

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

“การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในประเทศไทย:
กรณีศึกษาของโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ”

รหัสโครงการ P-๑๓-๕๐๑๔๘

สัญญาเลขที่ F-CO-๒๕๕๗-๐๒๘

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณรักษ์ คุปเปอร์ มีโย

ทุนสนับสนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.)

ภายใต้การบริหารจัดการโครงการของ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างสมบูรณ์ด้วยทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ด้วยความกรุณาของ ศาสตราจารย์ นพ.ประเสริฐ เอื้อวรากุล ศาสตราจารย์ นพ.ไพบูลย์ สุริยะวงศ์ไพศาล รวมทั้งที่ปรึกษาโครงการ นพ.วิวัฒน์ พีรพัฒน์โกสิน ในการชี้แนะแนวทางการวิจัยและสนับสนุนให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปในทิศทางที่เป็นประโยชน์แก่ประชากรในประเทศในด้านการสาธารณสุขของไทย

คณะที่วิจัยทุกท่าน จากมหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกระทรวงสาธารณสุข ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.อรุณรักษ์ คุเปอร์ มีโย ดร. นพ.โสภณ เอี่ยมศิริถาวร ดร. นพ.จักรรัฐ พิทยาวงศ์อานนท์ ดร. นพ.ปณิธิ ชัมมวิริยะ คุณสมคิด คงอยู่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัชดา ปานงาม ดร.ปิยะ หาญวรงค์ชัย รองศาสตราจารย์ ดร.วิราวรรณ ชินวิริยสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐภัทร ชินวิริยสิทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล สลิวงส์ รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณพงษ์ เจริญโพธิ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรินทร์ โหมดขัง ได้ทำงานร่วมกันเป็นอย่างดีในการดำเนินงานโครงการวิจัยนี้ให้บรรลุเป้าหมาย การทำความเข้าใจถึงการป้องกันและควบคุมโรคติดต่ออุบัติใหม่และอุบัติซ้ำ โดยมุ่งเน้นไปที่การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในประเทศไทย: กรณีศึกษาของโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี และศึกษาแนวทางการป้องกันและควบคุมโรคที่เหมาะสม อันนำไปสู่ข้อเสนอในเชิงปฏิบัติการสาธารณสุข เพื่อลดผลกระทบจากการเกิดโรคดังกล่าว

คณะที่วิจัยทุกท่านขอขอบคุณ สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ที่สนับสนุนให้ทุนวิจัยและขอขอบคุณสำหรับแรงสนับสนุนในการบริหารจัดการโครงการ จากคุณมนต์ตา ธรรมศรัทธา คุณจิตติวรรณ เกิดสมบุญ และทีมงานทุกท่าน ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

**โครงการ “การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในประเทศไทย:
กรณีศึกษาของโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ”**

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคในประเทศไทย เริ่มในปี พ.ศ.2520 ผ่านโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค (Expanded Program on Immunization, EPI) เพื่อลดอุบัติการณ์และอัตราการเสียชีวิตจากโรคทั่วไปที่สามารถป้องกันได้ ในช่วงแรกความครอบคลุมต่ำมาก ประมาณร้อยละ 10-20 สำหรับวัคซีนของหลายโรค ต่อมาความครอบคลุมของวัคซีนได้เพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ.2543 ความครอบคลุมมากกว่าร้อยละ 90 ส่งผลให้อัตราการเกิดโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน (เช่น โรคคอตีบ โรคหัด และโรคหัดเยอรมัน) ในประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ

แม้ว่าความครอบคลุมของการให้วัคซีนภายใต้โครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคอยู่ในระดับสูง อัตราการเกิดโรคดังกล่าวอยู่ในระดับต่ำ แต่ยังมีการเกิดโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในบางพื้นที่ในช่วงเวลาต่างๆ ตัวอย่างเช่น มีการระบาดของโรคคอตีบในแปดจังหวัดในปี พ.ศ.2555 และมีการระบาดของโรคหัดเกิดขึ้นในเด็กทุก 3-4 ปี สาเหตุที่เป็นของการเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย มีหลายประการ ประการแรกคือการเคลื่อนย้ายประชากรโดยเฉพาะการอพยพของแรงงานที่เข้ามาทำงานในประเทศไทย ประการต่อมาคือ ความคุ้มครองที่เกิดขึ้นจากการฉีดวัคซีนต่ำ (ต่ำกว่าเกณฑ์ที่จะก่อให้เกิดภูมิคุ้มกันหมู่) ในกลุ่มเฉพาะ เช่น ในเด็กอายุต่ำกว่าห้าปีในบางพื้นที่ สาเหตุที่เป็นไปได้อีกประการคือ การลดลงของภูมิคุ้มกันผู้ใหญ่ การประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้ดังกล่าวข้างต้น จะช่วยให้เข้าใจถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง อันนำไปสู่การวางมาตรการที่มีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย

ในช่วงที่มีการระบาดของโรคคอตีบ ปี พ.ศ.2555 บริเวณพรมแดนระหว่างประเทศไทยและสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ก็มีการระบาดของโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ โดยมีอัตราป่วย 355 ต่อ 100,000 ผลการสอบสวนการระบาดครั้งนี้ระบุว่า น้ำและน้ำแข็งที่ปนเปื้อนเป็นสาเหตุของการติดเชื้อ จะเห็นได้ว่าในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยประสบกับการระบาดของโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ หลายครั้งในหลายพื้นที่ ส่งผลให้มีผู้ติดเชื้อหลายพันคน และเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลหลายร้อยราย โดยที่ในปัจจุบันวัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบนิดเอไม่รวมอยู่ในโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค

ในปัจจุบันมีผู้คนกว่า 3.5 ล้านคนที่ไม่ใช่สัญชาติไทยอาศัยอยู่ในประเทศไทย เหล่านี้รวมผู้อยู่อาศัยระยะยาวและเด็กที่อพยพย้ายถิ่นเกิดในประเทศไทย โดยประมาณ 3.1 ล้านคนเป็นแรงงานที่ทำงานในประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 8 ของแรงงานทั้งหมดของไทย เนื่องจากความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม ประเทศไทย

จึงเป็นจุดหมายปลายทางหลักสำหรับแรงงานผู้อพยพในภูมิภาคนี้ แรงงานข้ามชาติดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพเนื่องจากการเข้าถึงบริการสุขภาพขั้นพื้นฐานและสภาพความเป็นอยู่ที่ไม่ดี อย่างไรก็ตามก็มีข้อมูลเกี่ยวกับระดับภูมิคุ้มกันของแรงงานข้ามชาติกลุ่มนี้รวมไปถึงรูปแบบการติดต่อและการเคลื่อนไหวของกลุ่มประชากรแรงงานอพยพดังกล่าวที่ทำงานในประเทศไทยมีเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย

การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในบางพื้นที่ของประเทศไทย ก่อให้เกิดคำถามต่อไปนี้อะไรคือเหตุผลสำหรับการเกิดซ้ำของโรคเหล่านี้ การระบาดของโรคเหล่านี้จะขยายไปสู่พื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทยหรือไม่ จะมีวิธีการควบคุมได้อย่างไร ผู้ที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยประชากรไทยเองมีระดับภูมิคุ้มกันเพียงพอต่อการป้องกันการกลับมาเกิดซ้ำของโรคต่างๆ เช่น โรคคอตีบ โรคหัด และโรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอหรือไม

การศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาระบาดวิทยาและพลวัตรของการเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย 2) หาความชุกของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประชากรแรงงานอพยพในประเทศไทย 3) ศึกษารูปแบบการติดต่อและการเคลื่อนไหวของกลุ่มประชากรแรงงานอพยพที่ทำงานในประเทศไทย 4) ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในการแพร่ระบาดของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในกลุ่มผู้อพยพและคนไทย โดยคำนึงถึงผลกระทบของรูปแบบการเคลื่อนย้ายประชากรและเพื่อเสนอแนวทางการควบคุมที่เหมาะสม 5) ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินมิติการกระจายตัวของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติและประชากรไทย และ 6) ศึกษาต้นทุนประสิทธิผลของการดำเนินการรณรงค์ฉีดวัคซีนสำหรับประชากรผู้อพยพในประเทศไทย ผลลัพธ์สุดท้ายของโครงการทั้งหมดจะเป็นหลักฐานที่ภาคสาธารณสุขสามารถใช้ในการบรรเทาการป้องกันและควบคุมโรคได้

วัตถุประสงค์ที่ 1 เป็นการศึกษาทางระบาดวิทยาและพลศาสตร์ของการเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีน โดยศึกษาโรคหัด โรคหัดเยอรมัน โรคคางทูม (ป้องกันด้วยวัคซีน MMR ในโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค) และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ (ในปัจจุบันวัคซีนป้องกันไวรัสตับอักเสบนิดเอ ไม่รวมอยู่ในโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค)

วัตถุประสงค์ที่ 2 เป็นการศึกษาระดับความชุกของการมีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ ของกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานต่างด้าวในประเทศไทย การศึกษาความชุกของการมีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรค เป็นวิธีที่แม่นยำที่สุดในการตรวจสอบภูมิคุ้มกันของประชากรต่อโรคติดเชื้อหลายชนิด ข้อมูลเกี่ยวกับสัดส่วนของประชากรที่มีภูมิคุ้มกันหรือได้รับเชื้อที่เฉพาะเจาะจงเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการศึกษาทางระบาดวิทยา การประเมินโครงการสุขภาพ (เช่นการได้รับวัคซีน) และในการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์ที่ 3 เป็นการศึกษารูปแบบการติดต่อและการเคลื่อนไหวของกลุ่มประชากรแรงงานอพยพสามสัญชาติ (กัมพูชา พม่า และลาว) ที่ทำงานในประเทศไทย การระบาดของโรคติดเชื้อมีความซับซ้อนในสองลักษณะใหญ่ ๆ คือ ลักษณะของเชื้อก่อโรค และรูปแบบการเคลื่อนไหวและปฏิสัมพันธ์ของประชาชนที่จะเกิดโรค ในขณะที่ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของการติดต่อและการเคลื่อนไหวที่มีความเฉพาะเจาะจงในเชิงพื้นที่มีน้อยมาก ด้วยเหตุนี้บ่อยครั้งที่ข้อมูลของรูปแบบของการติดต่อและการเคลื่อนไหวจะถูกสมมติขึ้นอย่างเรียบง่ายในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (ขาดความสมจริง) เช่น การสมมติว่าประชากรทุกกลุ่มมีรูปแบบการติดต่อที่เหมือนกันและคงที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงต่อสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้จำเป็นต้องศึกษารูปแบบการติดต่อและการเคลื่อนไหวของกลุ่มประชากรแรงงานอพยพที่ทำงานในประเทศไทย เพื่อทราบถึงรูปแบบการเคลื่อนไหวและปฏิสัมพันธ์ของแรงงานอพยพว่าจะมีโอกาสก่อให้เกิดการติดเชื้อของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทยมากน้อยเพียงใด และเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์ที่ 4 และ 5 เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์กับโรคคอตีบและโรคหัด เพื่อแสดงให้เห็นถึงสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในการแพร่ระบาดของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนดังกล่าวได้ในหมู่แรงงานข้ามชาติและคนไทย โดยคำนึงถึงผลกระทบของรูปแบบการเคลื่อนย้ายประชากร และประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินรูปแบบกลยุทธ์การควบคุมโรคโดยใช้วัคซีน โดยเฉพาะการฉีดวัคซีนกระตุ้นภูมิในกลุ่มเสี่ยง

วัตถุประสงค์ที่ 6 เพื่อกำหนดประสิทธิภาพในการดำเนินการรณรงค์ฉีดวัคซีนสำหรับประชากรผู้อพยพในประเทศไทย โดยการนำผลการศึกษาของวัตถุประสงค์ที่ 1 ถึง 5 มาร้อยเรียงและทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลอุบัติการณ์ และความครอบคลุมการได้รับวัคซีนของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน (โรคคอตีบ โรคหัด โรคคางทูม โรคหัดเยอรมัน และ โรคไวรัสตับอักเสบบี) และนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญและทีมวิจัยเพื่อหาข้อเสนอกับที่เหมาะสมร่วมกัน ในเรื่องของการรณรงค์ฉีดวัคซีนป้องกันโรคดังกล่าวแก่คนไทย และ/หรือ แรงงานต่างชาติในประเทศไทย เพื่อป้องกันการติดเชื้อของโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย

โรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี ในกลุ่มคนไทยและประชากรข้ามชาติสามสัญชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558 มีขนาดและการกระจายตัวในระดับจังหวัดแตกต่างกัน เมื่อทำการวิเคราะห์จำนวนการเกิดโรคหัด และโรคหัดเยอรมัน ในระดับจังหวัดด้วยวิธี Negative binomial regression พบว่า การเกิดโรคหัด แปรผันตรงกับอัตราการเกิดของประชากรในจังหวัดนั้นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) แต่ไม่พบว่าจำนวนประชากรข้ามชาติสามสัญชาติมีผลต่อการเกิดโรค โดยที่ค่าความเร็วของการระบาดสูงสุดของโรคหัด, $\max R_t$, คือ 17.55 เป็นการระบาดในกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2555 ในขณะที่การเกิดโรคหัดเยอรมันในระดับจังหวัด ปัจจัยอัตราการเกิดและจำนวนประชากรข้ามชาติไม่มีผลกระทบต่อการเกิดโรคดังกล่าว ในส่วนของโรคคอตีบพบผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นผู้ใหญ่ที่เกิดก่อนหรือเกิดในช่วงต้นของแผนงานสร้าง

เสริมภูมิคุ้มกันโรค และเด็กที่ไม่ได้รับวัคซีนครบถ้วนตามเกณฑ์ซึ่งมักเป็นกลุ่มในพื้นที่ทุรกันดาร ในขณะที่โรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ มีลักษณะการระบาดชนิด outbreak และ endemic ในเฉพาะบางพื้นที่ ในกลุ่มคนไทยในบางปีเท่านั้น ในพื้นที่ endemic พบปัจจัยสิ่งแวดล้อมคือ น้ำดื่มที่ไม่สะอาดและส้วมที่ไม่ถูกสุขลักษณะมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์ของโรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ

