



THE 1st NATIONAL

Basic STEM Innovation

E - FORUM 2021



เรื่อง การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์
ของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาด
ของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย

โดย

1. นายบริวุฒิ จิรมงคลรัช
2. นายจิรัชพัท นันตา
3. นายกิตติภัฏ กนกทิพยกุล

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

รายงานนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ในงานเวทีวิชาการนวัตกรรมสะเต็มศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ ครั้งที่ 1 (ออนไลน์)

The 1st National Basic STEM Innovation E-Forum 2021

วันที่ 18 - 19 กันยายน พ.ศ. 2564

เรื่อง การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์
ของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาด
ของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย

โดย

1. นายบริวดี จิรมงคลรัช
2. นายจิรัชพัท นันตา
3. นายกิตติภูมิ กนกทิพยกุล

ครูที่ปรึกษา

1. นายศรายุทธ วิริยะคุณานันท์
2. นางสาวรุ่งทิพา บุญมาโดน

ชื่อโครงการ	การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์ของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย
ชื่อนักเรียน	1. นายบริวุฒิ จิรมงคลรัช 2. นายจิรัชพัท นันตา 3. นายกิตติภักดิ์ กนกทิพยกุล
ครูที่ปรึกษาโครงการ	นางสาวรุ่งทิwa บุญมาโดน
ที่ปรึกษาพิเศษ	นายศรายุทธ วิริยะคุณานันท์
โรงเรียน	ยุพราชวิทยาลัย
ที่อยู่	238 ถนนพระปกเกล้า ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์	053-418673-5 โทรสาร 053-418673-5 ต่อ 111
ระยะเวลาทำโครงการ	ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 – วันที่ 30 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้เผชิญกับวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ซึ่งเกิดจากไวรัส SARS-CoV-2 โดยทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ที่มีความรุนแรงและมีโอกาสการเสียชีวิตมากกว่าไข้หวัดทั่วไป โดยประเทศไทยได้พบผู้ติดเชื้อเป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2563 และนำไปสู่การระบาดภายในประเทศในเวลาต่อมา ซึ่งรัฐบาลไทยได้ประกาศใช้พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน และมาตรการต่าง ๆ เพื่อทำการควบคุมการแพร่ระบาด จนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งช่วงที่มีการแพร่ระบาดในประเทศไทยได้เป็น 3 ระลอก โดยในแต่ละระลอกของการแพร่ระบาด รัฐบาลได้เลือกใช้มาตรการที่มีความเข้มงวดแตกต่างกัน ส่งผลให้ระยะเวลาในการแพร่ระบาด จำนวนผู้ติดเชื้อ และผลกระทบทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน

ผู้จัดทำมีความตั้งใจในการหามาตรการของรัฐบาลไทยที่มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการลดผลกระทบทางด้านสาธารณสุขและเศรษฐกิจให้ได้มากที่สุด พร้อมระบุปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์มาใช้ในการจำลองการแพร่ระบาดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละมาตรการ จากการศึกษาพบว่ามาตรการของรัฐบาลที่ดีที่สุดในการควบคุมการแพร่ระบาดคือ มาตรการที่รัฐบาลประกาศใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดระลอกที่ 2 โดยจะต้องมีประชาชนทำตามมาตรการอย่างน้อยร้อยละ 97.86 ของผู้ที่ทำตามมาตรการจริงในระลอกที่ 2 จึงจะสามารถควบคุมการแพร่ระบาดได้ และมีปัจจัยในการส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการ ได้แก่ การลดค่าใช้จ่ายในการทำตามมาตรการของประชาชนและการเพิ่มบทลงโทษจากการฝ่าฝืนมาตรการ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายเพราะได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งจากผู้มีพระคุณหลายท่าน จึงขอขอบคุณทุก ๆ ท่าน ดังนี้

กราบขอบพระคุณ **คุณครูรุ่งทิวา บุญมาโตน** คุณครูที่ปรึกษาโครงการ และ**คุณครูศรายุทธ วิริยะคุณานันท์** คุณครูจากกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ผู้ที่ให้คำแนะนำและได้เมตตาให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการนี้ ตรวจทานรูปเล่มรายงานจนโครงการสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019	4
2.2 มาตรการของรัฐบาลไทยในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019	4
2.3 SEIR Model	5
2.4 ทฤษฎีเกม (Game Theory)	6
2.5 ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product : <i>GDP</i>)	6
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	7
บทที่ 4 ผลการศึกษา	11
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	14
บรรณานุกรม	16

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงลักษณะทั่วไปของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และจำนวนประชากรไทย	7
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	9
ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงอัตราการเติบโตของ GDP รายไตรมาสในไตรมาสในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และช่วงที่ไม่มีการระบาด	10
ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการติดต่อของแต่ละมาตรการที่ให้ค่า R-squared สูงที่สุดทั้งก่อนและหลังการประกาศใช้มาตรการของรัฐบาล	11
ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมและจำนวนวันที่มีการแพร่ระบาดจากการจำลองการใช้มาตรการในสถานการณ์ที่กำหนด	11
ตารางที่ 4.3 แสดงผลตอบแทนของแต่ละมาตรการของรัฐบาลจากการจำลองการใช้แต่ละมาตรการในสถานการณ์ที่กำหนด	12
ตารางที่ 4.4 แสดงร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการที่น้อยที่สุดที่ยังทำให้การควบคุมการแพร่ระบาดของแต่ละมาตรการสามารถทำได้	12
ตารางที่ 4.5 แสดงผลตอบแทนจากการตัดสินใจของประชาชนในแต่ละมาตรการของรัฐบาล	13

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากรในแต่ละกลุ่ม ณ เวลาต่าง ๆ โดยการใช้ SEIR Model	5
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงกลุ่มประชากรและความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากร ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	8

