

$$COVID\ Health\ Vulnerability\ Index = (Hazard) \times \left(\ln\left(\frac{1}{R_H}\right) \times scale(density)\right)$$

โดย อัตราส่วนความพร้อมทางด้านสาธารณสุข ( $R_H$ ) และความเสี่ยง (Hazard) คำนวณได้จาก

$$R_H = \left(\frac{health\ resource}{vulnerable\ population}\right)$$

อัตราส่วนความพร้อมทางด้านสาธารณสุข ( $R_H$ ) เป็นตัวชี้วัดความพร้อมของระบบสาธารณสุขในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งวัดจากจากทรัพยากรทางสาธารณสุขที่พร้อมใช้งานสำหรับการตรวจและรักษาผู้ป่วย COVID-19 ประกอบไปด้วย จำนวนเตียงในสถานพยาบาล จำนวนบุคลากรทางการแพทย์ และจำนวนเครื่องมือทางการแพทย์ ต่อจำนวนของประชากรเสี่ยง โดยค่าของอัตราส่วนนี้จะถูกปรับให้อยู่ในช่วง 1 ถึง 2 ซึ่งปกติแล้วมักจะมีค่าน้อยกว่า 1 มาก ดังนั้น หาก  $1 < \frac{1}{R_H}$  จะหมายถึงความเหลื่อมล้ำระหว่างสัดส่วนของประชากรที่จะไม่ได้รับการตรวจหรือรักษาและความพร้อมของทรัพยากรทางสาธารณสุข ซึ่งสะท้อนถึงความเปราะบางของระบบสาธารณสุขต่อความเสียหายจาก COVID-19

**ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์**

ตัวแปร	ข้อมูล	แหล่งที่มา	รายละเอียดอื่น ๆ
Health resource	จำนวนเตียง	สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข	จำนวนเตียงในสถานพยาบาลในแต่ละอำเภอ
	จำนวนบุคลากรทางการแพทย์	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทรัพยากรสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข	จำนวนแพทย์และพยาบาลที่ประจำในสถานพยาบาลในแต่ละอำเภอ
	จำนวนเครื่องมือทางการแพทย์		จำนวนเครื่องมือทางการแพทย์ในสถานพยาบาลในแต่ละอำเภอ
Vulnerable population	จำนวนประชากรตามอายุ	สำนักงานสถิติแห่งชาติ	จำนวนประชากรแบ่งตามเพศและอายุ ความละเอียดระดับตำบล
Density	จำนวนประชากรและความหนาแน่นประชากร	สำนักงานสถิติแห่งชาติ + Siametrics	ข้อมูลจำนวนประชากรความละเอียดสูง (พื้นที่ขนาด 30x30 ม.) จากภาพถ่ายดาวเทียม และจำนวนประชากร

$$\text{Hazard} = \log_{2.5}(N_{\text{infected}} + 1) + b$$

$$N_{\text{infected}} = (0.75 * N_{\text{infected in 2 weeks}}) + (0.25 * N_{\text{infected in 6 weeks}})$$

อัตราการแพร่กระจายโรค (Hazard) คิดจากสถิติอัตราการแพร่กระจายเชื้อทั่วโลกโดยเฉลี่ย พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อ COVID-19 จะมีอัตราการแพร่เชื้อเฉลี่ยต่อผู้อื่น 2-3 คน (ตัวเลขนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ นโยบายทางสาธารณสุข เช่น การเว้นระยะห่างทางสังคม, การงดเดินทางออกจากที่พัก และ อื่น ๆ ) ดังนั้น ในระยะเริ่มต้นของการระบาด จำนวนของผู้ติดเชื้อจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแบบ exponential

$N_{\text{infected}}(t_d) \sim a_{\text{spread}}^{t_d} - 1$ <sup>(\*)</sup> แสดงถึง  $t_d \sim \log_{\{a_{\text{spread}}\}}(N_{\text{infected}} + 1)$  ซึ่งสามารถประมาณของค่าเฉลี่ยการแพร่เชื้อต่อเนื่องที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้น

$N_{\text{infected in 2 weeks}}$  และ  $N_{\text{infected in 6 weeks}}$  คือจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมในช่วง 2 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ที่ผ่านมา โดยค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักนี้ใช้เพื่อประเมินสัดส่วนของผู้ติดเชื้อที่ยัง active อยู่เป็นหลัก แต่ยังคงให้ความสำคัญกับปริมาณผู้ติดเชื้อสะสมในช่วงที่ผ่านมา

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากแต่ละบริเวณไม่มีการป้องกันที่สมบูรณ์ ทำให้มีโอกาสที่ผู้ติดเชื้อจะเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งยังมีอยู่ เราจึงได้คำนวณ background transmission rate  $b$ <sup>2</sup> ซึ่งพวกเราคำนวณจากค่าเฉลี่ยของการแพร่เชื้อหรือ  $\log_{2.5}(N_{\text{infected}} + 1)$  ของพื้นที่ใกล้เคียง เราจึงนำไปใช้ในการคำนวณความเสี่ยง Hazard หรือความรุนแรงของการแพร่เชื้อในบริเวณใกล้เคียง

<sup>1</sup> หมายเหตุ  $-1$ (\*) นั้นทำให้มั่นใจได้ว่าถ้าไม่มีผู้ติดเชื้อในบริเวณนั้น ค่า  $t_d$  จะเป็น 0 และ จากงานวิจัยหลายชิ้น  $a_{\text{spread}}$  มักอยู่ระหว่าง 2 ถึง 2.5 เราเลือก  $a_{\text{spread}} = 2.5$  เพื่อเป็นการไม่ประมาท

ที่มา: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32097725>

<sup>2</sup> background transmission rate  $b$  มาจาก การเคลื่อนย้ายของผู้ติดเชื้อจากบริเวณอื่น ๆ ซึ่งค่านี้สามารถปรับได้ขึ้นอยู่กับบริเวณนั้น ๆ เช่น การเข้าถึง (โดยการขนส่งสาธารณะ) สู่บริเวณนั้นกับการแพร่เชื้อแบบต่อเนื่องจำนวนมาก ซึ่งก็จะทำให้ค่า background transmission rate สูงขึ้น เพื่อความเรียบง่าย พวกเราได้กำหนด  $b$  คำนวณจากค่าเฉลี่ยของการแพร่เชื้อในบริเวณใกล้เคียง

ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตัวแปร	ข้อมูล	แหล่งที่มา	รายละเอียดอื่นๆ
$N_{infected}$  $b$	จำนวนผู้ติดเชื้อ	กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข	จำนวนผู้ติดเชื้อสะสมระดับจังหวัด