ความชุกของระดับภูมิคุ้มกันในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งสามสัญชาติของโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ อยู่ในระดับสูง (คิดเป็นร้อยละ 86, 92, 75, และ 90 ตามลำดับ) ความต้องการรับบริการฉีดวัคซีนของประชากรสามสัญชาติมีสูง แต่ขาดความเข้าใจและการเข้าถึงบริการ จึงควรเพิ่มช่องทางการให้ความรู้และข้อมูลข่าวสารด้านโรคติดต่อ วัคซีนป้องกันโรค และประโยชน์ของการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคร่วมกับการเพิ่มการเข้าถึงบริการสาธารณสุขที่จำเป็นเหมาะสม

การศึกษารูปแบบการติดต่อสัมผัส พบว่า ร้อยละ 75 ของกลุ่มตัวอย่างอายุ 15-39 ปี ในประชากรทั้งสามสัญชาติ มีรูปแบบของการติดต่อสัมผัสของประชากรทั้งสามสัญชาติใกล้เคียงกัน ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับประเภทของงานซึ่งสะท้อนให้เห็นสถานที่ทำงาน กล่าวคือคนงานส่วนใหญ่ไม่ได้เดินทางไกลในช่วงวันทำงาน การเดินทางส่วนใหญ่เป็นการเดินทางระหว่างบ้านและสถานที่ทำงาน ประชากรทั้งสามสัญชาติมักจะเดินทางกลับไปยังประเทศตนเองมากที่สุดปีละหนึ่งครั้ง ในช่วงเทศกาลปีใหม่ไทยหรือตะวันตก

จากผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบ กรณีที่ประชากรที่ติดเชื้อที่มีการเคลื่อนย้าย พบว่าการเคลื่อนย้ายของประชากรมีผลต่อการแพร่กระจายของโรค โดยที่การเคลื่อนย้ายออกของประชากรจังหวัดใดๆ จะส่งผลให้ความชุกของโรคคอตีบในจังหวัดดังกล่าวลดลง แต่จะเพิ่มความชุกของโรคคอตีบและโรคหัดในจังหวัดใกล้เคียง และจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของโรคคอตีบ ได้แก่ อัตราการให้วัคซีนซึ่งต้องครอบคลุมการได้รับวัคซีนในกลุ่มเด็กและการสร้างภูมิคุ้มกันเสริมในกลุ่มเป้าหมาย ช่วงเวลาการให้วัคซีนของโรคคอตีบระหว่างสองเข็มต้องต่อเนื่องกัน และควรฉีดวัคซีนซ้ำทุก 10-12 ปี ในขณะที่อัตราการให้วัคซีนป้องกันโรคหัดต้องครอบคลุมการได้รับวัคซีนในกลุ่มเป้าหมายในเข็มที่หนึ่ง และช่วงเวลาการให้วัคซีนระหว่างสองเข็มต้องต่อเนื่องกันและควรห่างจากเข็มแรกไม่เกิน 2-4 ปี

Executive summary

Immunization was first practiced in Thailand in 1977 through the National Expanded Program on Immunization (EPI) with the aim of significantly reducing morbidity and mortality from common vaccine-preventable diseases. When first introduced the EPI program coverage level was very low: about 10-20 percent for many diseases. By 2000 vaccine coverage for nearly all vaccines in the EPI program was more than 90 percent. Consequently, rates of vaccine preventable diseases (such as diphtheria, measles, and rubella) in Thailand are very low.

Despite high vaccine coverage in Thailand, however, there has been a resurgence of some vaccine-preventable diseases. For example, there was a resurgence of diphtheria in eight provinces in 2012, and measles outbreaks occur among children every 3-4 years. There are a few possible explanations for the return of vaccine-preventable diseases in Thailand. The first possible reason is population movement, in particular migration to Thailand. Next is low immunization coverage (below the critical threshold) in particular locations among children aged less than five years old. The other possible reason for the resurgence is waning immunity in adults. An evaluation of these possible reasons for the resurgences would help us to identify effective measures to protect against a return of vaccine preventable diseases in Thailand.

During the period (2012) of the diphtheria outbreak, Bueng-Kan which is located at the border between Thailand and the Lao People's Democratic Republic, there was an outbreak of hepatitis A with a case rate of 355 per 100,000. Investigation of this outbreak suggested that contaminated water and ice were sources of infection. During the past decade Thailand has faced several major outbreaks of hepatitis A, which resulted in thousands of infected people and hundreds of hospitalizations. Currently, the hepatitis vaccine is not included in the EPI program.

There are more than 3.5 million persons without Thai nationality living in the country, including many long-term residents and children of migrants born in Thailand. The approximately 3.1 million migrants working in Thailand comprise about 8 per cent of the labour force. Because of Thailand's relative economic and social stability, it is a primary destination for many regional worker migrants. Those migrants are vulnerable to health risks due to limited or inadequate access to basic health services and poor living conditions. However, there is little or no data on the immunization coverage of this group as well as on their movement inside Thailand.

The resurgence of vaccine preventable diseases in some parts in Thailand raises the following questions. What are the reasons for these resurgences? Will the epidemics of these diseases expand to others part of Thailand? How can they be controlled? Is Thailand sufficiently protected against a return of vaccine preventable diseases such as diphtheria, measles, rubella, and hepatitis A?

In order to gain insights into the resurgence of vaccine preventable diseases in Thailand, this project propose to: 1) explore the epidemiology and dynamics of the resurgence of vaccine preventable disease epidemics in Thailand; 2) determine the seroprevalence of vaccine preventable diseases among migrant populations in Thailand; 3) determine contact and movement patterns of migrant populations in Thailand; 4) use mathematical models to demonstrate possible scenarios for the spread of vaccine preventable diseases among migrants and Thai nationals taking into account the effect of population movement patterns and to suggest optimal control strategies; 5) use mathematical models to evaluate the spatial dimension of vaccine preventable disease spread among migrants and the Thai population; and 6) determine the cost-effectiveness of implementing vaccination campaigns for the migrant population in Thailand. The end result of the whole project will be an evidence base which can be practically used by the public health sector for epidemic mitigation, prevention and control.

Objective 1 is an epidemiological and dynamical study of the resurgence of vaccine-preventable diseases. Using measles mumps rubella (vaccination against MMR vaccine in immunization program) and hepatitis A (at present, hepatitis A vaccine does not include in the EPI Program) as case studies.

Objective 2 is a study of serpravelance of preventable diseases among the migrant population in Thailand. Seroprevalence studies are the most accurate way to monitor population immunity to many infectious diseases. Data on the proportion of the population that is immune or has been infected with a specific virus have many important epidemiologic applications. These include the identification of susceptible groups in the population, the evaluation of health programs (e.g., vaccine uptake), and the use of these data in mathematical modeling studies.

Objective 3 is a study of contact pattern and population movement among migrant populations in Thailand. Epidemic outbreaks of infectious diseases are complex functions of both the characteristics of the pathogen and the movement and interaction patterns of the people. Data on the

pattern of contacts and movement are scarce and spatially specific. Often these components have been over-simplified in mathematical models by assuming closed populations for all groups and arbitrary fixed contact patterns. For example, assuming that all groups have identical behavior and fixed contact patterns. In order to achieve the objectives of this research project, it is necessary to study the patterns of contact and movement of migrant workers working in Thailand. The contact pattern and movement and interaction of migrant workers will bridge the knowledge gap and inform analysis about the chance of resurgence of vaccine-preventable disease in Thailand due to migrant workers. These data are one important input for mathematical models.