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันทั่วโลกได้เผชิญกับวิกฤตการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ซึ่งเกิดจากไวรัส SARS-CoV-2 โดยทำให้เกิดอาการเกี่ยวกับทางเดินหายใจ ที่มีความรุนแรงและมีโอกาสการเสียชีวิตมากกว่าไข้หวัดทั่วไป และในวันที่ 11 มีนาคม 2563 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ออกประกาศให้การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เข้าสู่ระดับการระบาดใหญ่ (pandemic) และกระจายไปทั่วโลก (World Health Organization, 2020) โดยประเทศไทยได้พบผู้ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2563 และนำไปสู่การระบาดภายในประเทศในเวลาต่อมา โดยรัฐบาลไทยได้ประกาศใช้พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน กฎหมายและมาตรการต่าง ๆ เพื่อควบคุมการแพร่ระบาด โดยจนถึงปัจจุบันสามารถแบ่งช่วงที่มีการแพร่ระบาดในประเทศไทยได้เป็น 3 ระลอก

ในการจัดการและควบคุมการแพร่ระบาดโดยรัฐบาลไทย รัฐบาลได้ให้ความรู้และขอความร่วมมือประชาชนในการสวมหน้ากากอนามัย หมั่นล้างมือ เว้นระยะห่างทางสังคม หลีกเลี่ยงสถานที่เสี่ยงและกิจกรรมต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดการแพร่ระบาด (กรมควบคุมโรค, 2563) และนอกเหนือจากแนวทางข้างต้น ในแต่ละระลอกของการแพร่ระบาด รัฐบาลได้เลือกใช้มาตรการในการควบคุมการแพร่ระบาดที่มีความเข้มงวดแตกต่างกัน ส่งผลให้ระยะเวลาในการแพร่ระบาด จำนวนผู้ติดเชื้อ และผลกระทบทางเศรษฐกิจของแต่ละระลอกมีความแตกต่างกัน โดยมาตรการในระลอกแรกส่งผลให้เศรษฐกิจหดตัวถึงร้อยละ 9.5 ในขณะที่มาตรการในระลอกที่สองกลับส่งผลให้เศรษฐกิจขยายตัวร้อยละ 0.2 (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) แต่ก็ไม่สามารถทำให้การแพร่ระบาดหยุดลงภายใน 3 เดือนได้และทำให้มีผู้ติดเชื้อเพิ่มขึ้นมากจากระลอกแรก (สบค., 2564) มาตรการที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญในการลดผลกระทบจากการแพร่ระบาดทั้งด้านสาธารณสุขและด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก

Jinyu Wei และคณะ (2020) ได้นำเกมกลยุทธมาใช้ศึกษากลยุทธ์ที่ดีที่สุดของรัฐบาลและประชาชนต่อการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศจีน พบว่าผลของเกมที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นเมื่อรัฐบาลกำหนดมาตรการและประชาชนทำตามมาตรการนั้น ต่อมา วิริยา มหิกุล และคณะ (2564) ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ คือ SEIR Model มาศึกษาผลของมาตรการของรัฐบาลไทยที่มีต่อการแพร่ระบาดในระลอกแรก พบว่าสามารถนำ SEIR Model มาจำลองการแพร่ระบาดได้ และพบว่ามาตรการของรัฐบาลสามารถลดขนาดของการแพร่ระบาดและชะลอการเกิดการแพร่ระบาดในระลอกที่สองได้เป็นอย่างมาก

ผู้จัดทำมีความตั้งใจในการหามาตรการของรัฐบาลไทยที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมในการลดผลกระทบทางด้านสาธารณสุขและด้านเศรษฐกิจให้ได้มากที่สุด พร้อมทั้งหาปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการ โดยใช้เกมกลยุทธ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และความรู้ด้านสถิติมาใช้ในการจำลองการแพร่ระบาดและเปรียบเทียบแต่ละมาตรการให้ได้รูปแบบมาตรการที่เหมาะสมที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย และหามาตรการที่ดีที่สุดด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.2.2 เพื่อระบุปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และเกมกลยุทธ์

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหามาตรการของรัฐบาลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยได้

1.3.2 สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์ในการระบุปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยได้

1.4 ตัวแปรที่ศึกษา

ตอนที่ 1 : การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย

ตัวแปรต้น - มาตรการของรัฐบาลไทยในแต่ละระลอก

ตัวแปรตาม - จำนวนผู้ติดเชื้อ

- จำนวนวันที่มีการแพร่ระบาด

- ผลตอบแทนของแต่ละมาตรการที่รัฐบาลกำหนด

ตัวแปรควบคุม - จำนวนผู้ติดเชื้อในวันแรก

- อัตราการติดต่อเริ่มต้น

- วันแรกที่มีการเริ่มประกาศใช้มาตรการ

ตอนที่ 2 : การศึกษาปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย

- ตัวแปรต้น - การเลือกทำตามหรือไม่ทำตามมาตรการที่รัฐบาลกำหนดของประชาชน
- ตัวแปรตาม - ผลตอบแทนของกลยุทธ์
- ตัวแปรควบคุม - กลุ่มของประชากรที่ศึกษา

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะและนิยามเชิงปฏิบัติการ

1.5.1 มาตรการของรัฐบาล คือ มาตรการของรัฐบาลที่ประกาศใช้เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย

1.5.2 มาตรการของระลอกที่ 1 คือ มาตรการของรัฐบาลที่ประกาศใช้เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดในประเทศไทย ในระลอกที่ 1 คือตั้งแต่ 26 มีนาคม 2563 จนถึง 30 มิถุนายน 2563

1.5.3 มาตรการของระลอกที่ 2 คือ มาตรการของรัฐบาลที่ประกาศใช้เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดในประเทศไทย ในระลอกที่ 2 คือตั้งแต่ 26 ธันวาคม 2563 จนถึง 31 มีนาคม 2564

1.5.4 มาตรการของระลอกที่ 3 คือ มาตรการของรัฐบาลที่ประกาศใช้เพื่อควบคุมการแพร่ระบาดในประเทศไทย ในระลอกที่ 3 คือตั้งแต่ 9 เมษายน 2564 จนถึง 30 มิถุนายน 2564

