุขภาพ** ผลการพยากรณ์สามารถใช้ในการเตรียมความพร้อมของระบบสุขภาพในการรับมือกับสถานการณ์ เช่น การจัดเตรียมยารักษาโรคที่อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือการจัดเตรียมแหล่งน้ำสะอาดในกรณีภัยพิบัติเกิดขึ้น
- 3) **การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน** การพยากรณ์สามารถช่วยวางแผนปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ เช่น การสร้างที่พักอาศัยที่ทนทานต่อสภาพอากาศที่รุนแรง การสร้างระบบระบายอากาศในสถานที่ทำงาน หรือการจัดทำพื้นที่สีเขียวเพื่อเพิ่มความเย็นในเมือง
- 4) **การกำหนดนโยบายสุขภาพ** ผลการพยากรณ์ช่วยให้สามารถกำหนดนโยบายสุขภาพที่เหมาะสมและตอบสนองต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น การให้ข้อมูลและการฝึกอบรมประชาชนเกี่ยวกับการป้องกันโรคที่เกิดจากสภาพอากาศ เช่น โรคติดต่อจากแมลง หรือโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ
- 5) **การส่งเสริมการวิจัยและการพัฒนา** ผลการพยากรณ์สามารถกระตุ้นให้มีการลงทุนในงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีหรือแนวทางใหม่ ๆ ในการรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้น

- 6) การสร้างความตระหนักและการมีส่วนร่วมของประชาชน ผลการพยากรณ์ช่วยสร้างความตระหนักถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและกระตุ้นให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการลดความเสี่ยง เช่น การส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือการส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน
- 7) การบริหารจัดการทรัพยากร การวางแผนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้านการจัดการน้ำและพลังงาน เพื่อรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพได้ในระยะยาว

โดยสรุป การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการสื่อสารกับประชาชนทั่วไปและผู้กำหนดนโยบาย เพื่อให้เห็นถึงขนาดของผลกระทบที่เกิดจากการสัมผัสกับมลพิษ เช่น มลพิษทางอากาศ โดยประกอบด้วย การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างมลพิษอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การเพิ่มขึ้นของโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และมะเร็งปอดในกลุ่มประชากร และยังพิจารณาถึงกลุ่มประชากรที่เสี่ยงต่อผลกระทบมากที่สุด เช่น เด็กและผู้สูงอายุ เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดมาตรการควบคุมเพื่อลดผลกระทบ รวมถึงติดตามการดำเนินงานและปรับปรุงนโยบาย และช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีข้อมูลที่ครบถ้วนและเป็นประโยชน์ในการลดความเสี่ยงและปรับปรุงคุณภาพอากาศเพื่อปกป้องสุขภาพประชาชนได้

สรุปสาระสำคัญจากการฝึกปฏิบัติ
“การพยากรณ์สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง”

● **ข้อมูลที่ใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติในการประชุมเชิงปฏิบัติการ**

ในการประชุมเชิงปฏิบัติการ “การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง” ใช้ข้อมูลในการฝึกปฏิบัติจริง เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ รายจังหวัด ปี 2556 – 2566 เพื่อใช้สำหรับ

- 1) การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์) กับความเสี่ยงต่อสุขภาพแสดงด้วยข้อมูล การเจ็บป่วยด้วยกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นสื่อ (ได้แก่ Food Poisoning, Hepatitis A, Typhoid)
- 2) การประเมินผลกระทบหรือพยากรณ์สุขภาพ ด้วยการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ และคาดการณ์ความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตารางแสดงรายการข้อมูลที่ใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติในการประชุมเชิงปฏิบัติการ

ประเภทข้อมูล	รายการข้อมูล	ระยะเวลาข้อมูล	แหล่งข้อมูล
ข้อมูลสิ่งแวดล้อมและภูมิอากาศ	- ข้อมูลอุณหภูมิ รายวัน	ปี 2556 - 2566	กรมอุตุนิยมวิทยา ก.ดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม
	- ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ รายวัน	ปี 2556 - 2566	
ข้อมูลสุขภาพผู้สูงอายุ	- จำนวนผู้ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล รายจังหวัด แบบผู้ป่วยนอก (OPD) รายอายุ อาชีพ อำเภอ จังหวัด วันที่เข้ารับการรักษา ด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับน้ำเป็นสื่อ ได้แก่ Food Poisoning, Hepatitis A, Typhoid	ปี 2556 - 2566	กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค ก.สาธารณสุข