Objectives 4 and 5 apply mathematical models (for diphtheria and measles) to illustrate the possible scenarios of vaccine-preventable epidemics among migrants and Thais, taking into account the effects of population movement. The mathematical models are also used to evaluate vaccination strategies, especially, booster vaccine for the high risk groups.

Objectives 6 is to determine the effectiveness of implementing vaccination campaigns for the migrant population in Thailand. The findings of objectives 1-5 together with incidence and vaccine coverage of the vaccine-preventable diseases (diphtheria, measles, mumps, rubella, and hepatitis A) will be presented to experts and research teams to discuss the effectiveness of implementing vaccination campaigns for both the Thai population and the migrant population in Thailand.

The incidence of Diphtheria, measles, rubella and hepatitis A among Thai people and migrant workers (Cambodia, Burma and Laos) during the year 2004-2015 varies in magnitude and distribution at the provincial level. Analysing the cumulative incidence of measles, mumps, and rubella at provincial levels, using negative binomial regression models found an association between the birth rate and incidence of measles (p -value < 0.05) but no association between migrant workers and the incidence of measles. At the time of the study, the highest effective reproduction number for measles, $\max R_t$, was 17.55 in Bangkok in 2008. For rubella, there was no association between either birth rate or migrant workers and incidence of rubella. For diphtheria, most cases are those who were born before the EPI program or who were not fully immunized (living in hard to reach areas). For hepatitis A, there were outbreaks among Thai people in some years and some provinces there were endemic areas. The analysis suggested that environmental factors, particularly, untreated water and poor sanitation were associated with the incidence of hepatitis A.

The prevalence of immune levels from the sample migrant worker population (Cambodia, Burma and Laos) in Thailand for diphtheria, measles, rubella and hepatitis A were high (86, 92, 75, 90 percent respectively). While those in the migrant population tended to want to receive vaccinations, there was a lack of understanding about vaccine preventable diseases and limited access to the health services. Communication using their own languages for those migrant workers should improve the knowledge about the diseases and provide information for accessing health services.

The study of contact patterns and population movement among migrant populations found that 75 percent of contacts sampled were aged 15-39 years for all three nationalities. The contact patterns of migrant workers were similar. The contacts depended largely on the type of work which reflects the work place. As most people do not travel far during the working day, most trips were travelling between the home and work place. Most of the migrant workers travelled back to visit their home countries once a year, during the new year festival (Thai new year or international new year).

The results of mathematical models of diphtheria and measles, focusing on population movement, suggested that population movement has an impact on the spread of the disease. Movement between provinces would result in decreasing the prevalence of diphtheria or measles in outbreak provinces and increasing the prevalence of diphtheria or measles in nearby outbreak provinces. From the analysis of mathematical models of diphtheria, it was found that the key factor that affects the spread of diphtheria was vaccine coverage, including the rate of immunization coverage in children and booster immunization among target groups. The vaccine of diphtheria of all doses must follow the vaccine schedule and individuals should be vaccinated every 10-12 years (as booster immunization). The measles model results suggested that measles vaccination coverage of the first dose has to be high enough to gain a herd immunity level. The interval between the two vaccine doses should not be more than 2-4 years.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ข
Executive summary	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ณ
 วัตถุประสงค์ที่ 1 To explore the epidemiology and dynamics of the resurgence of the resurgence of vaccine preventable disease epidemics in Thailand “ระบาดวิทยาและพลวัตรของการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในประเทศไทย” Manuscript “รูปแบบอุบัติการณ์ และความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสบบีในประเทศไทย”	 1 3 23 45
 วัตถุประสงค์ที่ 2 To determine the seroprevalence of vaccine preventable diseases among migrant populations in Thailand “การศึกษาความชุกของการมีภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอของแรงงานข้ามชาติในประเทศไทย” (Manuscript)	 61 63
 วัตถุประสงค์ที่ 3 To determine contact and movement patterns of migrant populations in Thailand “Mixing contact pattern and population movement of migrant workers in the urban setting, Thailand” Manuscript	 85 87 97

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 4 To use mathematical models to demonstrate possible scenarios for the spread of vaccine preventable diseases among migrants and Thai nationals taking into account the effect of population movement patterns and to suggest optimal control strategies	111
“แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบและโรคหัด”	113
วัตถุประสงค์ที่ 5 To use mathematical models to evaluate the spatial dimension of vaccine preventable disease spread among migrants and the Thai population	169
“Mathematical Modeling of Diphtheria Transmission in Thailand”	171
Manuscript	187

สารบัญตาราง

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 1	
ตารางที่ 1 จำนวนแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติทั้งประเทศที่จดทะเบียนแรงงาน พ.ศ.2552-2556	6
ตารางที่ 2 จำนวนแรงงานข้ามชาติทั้งประเทศและการกระจายร้อยละแรงงาน ข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สบต.) ปี พ.ศ.2552-2558	7
ตารางที่ 3 จำนวนผู้ป่วยทุกโรคและกลุ่มโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน (MMR diseases) และ สัดส่วนจำนวนผู้ป่วย ระหว่างกลุ่มโรค MMR ต่อทุกโรคระหว่าง คนไทยและประชากรข้ามชาติ ในปี พ.ศ.2547-2558	11
ตารางที่ 4 จำนวนผู้ป่วยโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันทั้ง 12 ปี (พ.ศ.2547-2558) จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อปี และอัตราอุบัติการณ์เฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี ใน กลุ่มคนไทยและประชากรข้ามชาติ	12
ตารางที่ 5 10 จังหวัดแรกของโรคหัดที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด โดยแสดง จำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทยและประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558	13
ตารางที่ 6 10 จังหวัดแรกของโรคคางทูมที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด โดยแสดง จำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทยและประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558	14
ตารางที่ 7 10 จังหวัดแรกของโรคหัดเยอรมันที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด โดยแสดง จำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทยและประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558	15
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมัน กับปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อัตราการเกิด และ ค่าสัดส่วนระหว่าง จำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย (ใช้ค่าเฉลี่ยของจำนวนแรงงาน ข้ามชาติของแต่ละปีที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวรายเดือน)	16
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมัน กับปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อัตราการเกิด และ ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวน ประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย (ใช้ค่ามัธยฐานของจำนวน แรงงานข้ามชาติของแต่ละปีที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวรายเดือน)	20