1.5.5 อัตราการติดต่อ คือ จำนวนคนโดยเฉลี่ยที่คน 1 คนสัมผัสใน 1 วัน

1.5.6 ผู้ติดเชื้อรายใหม่ในแต่ละวัน คือ ผู้ที่ตรวจพบว่าติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในวันนั้น โดยอ้างอิงจากการรายงานของศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 ในแต่ละวัน และกำหนดให้เป็นผู้ที่เข้ารับการรักษาก่อนหรือกักตัวรายใหม่ในแต่ละวันของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.6 ขอบเขตของการศึกษา

1.6.1 โครงการนี้ศึกษาการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยตั้งแต่วันที่ 12 มกราคม 2563 จนถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2564

1.6.2 โครงการนี้ศึกษาการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ของประชาชน ด้วยการใส่หน้ากากอนามัยเท่านั้น

1.6.3 โครงการนี้กำหนดให้ประชาชนสามารถเลือกทำตามหรือไม่ทำตามมาตรการของรัฐบาลเท่านั้น และไม่สามารถเปลี่ยนการตัดสินใจในขณะที่การแพร่ระบาดดำเนินอยู่ได้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้มาตรการของรัฐบาลที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย พร้อมระบุปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการด้วย

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นโรคติดเชื้อที่เกิดจากไวรัส SARS-CoV-2 โดยผู้ที่ติดเชื้อจะอยู่ในระยะฟักตัวของเชื้อภายใน 14 วัน หลังจากนั้นจะมีอาการไข้ ไอแห้ง เหนื่อยล้าและอาจมีอาการอื่น ๆ ได้แก่ สูญเสียการรับรสชาติและกลิ่น คัดจมูก เยื่อบุตาอักเสบ เจ็บคอ ปวดหัว ปวดกล้ามเนื้อหรือข้อ ผื่นผิวหนังชนิดต่าง ๆ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง หนาวสั่นหรือเวียนศีรษะ ในผู้ป่วยบางรายอาจมีการปวยรุนแรงได้แก่ หายใจถี่ สับสน เจ็บหรือกดทับที่หน้าอกอย่างต่อเนื่อง มีไข้สูงกว่า 38 °C โดยที่ทุกคนสามารถป่วยเป็นโรคหรือป่วยหนักหรือเสียชีวิตได้ทุกวัย

เชื้อไวรัสสามารถแพร่กระจายได้ทางน้ำลาย น้ำมูกหรือสารคัดหลั่งต่าง ๆ ของผู้ที่ติดเชื้อ การป้องกันเชื้อโรคจึงสามารถทำได้ด้วยการสวมหน้ากากอนามัย หมั่นล้างมือโดยใช้สบู่หรือแอลกอฮอล์ เว้นระยะห่างจากผู้อื่น ไม่นำมือมาสัมผัสบริเวณใบหน้าของตนเอง รวมทั้งลดการเดินทางและงดการรวมกลุ่มทางสังคม

การรายงานโรคติดเชื้อโคโรนา 2019 เกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม 2562 ณ เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน และมีการแพร่ระบาดในวงกว้างในเวลาต่อมา โดยพบผู้ติดเชื้อนอกประเทศจีนรายแรกเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2563 ณ ประเทศไทย จนในปัจจุบันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ได้ถูกประกาศเป็นการระบาดใหญ่ ที่ระบาดไปทั่วทั้งโลกและส่งผลกระทบต่อหลายประเทศทั่วโลก (WHO, 2020)

2.2 มาตรการของรัฐบาลไทยในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

จนถึงปัจจุบันการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระลอก ได้แก่ ระลอกที่ 1 ในช่วงปลายเดือนมีนาคม 2563 จนถึงกรกฎาคม 2563 ระลอกที่ 2 ในช่วงปลายเดือนธันวาคม 2563 จนถึงมีนาคม 2564 และระลอกที่ 3 ในช่วงเมษายน 2564 จนถึงปัจจุบัน โดยรัฐบาลไทยได้ประกาศใช้พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ.2548 เพื่อกำหนดมาตรการที่ใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดในแต่ละระลอก โดยมาตรการที่ใช้ในแต่ละระลอกมีสาระสำคัญดังนี้

มาตรการที่ใช้ในระลอกที่ 1 ได้แก่ ปิดและห้ามเข้าพื้นที่เสี่ยง ปิดการเข้าออกระหว่างประเทศ ห้ามชุมนุม ห้ามเดินทางข้ามจังหวัด โดยประกาศให้ใช้ทั่วประเทศและได้มีการประกาศมาตรการผ่อนปรนในเวลาต่อมา

มาตรการที่ใช้ในระลอกที่ 2 ได้แก่ ปิดและห้ามเข้าพื้นที่เสี่ยงต่อโรค ห้ามชุมนุม คัดกรอง การเคลื่อนย้ายแรงงานต่างด้าว ชะลอเดินทางข้ามจังหวัด โดยประกาศใช้ในจังหวัดที่มีการแพร่ระบาดและได้มีการประกาศมาตรการผ่อนปรนในเวลาต่อมา

มาตรการที่ใช้ในระลอกที่ 3 ได้แก่ ปิดและห้ามเข้าพื้นที่เสี่ยงต่อโรค ห้ามชุมนุม ควบคุม การเปิดปิดของสถานที่ที่เสี่ยงต่อการแพร่ระบาดของโรค โดยประกาศใช้ในจังหวัดที่มีการแพร่ระบาดและแบ่งระดับความเข้มงวดตามระดับการแพร่ระบาด (กรมการปกครอง, 2564)

2.3 SEIR Model

SEIR Model เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้จำลองการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อที่มีระยะฟักตัว เช่น โรคฝีดาษ รวมทั้งโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เพื่อคาดการณ์การแพร่ระบาด จำนวนผู้ติดเชื้อ ระยะเวลาที่มีการแพร่ระบาดและประมาณค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับโรค โดยแบ่งประชากรออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ ผู้ที่สามารถติดเชื้อได้ (Susceptible) ผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการของโรค (Exposed) ผู้ที่ติดเชื้อและมีการแสดงอาการของโรค (Infectious) และผู้ที่หายจากโรคแล้ว (Recovered) และใช้สมการเชิงอนุพันธ์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากร ดังนี้