● **โปรแกรมทางสถิติที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติ**

โปรแกรม R เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูลและการสร้างแบบจำลองทางสถิติ ข้อดีของโปรแกรม R ได้แก่ สามารถดาวน์โหลดและใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถปรับแต่งหรือแก้ไขโค้ดได้ตามต้องการ มีฟังก์ชันทางสถิติที่หลากหลายครอบคลุมทุกด้านตั้งแต่สถิติพื้นฐานไปจนถึงเทคนิคขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ผู้ใช้สามารถขยายความสามารถของ R โดยการติดตั้งแพ็คเกจเพิ่มเติม มีแหล่งข้อมูลออนไลน์มากมาย เช่น ฟอรัม และแพ็คเกจเสริม ที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้เมื่อต้องการความช่วยเหลือ นอกจากนี้ R มีความสามารถในการสร้างกราฟิก

ที่สวยงามและมีคุณภาพสูง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการแสดงผลข้อมูลและการสื่อสารผลลัพธ์ ดังนั้น R ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยทางวิชาการ ต่างๆ เช่น ด้านระบาดวิทยา ชีวสารสนเทศ เป็นต้น

- ผลการฝึกปฏิบัติ การพยากรณ์สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง

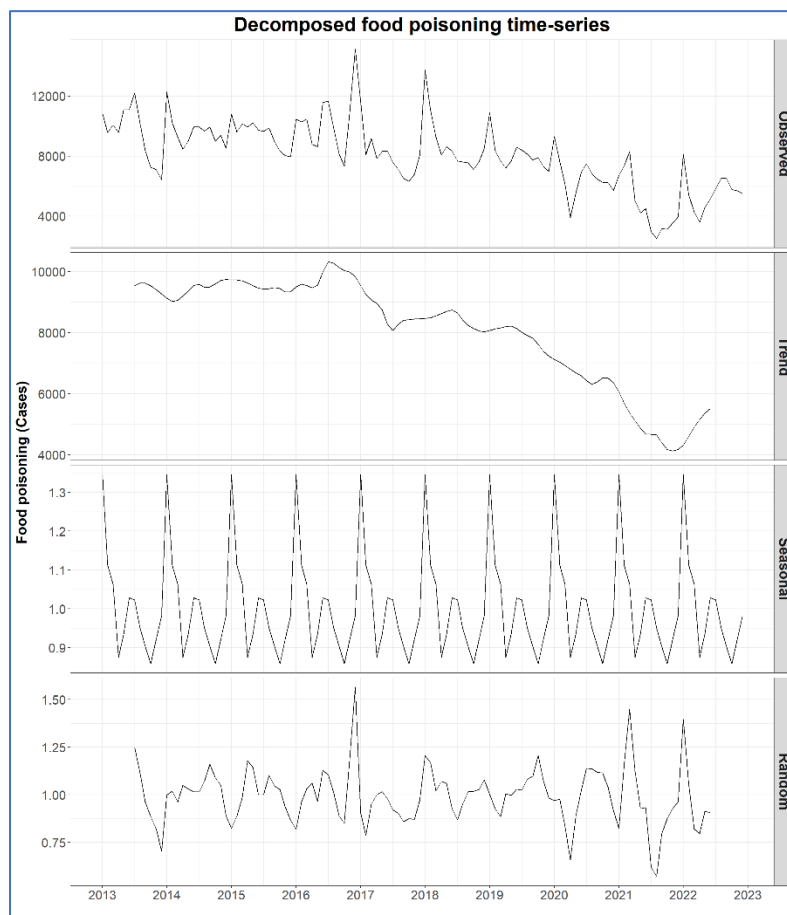
ผู้เข้าร่วมประชุม ได้รับการฝึกปฏิบัติการพยากรณ์สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง โดยเริ่มตั้งแต่

- 1) การเตรียมข้อมูล การตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล
- 2) การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- 3) การพยากรณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พยากรณ์อัตราการเกิดโรคในอนาคต)

- ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูล การตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูล

ตั้งแต่การจัดการและนำเข้าข้อมูล การวิเคราะห์เบื้องต้น แสดงแนวโน้ม วงรอบ ฤดูกาล โดยการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบข้อมูลและทดสอบแนวโน้ม ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแบบแนวโน้มของข้อมูลตามเวลา (Time series) รายเดือนแบบ 12 เดือนของปี 2013 โดยใช้คำสั่ง ใน R ดังนี้

```
tmean <- ts(tmean, frequency = 12, start = c(2013, 1))
```



จากภาพที่ 14 นี้ แสดงกราฟการกระจายของข้อมูลแบบ Time series

โดยกราฟ random คือ Temp ที่ตัดปัจจัย trend และ seasonal ออกไปแล้ว
การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร ด้วยคำสั่ง