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 1	
ตารางที่ 1 อุบัติการณ์โรคตับอักเสบบีของจังหวัดที่มีคะแนนรวม อุบัติการณ์สูงสุด 10 อันดับแรก ปี พ.ศ.2548 – 2557	50
ตารางที่ 2 ลักษณะทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมรายจังหวัดของประเทศไทย ปี 2543 และ ปี 2553	51
ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์ โรคตับอักเสบบีต่อแสนประชากรสะสมรายจังหวัดของประเทศไทย ปี 2543-2547 และ ปี 2553-2557	52
ตารางที่ 4 จังหวัด 5 อันดับแรกที่มีร้อยละครัวเรือนที่มีส้วมไม่ถูกสุขลักษณะมากที่สุด ปี 2553	52
ตารางที่ 5 ค่าความเร็วการระบาดเฉลี่ยของจังหวัดตัวอย่างที่มีรูปแบบการระบาดชนิด outbreak และ endemic ในประเทศไทย ปี 2548 - 2557	54
วัตถุประสงค์ที่ 2	
ตารางที่ 1 ระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนจำแนกตามประเทศปี 2558	65
ตารางที่ 2 จำนวนอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการ จำแนกตามประเภท ขนาด และที่ตั้งของสถานศึกษา	67
ตารางที่ 3 ข้อมูลด้านประชากรและสถานะสุขภาพของกลุ่มแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ	71
ตารางที่ 4 ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนของแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ	73
ตารางที่ 5 ความรู้ต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ	74
ตารางที่ 6 ความต้องการได้รับวัคซีนป้องกันโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ	75
ตารางที่ 7 เจตคติต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่รู้จัก วัคซีนป้องกันโรค (n=47)	76
ตารางที่ 8 ความสามารถในการเข้าถึงบริการได้รับวัคซีนของแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงคที่ 3	
ตาราง 1 สรุปผลการเก็บข้อมูลร่วมกันภายใต้สองโครงการย่อย 1) การตรวจหาภูมิคุ้มกัน 4 โรค และ 2) การศึกษารูปแบบการติดต่อสัมผัสในเขตจังหวัดปทุมธานีแบ่งตามลักษณะและขนาดของสถานที่	87
ตาราง 2 สรุปผลการเก็บข้อมูลรูปแบบการติดต่อสัมผัสในเขตจังหวัดปทุมธานีแบ่งเป็น 4 ลักษณะของงาน (โรงงานอาหาร, ตลาด, โรงงานชนิดอื่นๆ ได้แก่ ก่อสร้าง ชุบโลหะ คัดแยกขยะ เป็นต้น และ งานบ้าน)	88
ตาราง 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มแรงงานในโครงการ	91
ตาราง 4 แสดงข้อมูลการติดต่อสัมผัสทั่วไปของกลุ่มแรงงานในโครงการ	92
ตาราง 5 แสดงสถานที่ของการติดต่อสัมผัสของกลุ่มแรงงานในโครงการ	92
วัตถุประสงคที่ 4	
ตารางที่ 4.1.1 10 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคโควิด 100,000 ประชากรไทยสูงสุด ปี พ.ศ.2558	120
ตารางที่ 4.1.2 สัญลักษณ์ และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม	125
ตารางที่ 4.1.3 พารามิเตอร์ ความหมายและขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง	126
ตารางที่ 4.1.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้การศึกษาโรคโควิดปี 2558	131
ตารางที่ 4.1.5 สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม	139
ตารางที่ 4.1.6 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและปัตตานี	141
ตารางที่ 4.1.7 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและสงขลา	141
ตารางที่ 4.1.8 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและนราธิวาส	141
ตารางที่ 4.2.1 สัญลักษณ์ พารามิเตอร์และความหมายที่ใช้ในแบบจำลอง (4.2.1)	150
ตารางที่ 4.2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเชิงตัวเลขของแบบจำลอง (4.2.1)	152
ตารางที่ 4.2.3 จำนวนผู้ป่วย ความชุกของโรค ค่าพารามิเตอร์และ R_0^M ในแต่ละจังหวัด ปี 2558	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 4	
ตารางที่ 4.2.4 ความซุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้าย ประชากรระหว่างจังหวัดปราจีนบุรีและนครนายก	162
ตารางที่ 4.2.5 ความซุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้าย ประชากรระหว่างจังหวัดปราจีนบุรีและนครราชสีมา	162
ตารางที่ 4.2.6 ความซุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้าย ประชากรระหว่างจังหวัดปราจีนบุรีและสระแก้ว	163
ตารางที่ 4.2.7 ความซุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้าย ประชากรระหว่างจังหวัดปราจีนบุรีและฉะเชิงเทรา	163
วัตถุประสงค์ที่ 5	
ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในแบบจำลอง	173

สารบัญภาพ

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 1	
รูป 1 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดคางทูมและหัดเยอรมันต่อ 100,000 ประชากรไทย ระหว่างปี พ.ศ.2523-2558 (1980-2015) และจุดเวลาการให้วัคซีนป้องกันโรคหัด คางทูม และโรคหัดเยอรมัน	3
รูป 2 อัตราอุบัติการณ์รายปีของโรคหัด คางทูม หัดเยอรมัน ระหว่างคนไทย และประชากรข้ามชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2547-2558 (2004-2015)	12
รูป 3 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันรายจังหวัด ในคนไทย และประชากรข้ามชาติ ช่วงเวลา 12 ปี (พ.ศ.2547-2558)	17
รูป 4 อัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี ต่อ 1,000 ประชากร รายจังหวัดใน กลุ่มคนไทย ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558	18
รูป 5 ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย รายจังหวัดระหว่างปี พ.ศ.2547-2558	18
ภาพที่ 1 อุบัติการณ์โรคตับอักเสเบื้อต่อแสนประชากร 10 ปี จำแนกตามกลุ่มอายุ ประเทศไทย	49
ภาพที่ 2 อุบัติการณ์โรคตับอักเสเบื้อต่อแสนประชากร ประเทศไทย ปี 2548– 2557	50
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม	51
ภาพที่ 4 Epidemic curveโรคตับอักเสเบื้อ จำแนกรายจังหวัด	53
ภาพที่ 5 ค่าความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสเบื้อ จำแนกรายจังหวัด	54
วัตถุประสงค์ที่ 3	
ภาพ 1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลการติดต่อสัมผัสในสถานที่ต่างๆในจังหวัดปทุมธานี	88
ภาพ 2 การกระจายข้อของมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการ	89
ภาพ 3 การกระจายข้อของมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามเพศ	89
ภาพ 4 การกระจายข้อของมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามสัญชาติ	90
ภาพ 5 การกระจายข้อของมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามลักษณะของงาน	90
การกระจายข้อของมูลอายุมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน	
ภาพ 6 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสในภาพรวม	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 3	
ภาพ 7 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสแบ่งตามสัญชาติ	94
ภาพ 8 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสแบ่งตามลักษณะงาน	95
วัตถุประสงค์ที่ 4	
รูปที่ 1 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคคอตีบ ในช่วงปี พ.ศ.2546-2558	115
รูปที่ 2 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย ปี พ.ศ.2553	116
รูปที่ 3 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยในภาคใต้ ปี พ.ศ.2553 (แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)	116
รูปที่ 4 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย ปี พ.ศ.2555	117
รูปที่ 5 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยในภาคใต้ ปี พ.ศ.2555 (แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)	117
รูปที่ 6 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย โดยแบ่งตามภูมิภาค รวม 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	118
รูปที่ 7 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย รวม 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558 ในภาคใต้ (แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)	119
รูปที่ 8 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย แบ่งตามภาค ปี พ.ศ. 558	119
รูปที่ 9 10 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย สูงสุดปี พ.ศ.2558	120
รูปที่ 10 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	121
รูปที่ 4.1.6 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบที่มีการฉีดวัคซีน	124
รูปที่ 4.1.7 กราฟ Contour plot ของ R_{vac} ดูสมการ (4.1.2) เมื่อเปลี่ยนแปลง	128
ค่าอัตราการฉีดวัคซีน (φ) และอัตราที่วัคซีนเสื่อม (ε)	
รูปที่ 4.1.8 แสดงการเปรียบเทียบความชุกของโรคที่ได้จากข้อมูลจริงกับความชุกของโรคที่ได้จากแบบจำลอง	129