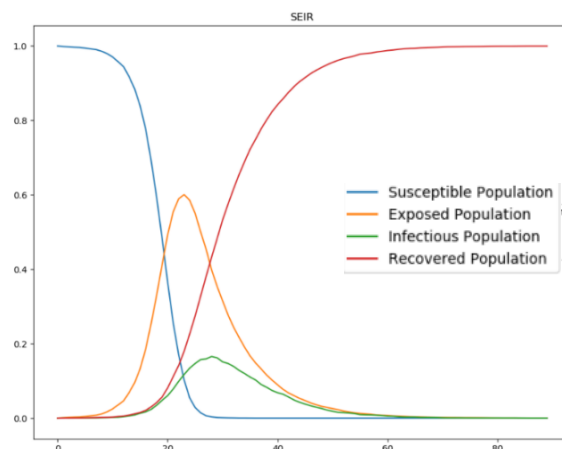
$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\frac{\beta SI}{N} & \frac{dI}{dt} &= \sigma E - \gamma I \\ \frac{dE}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} - \sigma E & \frac{dR}{dt} &= \gamma I\end{aligned}$$

เมื่อ N แทนจำนวนประชากรทั้งหมด

β แทนอัตราการติดเชื้อ

σ แทนอัตราการฟักตัว

γ แทนอัตราการรักษา



ภาพที่ 2.1 กราฟแสดงสัดส่วนของประชากรในแต่ละกลุ่ม ณ เวลาต่าง ๆ โดยการใช้ SEIR Model

ที่มา : The Institute for Disease Modeling, n.d.

2.4 ทฤษฎีเกม (Game Theory)

ทฤษฎีเกม เป็นศาสตร์ในการศึกษาและจำลองเกี่ยวกับการตัดสินใจของผู้ตัดสินใจหลายฝ่าย ที่จะได้รับผลตอบแทนแตกต่างกันไปตามการตัดสินใจ โดยผู้ตัดสินใจแต่ละฝ่ายพยายามเลือกทางเลือกให้ได้ผลตอบแทนที่มากที่สุด โดยมีองค์ประกอบดังนี้

ผู้เล่น (player) คือ ผู้ที่ตัดสินใจเลือกกลยุทธ์ในเกม

กลยุทธ์ (strategy) คือ ทางเลือกของผู้เล่นสำหรับตัดสินใจนำไปใช้แข่งขัน โดยกลยุทธ์ที่ทำให้ได้รับผลตอบแทนมากที่สุดไม่ว่าผู้เล่นอื่นจะเลือกกลยุทธ์แบบใด เรียกว่า **กลยุทธ์เด่น**

ผลตอบแทนของผู้เล่น (payoff) คือ อรรถประโยชน์ที่ผู้เล่นได้รับเมื่อเลือกกลยุทธ์จากกลยุทธ์ทั้งหมดที่เป็นไปได้และขึ้นอยู่กับกลยุทธ์ของผู้เล่นทั้งหมด

ผลของเกม (outcome) คือ ผลของการแข่งขันที่ผู้เล่นแต่ละคนจะได้รับ

และมีรูปแบบในการเลือกกลยุทธ์ดังนี้

กลยุทธ์แท้ (pure strategy) เป็นรูปแบบที่ผู้เล่นเลือกเพียงกลยุทธ์เดียวตลอดทั้งการแข่งขัน

กลยุทธ์ผสม (mixed strategy) เป็นรูปแบบที่ผู้เล่นไม่ได้เลือกกลยุทธ์เพียงกลยุทธ์เดียวมาใช้ในการแข่งขัน โดยจะกำหนดเป็นความน่าจะเป็นในการเลือกใช้ให้กับแต่ละกลยุทธ์ (กรกรณ์ ชีวะตระกูลพงษ์, ม.ป.ป.)

2.5 ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product : GDP)

ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ หรือ **GDP** คือ มูลค่าตลาดของสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ผลิตในประเทศในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โดยไม่คำนึงว่าผลผลิตนั้นจะเป็นผลผลิตที่ได้จากทรัพยากรภายในหรือภายนอกประเทศ ค่า **GDP** สามารถคำนวณได้ด้วยสมการต่อไปนี้

$$GDP = C + I + G + (X - M)$$

เมื่อ **C** แทนมูลค่าของการบริโภคของภาคเอกชนและประชาชน

I แทนมูลค่าของการลงทุนจากภาคเอกชนในสินค้าทุน

G แทนมูลค่าของการซื้อสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายของรัฐบาล

X แทนมูลค่าการส่งออกสินรวม

M แทนมูลค่าการนำเข้ารวม

(นิภาพันท์ พูนเสถียรทรัพย์, ม.ป.ป.)

อัตราการเติบโตของ GDP หรือ **GDP Growth** เป็นการวัดอัตราการเติบโตของ **GDP** โดยการเปรียบเทียบกับ **GDP** ของไตรมาสก่อนหน้าไตรมาสที่ต้องการวัด (**QoQ**) หรือ **GDP** ของไตรมาสเดียวกันในปีก่อนหน้าของปีที่ต้องการวัด (**YoY**) (Finvestory, 2564)

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

โครงการ เรื่อง การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์ของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการของรัฐบาลไทยที่ใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยแต่ละระลอก

1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทั่วไปของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนผู้ติดเชื้อในแต่ละวันและสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยในแต่ละระลอก โดยอาศัยข้อมูลจากองค์การอนามัยโลกและข้อมูลจากศูนย์บริหารสถานการณ์โควิด-19 (ศบค.) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงลักษณะทั่วไปของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และจำนวนประชากรไทย