Cor (ชื่อข้อมูล. Parameter ที่ต้องการหาความสัมพันธ์เชิงเส้น)

ถ้าเป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเดียวกัน จะมี correlation coefficient = 1 เสมอ แต่ถ้าในชุดข้อมูลมีตัวแปรที่มีค่า NA จะหา correlation ไม่ได้ ต้องใช้กับข้อมูลที่เป็น non-missing value เท่านั้น

ความแม่นยำในการพยากรณ์สุขภาพดูจากการใช้ค่า Y-hat เทียบกับค่า Y-จริง ในไฟล์เดียวกันด้วยคำสั่ง *summary* ด้วย linear model ดูที่ค่า R-square (r) เช่น ถ้า $r^2 = 0.65$ แสดงว่าโมเดลนี้สามารถพยากรณ์ที่ให้ความแม่นยำได้ที่ 65 % ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้

- **ขั้นตอนที่ 2 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**

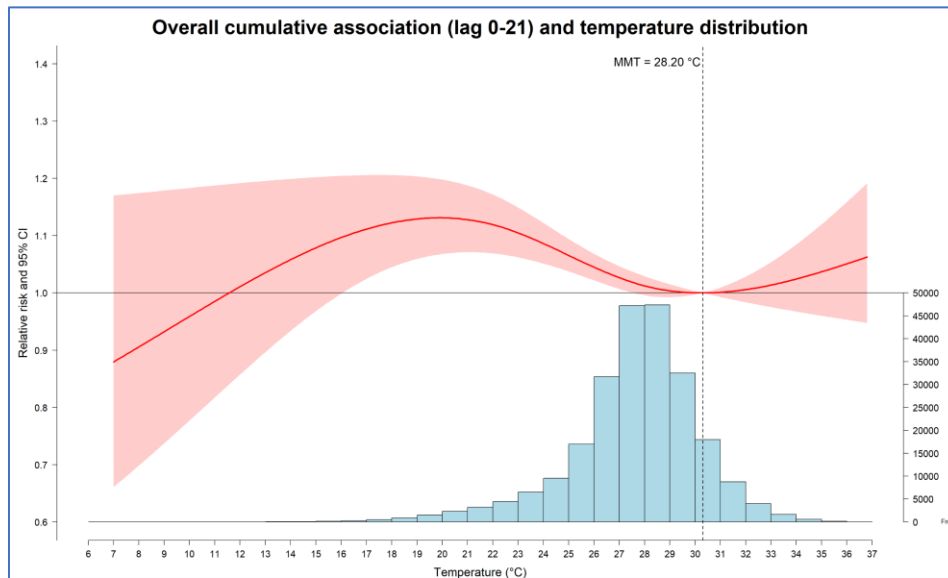
สำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในระยะสั้น โดยการใช้การวิเคราะห์แบบ Case crossover analysis ตัวแปรตามจะเป็น binary variables โดยกำหนดวันที่ป่วยเป็น case = 1 และวันอื่นๆ เป็น control = 0 ต้องสร้าง stratum ของ case และ control ด้วยคำสั่งต่อไปนี้

dat\$stratum <- as.factor(dat\$year:dat\$month:dat\$dow)

โดยใช้โมเดล Conditional logistic regression model โดยเลือกจากโมเดลที่ให้ค่า AIC น้อยที่สุด ซึ่งเป็นโมเดลที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และกำหนด Degree of freedom (DF) หรือระดับความเป็นอิสระที่ใช้ในการ Fitting model เพื่อหา DF ที่ให้ค่าคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด หรือเป็นธรรมชาติมากที่สุด จนได้ผล Concentration-response relationship ออกมาเป็นค่า Odd Ratios (OR) หรือค่าความเสี่ยงรายจังหวัดที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นค่า estimate กับค่า variance เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่า หรือการพยากรณ์ผลกระทบต่อสุขภาพต่อไป

โดยค่าความเสี่ยงรายจังหวัดที่ได้ จะนำมาหาค่าความเสี่ยงในภาพรวมโดยการใช้ meta-analysis หรือการอภิมาน โดยเอา OR จากทุกจังหวัดมา standardize ด้วยหลักการเดียวกัน ด้วยคำสั่ง *mvtmean* และดูค่า I-square (I^2) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 - 100 คือ ถ้าได้ 0 แสดงว่า OR pattern ของทุกจังหวัดเหมือนกัน แต่ถ้าค่า I^2 เป็น 100 แสดงว่ามีความเสี่ยงแต่ละจังหวัดที่แตกต่างกันมาก มีค่าความแตกต่างหรือ variation และดูค่า P-value ที่มีค่า < 0.05 แสดงว่าแต่ละจังหวัดมีความเสี่ยงที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากภาพที่ 15 เป็น output ที่ได้จากการฝึกปฏิบัติการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในระยะสั้น โดยพบว่า ได้ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรง ได้กราฟความสัมพันธ์ที่มี Centering point ที่ระดับ RR = 1 หรือ MMT ที่ 28.20 องศาเซลเซียส โดยมีพื้นที่สีแดง คือค่าความคลาดเคลื่อนหรือ error โดยพื้นที่ที่มีสีแดงแคบคือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 95% CI มีระยะแคบ



ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลกระทบต่อสุขภาพกับระดับอุณหภูมิ

- ขั้นตอนที่ 3 การพยากรณ์ผลกระทบต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พยากรณ์อัตราการเกิดโรคในอนาคต)

การประมาณการค่า Attributable Fraction (AF) จากการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิ โดยใช้คำสั่ง

```
temp <- dat[,c(3,5)]
```

เพื่อสร้าง object ใหม่ที่ col 3 (tempmean) และ 5 (food) ได้ค่าความเสี่ยง 1 ตำแหน่ง

```
temp$tempmean <- round(temp$tempmean, 1)
```

เพื่อปรับตัวเลขให้ได้ค่าความเสี่ยงที่มีทศนิยม 1 ตำแหน่ง เพราะเวลาประเมินออกมาได้แปลผลได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทุกๆ 0.1 unit หรือ 0.1 องศาเซลเซียส

```
temp <- aggregate(temp$food, list(temp$tempmean), sum, na.rm = TRUE)
```

เพื่อรวมข้อมูลผู้ป่วยทุกคนที่อุณหภูมิเดียวกัน

```
names(temp)[2] <- c("Temperature", "Food")
```

เพื่อเปลี่ยนชื่อ col เป็น temp

```
temp$Temperature <- as.character(temp$Temperature)
```

เพื่อเปลี่ยนตัวแปร temp ให้เป็น character เพื่อให้ไปรวมกับอีกไฟล์ได้

ต่อไปคือการคำนวณ Burden โดยใช้คำสั่ง

```
library(dplyr)
```

```
burden <- full_join(temp, cente, by = "Temperature")
```

```
burden$Temperature <- as.numeric(burden$Temperature)
```

```
burden <- burden[order(burden$Temperature),]
```

เพื่อเรียงลำดับ temp จากน้อยที่สุด ไปมากที่สุด จะพบว่าที่ temp น้อยมากๆ จะไม่มีจำนวนผู้ป่วยเลย

```
burden$af <- (burden$RR - 1)/burden$RR
```

มาจาก Attributable Fraction (AF) = $RR-1/RR$ ดังนั้น AF จะติดลบ ถ้ามีค่า RR < 1

จากนั้นทำการคำนวณค่า Burden จาก

```
burden$percent <- burden$af*100
```

คำนวณ burden ให้เป็น % ด้วยการ *10⁽⁻³⁾

ถ้า AF = 11.6% นำมาคูณด้วยจำนวนผู้ป่วยภาพรวมทั้งหมด 1400 case จะได้ จำนวนผู้ป่วยที่เกิดการสัมผัส temp = 19 คน

ตามที่ได้ค่า RR มาจากขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง จะสามารถนำมาพยากรณ์ได้ โดยดูจากระดับอุณหภูมิที่มี และแปลผลจากกราฟ เช่น ความเสี่ยงของการเกิด Food poisoning เป็นความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์แบบ non-linear แต่ไม่ได้บอกขนาดของ Impact ที่เกิดขึ้น เพราะต้องดูที่จำนวนผู้ป่วยที่เกี่ยวข้อง เช่นหากค่าความเสี่ยง AF คือ 1% แต่มีคนป่วยจำนวนเป็น 100 จะทำให้ impact หรือ burden เยอะไปด้วย