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 4	
รูปที่ 4.1.9 การการฉีดวัคซีนตามแผนที่ไม่มีการกระตุ้น ค่าพารามิเตอร์เป็นของ จังหวัดยะลา (ตารางที่ 4.1.4)	132
รูปที่ 4.1.10 การฉีดวัคซีนตามแผนที่มีการกระตุ้นทุก 10 ปี	133
รูปที่ 4.1.11 การฉีดวัคซีนตามแผนในช่วงอายุ 2-11 ปี	134
รูปที่ 4.1.12 การฉีดวัคซีนตามแผนในช่วงอายุ 2-11 ปี	135
รูปที่ 4.1.13 เปรียบเทียบการฉีดวัคซีนที่มีการกระตุ้น ทุก 10 ปี 12 ปี และ 13 ปี	136
รูปที่ 4.1.14 การฉีดวัคซีนตามแผนที่มีการกระตุ้นทุก 15 ปี	137
รูปที่ 4.1.13 แผนภาพแสดงแบบจำลองของโรคคอตีบที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากร ระหว่างพื้นที่	138
รูปที่ 4.2.1 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทย ระหว่างปี พ.ศ.2548 – 2558	143
รูปที่ 4.2.2 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัด โดยแบ่งตามภาค ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	143
รูปที่ 4.2.3 10 จังหวัดแรกที่มีจำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัดสูงสุดในภาคกลาง ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	144
รูปที่ 4.2.4 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทย แบ่งตามภาค ปี พ.ศ.2558	145
รูปที่ 4.2.5 8 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทยสูงสุด ปี พ.ศ.2558	145
รูปที่ 4.2.6 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	146
รูปที่ 4.2.7 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) แบ่งตามภาค ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558	146
รูปที่ 4.2.7 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่มีการฉีดวัคซีน	149
รูปที่ 4.2.8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความชุกของผู้ป่วยโรคหัดที่ได้จากข้อมูลจริง และข้อมูลพยากรณ์ ปี 2558	153
รูปที่ 4.2.9 กราฟ Contour plots แสดงค่า R_{vac}^M เมื่อเปลี่ยนแปลงการเสื่อม ของวัคซีน (ω) และประสิทธิภาพของวัคซีน (ε) โดยที่ $R_0^M = 13.1943$	156

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 4	
รูปที่ 4.2.10 เปรียบเทียบการฉีดวัคซีนห่างจากเข็มแรก 2 ปี และ 4 ปี	158
รูปที่ 4.2.11 การฉีดวัคซีนในช่วง 9 เดือน และ 2.5 ปี	159
รูปที่ 4.2.12 แผนภาพแสดงแบบจำลองของโรคหัดที่ประชากรมีการเคลื่อนย้ายระหว่างพื้นที่	160
วัตถุประสงค์ที่ 5	
รูปที่ M1 แบบจำลองของการระบาดของโรคคอตีบ	171
รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยสะสมต่อปี จากรายงาน 506 ของ สำนักโรคติดต่อควบคุมโรคกับจำนวนผู้ป่วยที่ได้จากแบบจำลอง	174
รูปที่ 2 อัตราการได้รับวัคซีน DTP 3 dose แรก (DTP3) สำหรับทารกของประเทศไทย ตั้งแต่ปี ค.ศ.1978 -2010	174
รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนของผู้ที่ไม่มีภูมิคุ้มกันเนื่องมาจากไม่เคยได้รับวัคซีน และ ไม่เคยป่วย (S) และผู้ที่มีภูมิคุ้มกันเนื่องมาจากภูมิคุ้มกันได้หายไป (S ₂)	175
รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน ดังนี้ $No = S + S_2$, Basic = V _p + R _p และ Full = V _f +R _f	176
รูปที่ 5 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนเพียงครั้งเดียว ในปี ค.ศ.2010 ด้วยอัตรา $\omega_b = 1/(10 \times 365) \text{ day}^{-1}$ เป็นเวลา 1 ปีหรือเทียบเท่ากับ ฉีดให้ประชากรจำนวน 4.9 ล้านคน ซึ่งหากคำนวณเป็นงบประมาณจะได้ว่า ถ้าให้วัคซีน Td 1 dose มีราคา 13.2 \$	177
รูปที่ 6 แสดงสัดส่วนของ S และ S ₂ กรณีที่มีการฉีดวัคซีนกระตุ้นในปี ค.ศ.2010	178
รูปที่ 7 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน จะเห็นว่าในปี ค.ศ.2010 ที่มีการฉีดวัคซีนทำให้สัดส่วนผู้ที่มีภูมิคุ้มกันสมบูรณ์ (Full) มีมากขึ้น ในขณะที่ผู้ที่ไม่มีความภูมิคุ้มกัน (No) มีจำนวนลดลง	178
รูปที่ 8 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนเพียงครั้งเดียว ในปี ค.ศ.2013	179
รูปที่ 9 เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยที่แสดงอาการรายปีสำหรับกรณีที่ฉีดวัคซีนกระตุ้น (booster dose) ในปี 2010 และ 2013	179

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
วัตถุประสงค์ที่ 5 รูปที่ 10 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนทุกๆ 10 ปี โดยเริ่มในปี ค.ศ.2010 ด้วย อัตรา $\omega_b = 1/(15 \times 365) \text{ day}^{-1}$ โดยใช้เวลาในการฉีด คราวละ 1 ปี หรือเทียบเท่ากับฉีดให้ประชากรจำนวน 3.35 (2010), 3.38 (2020), 3.45 (2030), 3.56 (2040), 3.68 (2050) ล้านคน ซึ่งหากคำนวณเป็นงบประมาณ จะได้ว่าถ้าให้วัคซีน Td 1 dose มีราคา 13.2 \$ รูปที่ 11 แสดงสัดส่วนของ S และ S₂ กรณีที่มีการฉีดวัคซีนกระตุ้นทุกๆ 10 ปี โดยเริ่ม ในปี 2010 จะเห็นว่า จำนวน S และ S₂ มีการลดลงเป็นระยะๆ เมื่อมีการฉีดวัคซีน รูปที่ 12 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน	180 181 181

วัตถุประสงค์ที่ 1

To explore the epidemiology and dynamics of the resurgence of vaccine preventable disease epidemics in Thailand