ข้อมูล	ค่าของข้อมูล	แหล่งอ้างอิง
ระยะเวลาเฉลี่ยในการฟักตัวของเชื้อ	5.5 วัน	(WHO, 2020)
ระยะเวลาเฉลี่ยในการรับเข้ารักษาในโรงพยาบาลหรือกักตัว โดยเริ่มนับเมื่อเชื้อแสดงอาการ	1.72 วัน	(ศบค., 2564)
ระยะเวลาเฉลี่ยในการรักษา	16.4 วัน	(WHO, 2020)
อัตราการเสียชีวิต	0.803 %	(ศบค., 2564)
ประสิทธิภาพของหน้ากากอนามัยต่อการแพร่กระจายของเชื้อระหว่าง 2 บุคคลที่สวมหน้ากากอนามัย	79 %	(Wang Y et al, 2020)
จำนวนประชากรไทย	66,186,727 คน	(กรมการปกครอง, 2563)

โดย สมมติให้อัตราการแพร่เชื้อเมื่อสวมหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับอัตราการรับเชื้อเมื่อสวมหน้ากากอนามัยซึ่งมีค่าเท่ากับ $\sqrt{1-0.79} \approx 0.458$

1.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งประชากรไทยออกเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผู้ที่สามารถติดเชื้อได้และทำตามมาตรการ (S_C)

กลุ่มที่ 2 ผู้ที่สามารถติดเชื้อได้และไม่ทำตามมาตรการ (S_N)

กลุ่มที่ 3 ผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการของโรคและทำตามมาตรการ (E_C)

กลุ่มที่ 4 ผู้ที่ติดเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการของโรคและไม่ทำตามมาตรการ (E_N)

กลุ่มที่ 5 ผู้ที่ติดเชื้อที่มีการแสดงอาการของโรคและทำตามมาตรการ (I_C)

กลุ่มที่ 6 ผู้ที่ติดเชื้อที่มีการแสดงอาการของโรคและไม่ทำตามมาตรการ (I_N)

กลุ่มที่ 7 ผู้ที่ติดเชื้อที่ได้รับการรักษาหรือผู้ที่ต้องกักตัว (Q)

กลุ่มที่ 8 ผู้ที่ติดเชื้อที่รักษาหายแล้ว (R)

กลุ่มที่ 9 ผู้ที่ตายจากการติดเชื้อ (D)

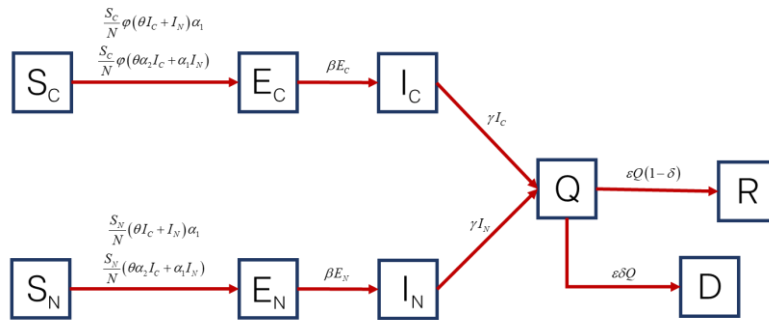
โดยกำหนดให้ผู้ที่ทำตามมาตรการสวมหน้ากากอนามัยทั้งก่อนและหลังการประกาศใช้มาตรการ และผู้ที่ไม่ทำตามมาตรการไม่สวมหน้ากากอนามัยทั้งก่อนและหลังการประกาศใช้มาตรการและยังมีอัตราการติดต่อเท่ากับก่อนประกาศมาตรการ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรก่อนประกาศมาตรการ ดังนี้

$$\begin{aligned}\frac{dS_C}{dt} &= -\frac{S_C}{N} \phi(\theta I_C + I_N) \alpha_1 & \frac{dI_C}{dt} &= \beta E_C - \gamma I_C \\ \frac{dS_N}{dt} &= -\frac{S_N}{N} (\theta I_C + I_N) \alpha_1 & \frac{dI_N}{dt} &= \beta E_N - \gamma I_N \\ \frac{dE_C}{dt} &= \frac{S_C}{N} \phi(\theta I_C + I_N) \alpha_1 - \beta E_C & \frac{dQ}{dt} &= \gamma(I_C + I_N) - \varepsilon Q \\ \frac{dE_N}{dt} &= \frac{S_N}{N} (\theta I_C + I_N) \alpha_1 - \beta E_N & \frac{dR}{dt} &= \varepsilon Q(1 - \delta) \\ \frac{dD}{dt} &= \varepsilon \delta Q\end{aligned}$$

และมีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรที่มีสมการเปลี่ยนแปลงหลังประกาศมาตรการ ดังนี้

$$\begin{aligned}\frac{dS_C}{dt} &= -\frac{S_C}{N} \phi(\theta \alpha_2 I_C + \alpha_1 I_N) & \frac{dE_C}{dt} &= \frac{S_C}{N} \phi(\theta \alpha_2 I_C + \alpha_1 I_N) - \beta E_C \\ \frac{dS_N}{dt} &= -\frac{S_N}{N} (\theta \alpha_2 I_C + \alpha_1 I_N) & \frac{dE_N}{dt} &= \frac{S_N}{N} (\theta \alpha_2 I_C + \alpha_1 I_N) - \beta E_N\end{aligned}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ข้างต้นสามารถเขียนในรูปของแผนผังได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงกลุ่มประชากรและความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มประชากรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงค่าของสัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าของข้อมูล
t	วันที่ในการแพร่ระบาด	-
N	จำนวนประชากรไทย	66,186,727 คน
α_1	อัตราการติดต่อก่อนประกาศมาตรการ	กำหนดเอง
α_2	อัตราการติดต่อก่อนประกาศมาตรการ	กำหนดเอง
$\frac{1}{\beta}$	ระยะเวลาเฉลี่ยในการฟักตัวของเชื้อ	5.5 วัน
$\frac{1}{\gamma}$	ระยะเวลาเฉลี่ยในการรับเข้ารักษาในโรงพยาบาลหรือกักตัว โดยเริ่มนับเมื่อมีการแสดงอาการของโรค	1.72 วัน
δ	อัตราการเสียชีวิต	0.803 %
$\frac{1}{\varepsilon}$	ระยะเวลาเฉลี่ยในการรักษา	16.4 วัน
φ	อัตราการรับเชื้อเมื่อสวมแมสก์	45.8 %
θ	อัตราการแพร่เชื้อเมื่อสวมแมสก์	45.8 %