	Temperature	Food	RR	Lower	Upper	af	percent
252	35.9	52	1.049455	0.9538681	1.154621	4.712451e-02	4.712451312
253	36.0	10	1.050897	0.9531751	1.158638	4.843198e-02	4.843198182
254	36.1	16	1.052346	0.9524837	1.162679	4.974264e-02	4.974264409
255	36.2	6	1.053803	0.9517936	1.166745	5.105586e-02	5.105585922
296	36.3	NA	1.055265	0.9511047	1.170833	5.237099e-02	5.237098989
297	36.4	NA	1.056733	0.9504169	1.174942	5.368740e-02	5.368740224
298	36.5	NA	1.058206	0.9497300	1.179072	5.500447e-02	5.500446586
256	36.6	6	1.059683	0.9490440	1.183220	5.632155e-02	5.632155381
299	36.7	NA	1.061163	0.9483586	1.187386	5.763804e-02	5.763804261
257	36.8	2	1.062647	0.9476737	1.191568	5.895331e-02	5.895331223

```

R 4.3.3 · D:/Academic Services/DOH data analysis/Health data/
> View(burden)
> temp <- dat[,c(3,5)]
> temp$mean <- round(temp$mean, 1)
> temp <- aggregate(temp$food, list(temp$mean), sum, na.rm = TRUE)
> names(temp)[] <- c("Temperature", "Food")
> View(temp)
> temp$Temperature <- as.character(temp$Temperature)
> burden <- full_join(temp, cente, by = "Temperature")
> burden$Temperature <- as.numeric(burden$Temperature)
> View(burden)
> burden <- burden[order(burden$Temperature),]
> View(burden)
> burden$af <- (burden$RR - 1)/burden$RR
> burden$percent <- burden$af*100

```

ภาพที่ 16 แสดงตัวอย่างการแสดงผลในโปรแกรม R

สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ

การประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง

สภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568

ณ ห้องประชุม 1 กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และผ่านระบบ Video Conference

จากการประเมินความพึงพอใจการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568 โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจด้วยโปรแกรม Tally มีผู้ตอบแบบประเมินจำนวน 52 คน สรุปผล ดังนี้

● ส่วนที่ 1 ความพึงพอใจต่อการจัดประชุม

1.1 ระดับความพึงพอใจด้านวิทยากร

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ระดับความพึงพอใจในด้านความรู้ของวิทยากร ผู้ร่วมประชุมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากที่สุด ร้อยละ 86.0 รองลงมาคือ เปิดโอกาสให้ซักถามและแสดงความคิดเห็น ร้อยละ 77.55 และความพึงพอใจโดยรวมต่อวิทยากร ร้อยละ 74.07 รายละเอียดดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงความพึงพอใจระดับความพึงพอใจด้านวิทยากร

ประเด็นความคิดเห็น	จำนวน (ร้อยละ)					ระดับความพึงพอใจ
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด	
1) การนำเข้าสู่การบรรยายและการฝึกปฏิบัติอย่างเป็นระบบ	-	-	6.49	32.90	60.61	มากที่สุด
2) การจัดลำดับขั้นตอนของการบรรยายและการฝึกปฏิบัติ	-	-	3.80	28.69	67.51	มากที่สุด
3) เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการสอน	-	-	2.51	28.45	69.04	มากที่สุด
4) เปิดโอกาสให้ซักถามและแสดงความคิดเห็น	-	-	1.22	21.22	77.55	มากที่สุด
5) การใช้เวลาเหมาะสมกับการบรรยายและการฝึกปฏิบัติ	-	0.87	7.79	24.24	67.10	มากที่สุด
6) ความรู้ของวิทยากร	-	-	1.20	12.80	86.0	มากที่สุด
7) ความพึงพอใจโดยรวมต่อวิทยากร	-	-	1.23	24.69	74.07	มากที่สุด

1.2 ระดับความรู้/ความเข้าใจในการประชุมเชิงปฏิบัติการและการนำไปใช้ประโยชน์

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ผู้ร่วมประชุมส่วนใหญ่ ให้ความเห็นว่าความรู้ที่ได้จากการประชุมนี้เป็นประโยชน์ต่อการทำงานในระดับมากถึงมากที่สุด ร้อยละ 83.10 รองลงมาคือ ได้รับความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น หลังการประชุมในระดับมากถึงมากที่สุด ร้อยละ 68.08 ในขณะที่มีระดับความรู้ ความเข้าใจ ก่อนการประชุมในระดับมากถึงมากที่สุด ที่ร้อยละ 46.09 รายละเอียดดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 แสดงความคิดเห็นต่อระดับความรู้/ความเข้าใจในการประชุมเชิงปฏิบัติการและการนำไปใช้ประโยชน์

ประเด็นความคิดเห็น	จำนวน (ร้อยละ)					ระดับ ความคิดเห็น
	น้อย ที่สุด	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	
1) ความรู้ ความเข้าใจ ก่อนการประชุม	22.61	15.65	15.65	6.96	39.13	มากที่สุด
2) ท่านได้รับความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้น เพียงใดหลังการประชุม	0.51	1.02	30.46	32.49	35.53	มากที่สุด
3) ความรู้ที่ได้จากการประชุมนี้ เป็น ประโยชน์ต่อการทำงานของท่านในระดับใด	0.47	0.94	15.49	33.80	49.30	มากที่สุด

1.3 ระดับความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/รูปแบบการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