รายงานฉบับสมบูรณ์

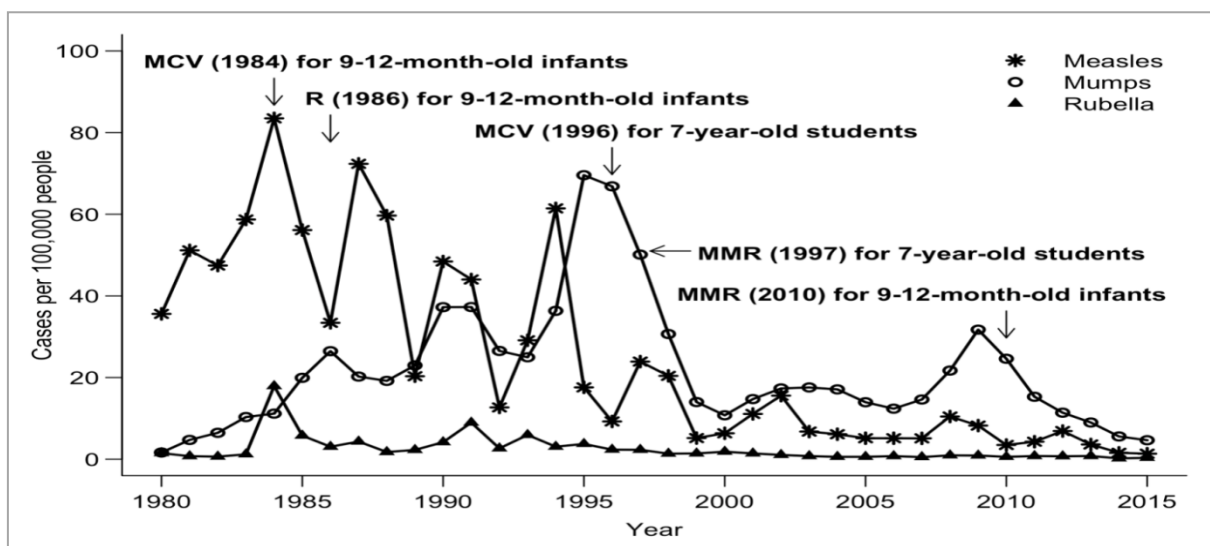
ระบาดวิทยาและพลวัตของการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในประเทศไทย

โดย นางสาว วรปรีดิ์ ตั้งสีฟ้า¹ และ รศ.ดร.อรุณรักษ์ คูเปอร์ มีใย²

^{1,2} ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. บทนำ

ประเทศไทยเริ่มโครงการการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคแห่งชาติ (National Expanded Program on Immunization :EPI) ตั้งแต่ปี พ.ศ.2520 โดยวัคซีนป้องกันโรคที่ครอบคลุมในปัจจุบัน ได้แก่ วัณโรค โปлио หัด คางทูม หัดเยอรมัน คอตีบ บาดทะยัก ไอกรน และตับอักเสบบี ทั้งนี้ระดับความครอบคลุมการได้รับวัคซีนครบถ้วนทุกโรคในโครงการ EPI program ในช่วงแรกอยู่ที่ 10-20% จนกระทั่งปี พ.ศ.2533 ความครอบคลุมการได้รับวัคซีนสูงกว่า 80%¹ [1-2] ในขณะที่โครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคหัด (MCV) เริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 (1984) จนเมื่อปี พ.ศ. 2540 (1997) เริ่มมีการใช้วัคซีนรวมโรคหัด-คางทูม-หัดเยอรมัน (MMR) ในรูป 1



รูป 1 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันต่อ 100,000 ประชากรไทย ระหว่างปี พ.ศ.2523-2558 (1980-2015) และจุดเวลาการให้วัคซีนป้องกันโรคหัด โรคคางทูม และโรคหัดเยอรมัน

จนกระทั่งกลุ่มโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนทุกโรค มีจำนวนการเกิดโรคในประเทศไทยลดลงอันเป็นผลสืบเนื่องจากโครงการดังกล่าว ทั้งนี้จากรายงานผู้ป่วยในระบบเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา (รายงาน 506) ในปี พ.ศ.2543 พบการเกิดโรคกลุ่มเหล่านี้อยู่ในระดับที่ต่ำ เมื่อระดับความครอบคลุมการได้รับวัคซีนสูงกว่า 90% [2]

อย่างไรก็ตาม หลังปี พ.ศ. 2547 เรายังคงพบการระบาดของโรคหัดในคนไทยเมื่อปี พ.ศ. 2551 และปี พ.ศ. 2555 ในขณะที่พบการระบาดครั้งใหญ่ของโรคคางทูมในปี พ.ศ.2552 ทั้งนี้ไม่พบการระบาดของโรคหัดเยอรมันในระดับประเทศ ตามรูป1

ถึงแม้ว่ากระทรวงสาธารณสุขได้มีการดำเนินงานโครงการการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน เพื่อเป้าหมายของประเทศในการกำจัดโรคดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการศึกษาค้นคว้า ในการทำความเข้าใจถึงสถานการณ์การเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในระดับจังหวัดของประเทศไทย ในกลุ่มคนไทยและประชากรข้ามชาติ พร้อมทั้งหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับประชากรไทยและประชากรข้ามชาติ อันจะเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการการควบคุม และป้องกันโรคในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสถานการณ์การเกิดโรครายจังหวัดทั้งในคนไทยและประชากรข้ามชาติระหว่างปี 2547-2558
2. หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรครายจังหวัดในช่วงเวลา 12 ปี (พ.ศ. 2547-2558)

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

ประชากรข้ามชาติ คือประชากรสัญชาติพม่า กัมพูชา และลาว ทุกกลุ่มอายุที่เข้ามาอยู่ในประเทศไทย ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก แรงงานข้ามชาติที่ขึ้นทะเบียนของสำนักงานแรงงานต่างด้าวได้แก่ แรงงานกลุ่มพิสูจน์สัญชาติ แรงงานที่นำเข้าจากประเทศต้นทางตาม MOU และแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติที่เข้าเมืองผิดกฎหมาย แต่ได้รับการผ่อนผันตามมติคณะรัฐมนตรี ส่วนกลุ่มที่สองคือ แรงงานข้ามชาติและผู้ติดตามที่จดทะเบียนที่ศูนย์บริการจดทะเบียนแรงงานต่างด้าว (One Stop Services: OSS)

4.ระเบียบวิธีวิจัย

4.1. ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบ Longitudinal study ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของจำนวนการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน รายจังหวัด ทั้งในคนไทยและประชากรข้ามชาติ จากรายงานในระบบเฝ้าระวังโรค (รายงาน 506) ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2547 จนถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2558 เพื่อศึกษาระบาดวิทยาของโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน โดยพิจารณาสถานการณ์การเกิดโรครายจังหวัด ทั้งในคนไทยและประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี 2547-2558 และศึกษาหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรครายจังหวัดในช่วง 12 ปี ในการศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนประชากรกลางปีรายปี แยกรายจังหวัดของคนไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2547-2558 อย่างไรก็ตาม เราไม่

ทราบจำนวนที่แน่นอนของประชากรข้ามชาติที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยระหว่างปีที่ทำการศึกษา ผู้วิจัยจึงได้ทำการประมาณจำนวนประชากรข้ามชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา และลาว) โดยใช้วิธีการประมาณจากข้อมูลหลายแหล่งระหว่างปี พ.ศ. 2553-2558 ซึ่งอ้างอิงหลักการประมาณจากงานวิจัยของอาจารย์ปัทมา ว่าพัฒนางค์และคณะ [3] โดยจำนวนประชากรข้ามชาติรายจังหวัดระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551 ใช้จำนวนเดียวกับปี 2552

4.1.1. การประมาณจำนวนประชากรข้ามชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา และลาว)