1.3 คำนวณหาจำนวนผู้ติดเชื้อในแต่ละวันด้วยแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยจำลองสถานการณ์ให้ตรงกับสถานการณ์ในการแพร่ระบาดแต่ละระลอก และสมมติให้ทุกคนทำตามมาตรการ เพื่อหาอัตราการติดต่อก่อนแต่ละมาตรการที่ให้ค่า R-squared สูงที่สุด ทั้งก่อนและหลังการประกาศใช้มาตรการของรัฐบาล

1.4 คำนวณหาจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมและจำนวนวันที่มีการแพร่ระบาด โดยนำอัตราการติดต่อก่อนแต่ละมาตรการมาจำลองในสถานการณ์การแพร่ระบาดขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งมีผู้ติดเชื้อวันแรก 10 คน 100 คน และ 1,000 คน ตามลำดับ ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในข้อ 1.2 โดยมีเงื่อนไขของการคำนวณ ดังนี้

- 1) มีอัตราการติดต่อก่อนการประกาศใช้มาตรการเป็น 8.00
 - 2) ประกาศใช้มาตรการในวันที่ 14 ของการแพร่ระบาด
 - 3) กำหนดให้ทุกคนทำตามมาตรการ
 - 4) การดำเนินการตามมาตรการจะหยุดลงเมื่อมีผู้ติดเชื้อรายใหม่ในแต่ละวันน้อยกว่า 1 คน ติดต่อกันทั้งสิ้น 28 วัน
- และ 5) ภายในระยะเวลา 1 ปี

1.5 ศึกษาข้อมูลและคำนวณหา 1) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสำหรับผู้ป่วยแต่ละคน 2) รายได้ของประชาชนไทยต่อคนต่อวัน 3) การเติบโตของเศรษฐกิจขณะไม่มีการแพร่ระบาด และ 4) ผลกระทบทางเศรษฐกิจจากมาตรการในแต่ละระลอก โดยเลือกใช้อัตราการเติบโตของ GDP รายไตรมาส โดยอาศัยข้อมูลจากสำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) และธนาคารแห่งประเทศไทย (ธปท.) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงอัตราการเติบโตของ GDP รายไตรมาสในไตรมาสในช่วงที่มีการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 และช่วงที่ไม่มีการระบาด

ระลอกที่	ไตรมาส	อัตราการเติบโตของ GDP (% (QoQ))	แหล่งอ้างอิง
1	2/2653	-9.50	(สศช., 2564)
2	1/2564	0.20	(สศช., 2564)
3	2/2564	0.45	ประมาณค่า
ไม่มีการแพร่ระบาด	-	0.50	(สศช., 2563)

1.6 คำนวณผลตอบแทนของแต่ละมาตรการของรัฐบาลซึ่งประกอบด้วย 1) ผลกระทบทางเศรษฐกิจ โดยคำนวณจากผลรวมของ GDP ที่ได้ในแต่ละวันที่มีการดำเนินการตามมาตรการของรัฐบาลเทียบกับผลรวมของ GDP ที่ได้ในแต่ละวันในสภาวะปกติ ซึ่งคำนวณโดยใช้อนุกรมเรขาคณิต และ 2) ค่าใช้จ่ายของผู้ป่วยทั้งหมด โดยคำนวณจากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยสำหรับผู้ป่วยแต่ละคนรวมกับรายได้ที่เสียไปขณะที่ผู้ป่วยเข้ารับการรักษามีค่าประมาณ 59,618 บาท แล้วนำมาคูณกับจำนวนผู้ป่วยทั้งหมด

1.7 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ตอนที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการของรัฐบาล

2.1 คำนวณหาร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการที่มีค่าน้อยที่สุดที่ยังทำให้การควบคุมการแพร่ระบาดของแต่ละมาตรการสามารถทำได้ (จำนวนผู้ติดเชื้อรายใหม่ในวันที่ 14 หลังจากประกาศมาตรการมีค่าลดลง) ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในข้อ 1.2

2.2 เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการตัดสินใจของประชาชนในแต่ละมาตรการของรัฐบาลโดยใช้เกมกลยุทธ์ ซึ่งผลตอบแทนของประชาชนประกอบด้วย 1) ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่ได้รับ 2) ค่าใช้จ่ายในการทำตามมาตรการ 3) โทษจากการฝ่าฝืนมาตรการ และ 4) ความเสี่ยงในการติดเชื้อ เพื่อระบุปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการ

2.3 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

บทที่ 4 ผลการศึกษา

โครงการ เรื่อง การศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเกมกลยุทธ์ของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอน และได้ผลการศึกษา ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการของรัฐบาลไทยที่ใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทยแต่ละระลอก

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการติดต่อของแต่ละมาตรการที่ให้ค่า R-squared สูงที่สุด ทั้งก่อนและหลังการประกาศใช้มาตรการของรัฐบาล

ระลอกที่	อัตราการติดต่อ	
	ก่อนประกาศมาตรการ	หลังประกาศมาตรการ
1	9.650	1.020
2	9.903	1.998
3	8.019	2.866

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนผู้ติดเชื้อสะสมและจำนวนวันที่มีการแพร่ระบาด จากการจำลองการใช้มาตรการในสถานการณ์ที่กำหนด

มาตรการของ ระลอกที่	จำนวนผู้ติดเชื้อสะสม (คน)			จำนวนวันที่มีการแพร่ระบาด (วัน)		
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1	417	4,176	41,751	76	98	120
2	810	8,174	81,644	125	180	235
3	24,461	238,316	1,903,484	365	365	365