เมื่อพิจารณารายข้อพบว่า ส่วนใหญ่ผู้เข้าร่วมประชุมมีความพึงพอใจในระดับมากถึงที่สุด ในด้านอาหารและเครื่องดื่ม ร้อยละ 79.55 รองลงมาคือ การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่ ร้อยละ 70.54 และ ความพึงพอใจโดยรวมต่อการจัดกิจกรรม ที่ร้อยละ 65.13 รายละเอียดดังตารางที่ 1.3

ตาราง 1.3 แสดงความพึงพอใจระดับความพึงพอใจด้านสถานที่/ระยะเวลา/รูปแบบการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ

ประเด็นความคิดเห็น	จำนวน (ร้อยละ)					ระดับ ความพึง พอใจ
	น้อย ที่สุด	น้อย	ปาน กลาง	มาก	มาก ที่สุด	
1) รูปแบบในการจัดประชุมเหมาะสม	-	-	3.85	34.19	61.97	มากที่สุด
2) ระยะเวลาที่ใช้ในการประชุม	-	0.86	5.15	27.47	66.52	มากที่สุด
3) สถานที่จัดประชุมเหมาะสม	-	-	2.54	33.90	63.56	มากที่สุด
4) อาหารและเครื่องดื่ม	-	-	2.27	18.18	79.55	มากที่สุด
5) การบริการ/อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ของเจ้าหน้าที่	-	-	1.24	28.22	70.54	มากที่สุด
6) ความพึงพอใจโดยรวมต่อการจัดกิจกรรม	-	-	1.26	33.61	65.13	มากที่สุด

- ส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะต่อการประชุม

ผู้เข้าร่วมการประชุม ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในประเด็นต่อไปนี้

- 2.1 ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาและปรับปรุง

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่อยากให้พัฒนาและปรับปรุงในเรื่องต่อไปนี้

- 1) อยากให้ปรับปรุงเรื่องระยะเวลาให้เพิ่มมากขึ้น
- 2) ปรับเรื่องเนื้อหา เพราะเนื้อหาเยอะเกินไป
- 3) อยากให้มีโจทย์เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมได้ลองทำเอง
- 4) อยากให้สอนด้วยของแต่ละประเภทของ library ในการวิเคราะห์
- 5) อยากให้ขยายเวลาการอบรมเป็น 3 วัน
- 6) อยากให้มีการจัดประชุมบ่อยๆ เนื่องจากมี code หลายฟังก์ชัน

- 2.2 อยากให้มีหลักสูตรหรือการอบรมเรื่องใดเพิ่มต่อไป

ผู้ตอบแบบประเมินส่วนใหญ่อยากให้มีหลักสูตรหรือการอบรมเพิ่มต่อไป ในเรื่องต่อไปนี้

- 1) การสร้างโมเดล Logistic Regression
- 2) การใช้โปรแกรม QGIS
- 3) การใช้โปรแกรม SPSS
- 4) การใช้โปรแกรม Excel
- 5) การอบรมโปรแกรม R เพิ่มเติม
- 6) ต่อยอดจากหลักสูตรเดิม

- ส่วนที่ 3 ข้อมูลทั่วไป

จากการตอบแบบประเมินความพึงพอใจ มีข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน พบว่า ผู้ตอบแบบสำรวจส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง ร้อยละ 86.54 ระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี ร้อยละ 65.38 และอยู่ในหน่วยงานส่วนกลาง กรมอนามัย ร้อยละ 78.85 รายละเอียดดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้ตอบ	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	3	5.77
หญิง	45	86.54
LGBTQIAN+	4	7.69

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้ตอบ	ร้อยละ
ระดับการศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	1	1.92
ปริญญาตรี	34	65.38
ปริญญาโท	15	28.85
ปริญญาเอก	2	3.85
หน่วยงานสังกัด		
ส่วนกลาง	41	78.85
ส่วนภูมิภาค	11	21.15

ผลการประเมินความรู้ของผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง
ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568

ตามที่โครงการการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568 ได้กำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของการดำเนินงาน คือ “ผู้เข้าร่วมการประชุม ฯ มีความรู้ในการพยากรณ์สุขภาพ ร้อยละ 80 ขึ้นไป” ซึ่งจากการประเมินความรู้ของผู้เข้ารับการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง ด้วยการทดสอบก่อน (Pre-test) และหลังการประชุม (Post-test) ดังแบบประเมินความรู้ ฯ ที่แนบมานี้ และได้ผลการประเมินของผู้เข้าร่วมแต่ละท่านทั้งก่อนและหลัง โดยนำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินที่ผู้เข้าร่วมการอบรมต้องทำแบบประเมินได้ 6 ข้อขึ้นไปจากทั้งหมด 12 ข้อ (หรือคิดเป็นได้ผลการประเมินว่าผ่าน ที่ร้อยละ 70 ขึ้นไป) จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจึงจะถือว่า ผู้เข้าร่วมการประชุม ฯ มีความรู้ในการพยากรณ์สุขภาพ สรุปลังตาราง

ตารางแสดง ผลการประเมินความรู้ของผู้เข้ารับการประชุมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568

ผลการประเมินความรู้	จำนวนผู้ทำแบบประเมิน (คน)	ผ่านเกณฑ์ (ทำได้ 6 ข้อขึ้นไปจาก 12 ข้อ)	
		จำนวนผู้ที่ผ่านเกณฑ์ (คน)	ร้อยละของผู้ที่ผ่านเกณฑ์ (%)
ก่อนการประชุม (Pre-test)	50	29	58
หลังการประชุม (Post-test)	50	44	88

พบว่า ก่อนการประชุม (Pre-test) ผู้เข้าร่วมประชุมจำนวน 50 คน มีเพียง 30 คนที่มีระดับความรู้ในการพยากรณ์สุขภาพผ่านเกณฑ์ (ทำได้ 6 ข้อขึ้นไปจากทั้งหมด 12 ข้อ) คิดเป็นร้อยละ 58 ในขณะที่การประเมินหลังจากการประชุม (Post-test) พบมีจำนวนผู้ทำแบบประเมินและผ่านเกณฑ์ (ทำได้ 6 ข้อขึ้นไปจากทั้งหมด 12 ข้อ) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 88 ซึ่งสูงกว่าค่าเป้าหมายตัวชี้วัดของโครงการที่กำหนดให้ผู้เข้าร่วมการประชุม ฯ มีความรู้ในการพยากรณ์สุขภาพ ที่ ร้อยละ 80 ขึ้นไป

● **สรุปผลการประชุม**

สรุปผลการประชุมและภาพกิจกรรมจากการประชุม เผยแพร่ทางเว็บไซต์กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย ทาง <https://hia.anamai.moph.go.th/th/news-anamai/220583>

แบบประเมินความรู้ ก่อนและหลังการประชุมเชิงปฏิบัติการ
เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง
ระหว่างวันที่ 30 – 31 มกราคม 2568

1. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมักใช้เครื่องมือใดในการวิเคราะห์
 - ก. การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์
 - ข. การสำรวจเชิงพรรณนา
 - *ค. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ
 - ง. การศึกษาภาคสนามแบบเดิม ๆ

2. การพยากรณ์ความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมักใช้ข้อมูลอะไรบ้าง
 - *ก. ข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลสุขภาพในอดีต
 - ข. ข้อมูลการใช้ยาผู้ป่วย
 - ค. ข้อมูลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ
 - ง. ข้อมูลจากโรงพยาบาล

3. จุดมุ่งหมายหลักของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศคืออะไร
 - ก. การทำนายการเกิดโรคในอนาคต
 - *ข. การลดผลกระทบจากโรค
 - ค. การวินิจฉัยโรคในปัจจุบัน
 - ง. การสร้างรายงานวิจัย

4. วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพและสภาพภูมิอากาศในระดับวิทยามักเป็นแบบใด
 - ก. การวิเคราะห์เชิงพรรณนา
 - ข. การวิเคราะห์เชิงทดลอง
 - ค. การวิเคราะห์เชิงทำนาย
 - *ง. การวิเคราะห์เชิงสถิติ

5. เมื่อใช้วิธีทางระบาดวิทยาในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ควรพิจารณาถึงอะไรบ้าง
- ก. เฉพาะโรคที่แพร่กระจายได้
 - *ข. ผลกระทบระยะยาวและระยะสั้น
 - ค. แค่ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเสี่ยง
 - ง. เฉพาะผลกระทบต่อมนุษย์
6. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถกระทบต่อระบบสุขภาพได้หลายทาง ยกเว้นข้อใดต่อไปนี้
- ก. การเพิ่มขึ้นของโรคติดเชื้อ
 - ข. การเพิ่มขึ้นของโรคภูมิแพ้
 - *ค. การขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม
 - ง. การเกิดปัญหาทางจิตใจจากภัยพิบัติ
7. โปรแกรม R ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างไร
- ก. วิเคราะห์แค่ข้อมูลสุขภาพ
 - ข. สร้างแบบจำลองเชิงพาณิชย์
 - *ค. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและสร้างแบบจำลองพยากรณ์
 - ง. ใช้ในการวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลการเกษตร
8. ในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพด้วยโปรแกรม R ขั้นตอนแรกๆที่ควรทำคืออะไร
- ก. การสร้างโมเดลพยากรณ์
 - *ข. การตรวจสอบและเตรียมข้อมูล
 - ค. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์
 - ง. การทดสอบสมมติฐาน
9. การใช้ฟังก์ชัน `install.packages()` ใน R ใช้สำหรับอะไร
- *ก. ติดตั้งโปรแกรมเสริมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล
 - ข. สร้างกราฟ