จากตารางที่ 4.2 พบว่ามาตรการของระลอกที่ 1 มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนผู้ติดเชื้อและจำนวนวันที่มีการแพร่ระบาดมากที่สุด ในขณะที่มาตรการของระลอกที่ 3 ไม่สามารถควบคุมการแพร่ระบาดให้หยุดลงภายใน 1 ปีได้และทำให้มีจำนวนผู้ติดเชื้อเป็นจำนวนมาก แต่เนื่องจากยังไม่ได้นำผลกระทบทางเศรษฐกิจมาพิจารณาด้วย ค่าที่ได้จึงยังไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกันได้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลตอบแทนของแต่ละมาตรการของรัฐบาลจากการจำลองการใช้
แต่ละมาตรการในสถานการณ์ที่กำหนด

มาตรการของ ระลอกที่	ผลตอบแทนของรัฐบาล (ล้านบาท)		
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1	-121,887.48	-219,709.95	-345,990.04
2	-12,353.16	-28,001.50	-53,696.07
3	-19,264.83	-32,013.58	-131,288.71

จากตารางที่ 4.3 พบว่ามาตรการของระลอกที่ 2 ทำให้ผลตอบแทนของรัฐบาลมีค่ามากที่สุด โดยที่มาตรการที่สามารถควบคุมการแพร่ระบาดได้ดีที่สุดจากมากไปน้อย คือ มาตรการของระลอกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่มาตรการที่ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจจากน้อยไปมาก คือ มาตรการของระลอกที่ 3 2 และ 1 ตามลำดับ ทำให้มาตรการของระลอกที่ 1 และ 3 สร้างผลตอบแทนของรัฐบาลได้น้อย เนื่องจากมีผลกระทบในบางด้านมากเกินไป ดังนั้นมาตรการของระลอกที่ 2 จึงมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ตอนที่ 2 ศึกษาปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการของรัฐบาล

ตารางที่ 4.4 แสดงร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการที่น้อยที่สุดที่ยังทำให้การควบคุมการแพร่ระบาด
ของแต่ละมาตรการสามารถทำได้

มาตรการของระลอกที่	ร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการ
1	95.28
2	97.86
3	มากกว่า 100.00

จากตารางที่ 4.4 พบว่าร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการที่น้อยที่สุดที่ยังทำให้การแพร่ระบาดยังสามารถควบคุมได้ คือ ร้อยละ 95.28 ร้อยละ 97.86 และมากกว่าร้อยละ 100 สำหรับมาตรการของระลอกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และเนื่องจากการจำลองได้สมมติให้ทุกคนทำตามมาตรการ เพราะไม่ทราบค่าที่แน่นอน ร้อยละที่แสดงนี้จึงเป็นร้อยละจากผู้ที่ทำตามมาตรการจริงในแต่ละระลอกแทน แสดงว่าในการใช้มาตรการของระลอกที่ 3 รัฐบาลจำเป็นต้องทำให้ประชาชนทำตามมาตรการมากกว่าที่เป็นอยู่เดิมเพื่อให้สามารถควบคุมการแพร่ระบาดได้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลตอบแทนจากการตัดสินใจของประชาชนในแต่ละมาตรการของรัฐบาล

กลยุทธ์ ของประชาชน	มาตรการของระลอก		
	1	2	3
ทำตาม	$-a_1 - c_1 - et_1$	$-a_2 - c_2 - et_2$	$-a_3 - c_3 - et_3$
ไม่ทำตาม	$-b_1 - d_1 - f$	$-b_2 - d_2 - f$	$-b_3 - d_3 - f$

- เมื่อ a_i แทน ผลกระทบทางเศรษฐกิจต่อคนเมื่อเลือกทำตามมาตรการของระลอก i
 b_i แทน ผลกระทบทางเศรษฐกิจต่อคนเมื่อเลือกไม่ทำตามมาตรการของระลอก i
 c_i แทน ความเสี่ยงในการติดเชื้อเมื่อเลือกทำตามมาตรการของระลอก i
 d_i แทน ความเสี่ยงในการติดเชื้อเมื่อเลือกไม่ทำตามมาตรการของระลอก i
 t_i แทน วันที่มีการแพร่ระบาดเมื่อใช้มาตรการของระลอก i
 e แทน ค่าใช้จ่ายในการทำตามมาตรการต่อวัน
 f แทน โทษจากการฝ่าฝืนมาตรการ

โดยเห็นได้ชัดว่า $b_i > a_i$ และ $d_i > c_i$ เนื่องจากการแพร่ระบาดของโรคมีความรุนแรงมากขึ้นเมื่อประชาชนเลือกไม่ทำตามมาตรการ และผลตอบแทนจากการแพร่ระบาดจะมีค่ามากที่สุดเมื่อทุกคนทำตามมาตรการ นั่นคือต้องให้กลยุทธ์เด่นของประชาชนคือการทำตามมาตรการ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อ $-a_i - c_i - et_i > -b_i - d_i - f$ ซึ่งสมมูลกับ $f > et_i - ((b_i - a_i) + (d_i - c_i))$ โดยรัฐบาลสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายในการทำมาตรการ (e) และโทษจากการฝ่าฝืนมาตรการ (f) ได้ ดังนั้นรัฐบาลจึงต้องกำหนดโทษจากการฝ่าฝืนมาตรการและค่าใช้จ่ายในการทำตามมาตรการให้สอดคล้องกับอสมการข้างต้น เพื่อให้เกิดผลของเกมที่ดีที่สุด

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ในประเทศไทย โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงจากแบบจำลอง SEIR พบว่า มาตรการที่ดีที่สุด คือ มาตรการที่รัฐบาลประกาศใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดระลอกที่ 2

และปัจจัยที่ส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลประกาศใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาด คือ การลดค่าใช้จ่ายในการทำตามมาตรการของประชาชนและการเพิ่มบทลงโทษจากการฝ่าฝืนมาตรการ