- ค. โหลดข้อมูลจากไฟล์
- ง. สร้างโมเดลพยากรณ์

10. คำสั่งใดใน R ที่ใช้เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว

- *ก. plot()
- ข. hist()
- ค. barplot()
- ง. boxplot()

11. ในระหว่างการประมวลผลข้อมูลสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน R หากต้องการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและจำนวนผู้ป่วย ฟังก์ชันใดที่เหมาะสมที่สุด

- ก. t.test()
- *ข. lm()
- ค. cor()
- ง. rnorm()

12. ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน R ฟังก์ชัน cor() ใช้สำหรับการหาความสัมพันธ์แบบใด

- *ก. ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น
- ข. ความสัมพันธ์ระหว่างหลายตัวแปร
- ค. ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มข้อมูล
- ง. ความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ

หมายเหตุ: * คือ เฉลยคำตอบข้อที่ถูกต้อง

ภาคผนวก

กำหนดการประชุมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การคาดการณ์ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มเปราะบาง

วันที่ 30 - 31 มกราคม 2568 ณ ห้องประชุม 1 กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

และผ่านระบบ Video Conference

วันที่ 30 มกราคม 2568

09.00 – 09.15 น.	ลงทะเบียน และ Pre-test
09.15 - 09.30 น.	กล่าวต้อนรับและเปิดการประชุมเชิงปฏิบัติการ โดย นางสาวนัยนา ไข่มวงษ์ ผู้อำนวยการกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
09.30 – 10.00 น.	บรรยาย เรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับผลกระทบต่อสุขภาพ ในกลุ่มเปราะบาง” โดย นางสาวเบญจวรรณ ธวัชสุภา กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ
10.00 – 11.30 น.	บรรยาย เรื่อง หลักการและเครื่องมือในการพยากรณ์สุขภาพ โดย ผศ.ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
11.30 – 12.00 น.	ฝึกปฏิบัติการติดตั้งโปรแกรม R และโปรแกรม QGIS กลุ่มที่ 1 โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กลุ่มที่ 2 โดย นางสาวจิตตามนต์ ศรีทองอ่อน นักวิชาการอิสระ
12.00 - 13.00 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
13.00 – 14.30 น.	ฝึกปฏิบัติการเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ กลุ่มที่ 1 โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กลุ่มที่ 2 โดย นางสาวจิตตามนต์ ศรีทองอ่อน นักวิชาการอิสระ
14.30 – 16.30 น.	ฝึกปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการพยากรณ์สุขภาพ

กลุ่มที่ 1 โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
กลุ่มที่ 2 โดย นางสาวจิตตามนต์ ศรีทองอ่อน นักวิชาการอิสระ

วันที่ 31 มกราคม 2568

09.00 - 09.30 น. บรรยาย เรื่อง การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์สุขภาพ
โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

09.30 - 12.00 น. ฝึกปฏิบัติการพยากรณ์สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน กลุ่ม
เปราะบาง
กลุ่มที่ 1 โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
กลุ่มที่ 2 โดย นางสาวจิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
นักวิชาการอิสระ

12.00 - 13.00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน

13.00 - 14.30 น. ฝึกปฏิบัติ การพยากรณ์สุขภาพจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศใน กลุ่ม
เปราะบาง (ต่อ)
กลุ่มที่ 1 โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
กลุ่มที่ 2 โดย นางสาวจิตตามนต์ ศรีทองอ่อน
นักวิชาการอิสระ

14.30 - 15.30 น. บรรยาย การนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในการวางแผนและตัดสินใจ
โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

15.30 - 16.00 น. บรรยาย ประเด็นท้าทายในการวิเคราะห์ข้อมูล และการพยากรณ์สุขภาพ
โดย ผศ. ดร. อาทิตย์ โพธิ์ศรี
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

16.00 - 16.15 น. สรุปผลการประชุมและ Post-test
โดย นางสาวเบญจวรรณ ธวัชสุภา
กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

16.15 - 16.30 น. ปิดการประชุม
โดย นางสาวนัยนา ใช้เทียมวงศ์
ผู้อำนวยการกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

.....



Zoom Meeting ID: 982 8526 1219

Passcode: Hia2025