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

จากการศึกษาประสิทธิภาพของมาตรการในแต่ละระลอก พบว่าการให้ความสำคัญต่อผลกระทบด้านสาธารณสุขและด้านเศรษฐกิจมีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยที่มาตรการของระลอกที่ 2 เป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากมีผลกระทบต่อทั้งสองด้าน (ด้านสาธารณสุขและด้านเศรษฐกิจ) ไม่มากจนเกินไปและสร้างผลกระทบโดยรวมต่อประเทศน้อยที่สุด ในขณะที่มาตรการของระลอกที่ 1 แม้จะควบคุมการแพร่ระบาดได้ดีแต่ก็มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก และมาตรการของระลอกที่ 3 แม้จะสร้างผลกระทบต่อเศรษฐกิจน้อยแต่ก็ไม่สามารถควบคุมการแพร่ระบาดให้หยุดลงภายใน 1 ปีได้ ทำให้มีผู้ติดเชื้อเป็นจำนวนมากจนอาจเกินขีดจำกัดของระบบสาธารณสุขได้

ทั้งนี้ การเลือกใช้มาตรการขึ้นอยู่กับรัฐบาลว่าให้ความสำคัญแก่ด้านใดมากกว่า เช่น หากรัฐบาลเล็งเห็นว่าการลดจำนวนผู้ติดเชื้อและชีวิตของประชาชนมีความสำคัญมากกว่าด้านเศรษฐกิจ มาตรการของระลอกที่ 1 จะมีความเหมาะสมมากกว่า เป็นต้น

จากการศึกษาปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของมาตรการที่รัฐบาลใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาด พบว่ารัฐบาลยังสามารถควบคุมให้ประชาชนทำตามมาตรการด้วยแนวทางอื่น ๆ นอกเหนือจากการศึกษาข้างต้นได้ เช่น การสนับสนุนค่าใช้จ่ายทางด้านอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ประชาชนทำงานจากบ้านได้ การลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นของประชาชนและการประชาสัมพันธ์ขอความร่วมมือและให้ความรู้ที่ถูกต้องแก่ประชาชน เป็นต้น

นอกจากนี้บทลงโทษเมื่อประชาชนฝ่าฝืนมาตรการคว่ำใจอย่างทั่วถึงเท่าเทียมและประเมินจากความตั้งใจในการฝ่าฝืนด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ที่กระทำโดยประมาทได้รับบทลงโทษที่มากเกินไป และป้องกันไม่ให้ผู้ที่ตั้งใจฝ่าฝืนจริงได้รับบทลงโทษที่น้อยเกินไปหรือไม่ได้รับเลย และเมื่อให้ประชาชนทำตามมาตรการแล้ว รัฐบาลก็ควรต้องมีนโยบายในการตรวจหาโรคและรับผู้ป่วยที่มีความชัดเจนและมีประสิทธิภาพด้วย เพื่อให้การแพร่ระบาดของลงได้โดยเร็ว

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

5.3.1 ขาดข้อมูลร้อยละของผู้ที่ทำตามมาตรการจริงในแต่ละระลอกของการแพร่ระบาด

5.3.2 ยังไม่มีข้อมูลของอัตราการเติบโตของ GDP ในไตรมาส 2/2564 จึงต้องใช้ค่าจากการคาดการณ์แทนค่าจริง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ควรพิจารณาการนิเทศชันเพื่อป้องกันโรคร่วมกับการใช้มาตรการด้วยเพื่อให้ตรงกับสถานการณ์จริงในปัจจุบัน

5.4.2 ควรพิจารณาข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจอื่น ๆ เช่น อัตราการว่างงาน อัตราเงินเฟ้อและอัตราเงินฝืดประกอบกับอัตราการเติบโตของ GDP เพื่อให้การคำนวณผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจมีความแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กรกรณ์ย์ ชีวะตระกูลพงษ์. (ม.ป.ป.). ทฤษฎีเกมส์ (Game Theory) ตอนที่ 1. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก : [http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~kkornkar/micro%20II%20\(2008\)/Lecture_Note_1.pdf](http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~kkornkar/micro%20II%20(2008)/Lecture_Note_1.pdf).
- กรมการปกครอง. (2564). รวมประกาศจากราชกิจจานุเบกษา. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก : <http://report.dopa.go.th/covid19/ratchkitja.html>
- กรมควบคุมโรค. (2563). อินโฟกราฟฟิคสำหรับประชาชน. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก: <https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/info.php>
- นิภาพันธุ์ พุนเสถียรทรัพย์. (ม.ป.ป.). ทำไม? เราต้องรู้จัก GDP. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก : <https://www.scb.co.th/th/personal-banking/stories/why-we-must-know-gdp.html>
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2564). ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ไตรมาสที่ 1/2564. สืบค้นเมื่อ 11 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก : https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=5176&filename=QGDP_report
- Finvestory. (2564). GDP คืออะไร? ทำไม GDP เป็นตัวเลขที่ใช้วัดมูลค่าทางเศรษฐกิจ. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2564, สืบค้นจาก: <https://finvestory.com/what-is-gdp>
- Mahikul, W.; Chotsiri, P.; Ploddi, K.; Pan-ngum, W. Evaluating the Impact of Intervention Strategies on the First Wave and Predicting the Second Wave of COVID-19 in Thailand: A Mathematical Modeling Study. *Biology* 2021, 10, 80. <https://doi.org/10.3390/biology10020080>
- The Institute for Disease Modeling. (n.d.). SEIR and SEIRS models. Retrived July 26, 2021, from: <https://docs.idmod.org/projects/emod-hiv/en/model-seir.html>
- Wang Y, Tian H, Zhang L, et al. (2020). Reduction of secondary transmission of SARS-CoV-2 in households by face mask use, disinfection and social distancing: a cohort study in Beijing, China. *BMJ Glob Health*. 2020;5(5):e002794.
- Wei J, Wang L, Yang X. (2020). Game analysis on the evolution of COVID-19 epidemic under the prevention and control measures of the government. *PLoS ONE* 15(10):e0240961. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240961>
- World Health Organization. (2020). Coronavirus disease (COVID-19). Retrived July 21, 2021, from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus2019>