ประชากรข้ามชาติในที่นี้หมายถึง ประชากรสัญชาติพม่า กัมพูชา และลาว ทุกกลุ่มอายุที่เข้ามาอยู่ในประเทศไทย ทั้งที่เข้าเมืองมาโดยถูกกฎหมายและผิดกฎหมาย วิธีการประมาณแยกเป็น 2 ส่วน คือ การประมาณแรงงานข้ามชาติ และการประมาณประชากรที่ไม่ใช่แรงงาน ภายใต้ข้อสมมุติต่างๆ แล้วนำผลจากทั้งสองส่วนมารวมกัน มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. ศึกษาจำนวนแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) คงเหลือรายเดือนที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สบต.) กรมการจัดหางานกระทรวงแรงงานตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2558 ซึ่งประกอบด้วยแรงงานข้ามชาติ 3 กลุ่ม คือ แรงงานกลุ่มพิสูจน์สัญชาติ แรงงานที่นำเข้าจากประเทศต้นทางตาม MOU และ แรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติที่เข้าเมืองผิดกฎหมายแต่ได้รับการผ่อนผันตามมติคณะรัฐมนตรี ซึ่งเป็นข้อมูลการจดทะเบียนทำงานประเภทต่างๆ ของคนต่างด้าว (ไม่ใช่สัญชาติไทย) โดยทำการหาจำนวนแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติรายปีทั้งประเทศ ระหว่างปี 2553-2558 (ตารางที่ 1) เทากับ ค่าเฉลี่ย (mean) ของจำนวนแรงงานข้ามชาติรวมทั้ง 3 กลุ่มรายเดือนของปีนั้นๆ

ขั้นที่ 2. ประมาณจำนวนประชากรข้ามชาติรายปีทั้งประเทศ (แรงงานข้ามชาติและผู้ติดตามทุกกลุ่มอายุ) โดยใช้จำนวนแรงงานข้ามชาติรายปีที่ได้จากขั้นที่ 1 คูณกับ สัดส่วนร้อยละของประชากรข้ามชาติทั้งประเทศต่อจำนวนแรงงานข้ามชาติที่ทำงาน $(1,526,511 \ 1,257,476/1,068,124 \times 100)$ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสำมะโนประชากร เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ทั้งนี้ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของอาจารย์ปัทมา ว่าพัฒนางค์และคณะ [3] ที่กำหนดข้อสมมุติว่า สัดส่วนของแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติเมื่อเทียบกับประชากรข้ามชาติ 3 สัญชาติ ณ เวลานั้นเป็นเช่นเดียวกับสัดส่วนที่พบจากข้อมูลสำมะโนประชากร พ.ศ. 2553

ขั้นที่ 3. ศึกษาจำนวนประชากรข้ามชาติที่ไม่ใช่แรงงาน และไม่ได้อาศัยอยู่ในสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวในช่วงปี พ.ศ. 2552-2558 ซึ่งเป็นแรงงานข้ามชาติและผู้ติดตาม โดยทำการใช้ข้อมูลจากรายงานสรุปของศูนย์บริการจดทะเบียนแรงงานต่างด้าวแบบเบ็ดเสร็จ (OSS) เริ่มตั้งแต่ 26 มิถุนายน 2557 จนถึง 31 ตุลาคม 2557 เท่านั้น ทั้งนี้ได้อ้างอิงจากงานวิจัยของรศ.ดร. ปัทมา ว่าพัฒนางค์ และคณะ ที่กล่าวถึง การคาดประมาณจำนวนแรงงานข้ามชาติที่มาจดทะเบียนในครั้งนี้เป็นรายใหม่ ประมาณร้อยละ 90 และ อีกราวร้อยละ 10 เป็นแรงงาน

ข้ามชาติที่จดทะเบียนซ้ำ พบว่า การจดทะเบียนในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นแรงงานข้ามชาติ 1,533,675 คน (ในจำนวนนี้ 90% เป็นรายใหม่เท่ากับ 1,380,308 คน) และ ผู้ติดตามอีก 92,560 คน ดังนั้นมีจำนวนผู้ที่จดทะเบียนรายใหม่ที่ศูนย์บริการฯ ทั่วประเทศในปี มีทั้งสิ้น 1,472,868 คน ทั้งนี้ ภายใต้ข้อสมมติที่ว่า ประชากรกลุ่มนี้เป็นประชากรที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยมาก่อนปี พ.ศ. 2557 แต่ไม่เคยปรากฏในระบบทะเบียนอย่างเป็นทางการ ฉะนั้นจำนวนประชากรกลุ่มนี้ในช่วงปี พ.ศ.2552-2556 จะใช้เป็นจำนวนเดียวกับจำนวนในปี พ.ศ.2557 ดังกล่าว

ในขณะที่ช่วงปี พ.ศ.2558 แรงงานข้ามชาติและผู้ติดตามได้ทำการจดทะเบียนกับศูนย์บริการจดทะเบียนแรงงานต่างด้าวแบบเบ็ดเสร็จ (OSS) เป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,049,326 คน เป็นแรงงานข้ามชาติ 1,010,391 คน (ในจำนวนนี้ 90% เป็นรายใหม่เท่ากับ 909,352 คน) และ ผู้ติดตามอีก 38,935 คน ดังนั้น มีจำนวนผู้ที่จดทะเบียนรายใหม่ที่ศูนย์บริการฯ ทั่วประเทศในช่วงเวลาดังกล่าวทั้งสิ้น 948,287 คน

ขั้นที่ 4. ประมาณจำนวนประชากรข้ามชาติในแต่ละปีระหว่าง พ.ศ.2552-2558 โดยใช้จำนวนประชากรข้ามชาติรายปีที่ประมาณไว้ในขั้นที่ 2 รวมกับ จำนวนแรงงานต่างด้าวและผู้ติดตามรายปีที่จดทะเบียนที่ศูนย์บริการจดทะเบียนแรงงานต่างด้าวที่ประมาณไว้ในขั้นที่ 3 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติทั้งประเทศที่จดทะเบียนแรงงาน พ.ศ.2552-2556

ปีพ.ศ.	แรงงานข้ามชาติที่ จดทะเบียนกับสพด. ขั้นที่ 1	ประมาณประชากรข้าม ชาติ ขั้นที่ 2	ประชากรข้ามชาติที่ จดทะเบียนกับOSS ขั้นที่ 3	ประชากรข้าม ชาติ(รวม) ขั้นที่ 4
2552	845,373	1,208,166	1,472,868	2,681,034
2553	1,076,828	1,538,950	1,472,868	3,011,818
2554	1,221,727	1,746,033	1,472,868	3,218,901
2555	1,280,724	1,830,349	1,472,868	3,303,217
2556	1,023,036	1,462,073	1,472,868	2,934,941
2557	1,325,760	1,894,712	1,472,868	3,367,580
2558	1,284,943	1,836,378	948,287	2,784,665

ขั้นที่ 5. การกระจายจำนวนประชากรข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติ ตามรายจังหวัด ในแต่ละปี โดยพิจารณาตามสัดส่วนการกระจายร้อยละแรงงานข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติรายจังหวัดของจำนวนแรงงานข้ามชาติในปีนั้นๆ ที่จัด

ทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สบต.) ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้จำนวนประชากรข้ามชาติในปี พ.ศ. 2547-2551 จะใช้จำนวนเดียวกับจำนวนประชากรข้ามชาติที่ประมาณไว้ของปี พ.ศ.2552

ตารางที่ 2 จำนวนแรงงานข้ามชาติทั้งประเทศ และ การกระจายร้อยละแรงงานข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สบต.) ปีพ.ศ.2552-2558

จังหวัด	พ.ศ.2552	พ.ศ.2553	พ.ศ.2554	พ.ศ.2555	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
ทั่วราชอาณาจักร	845,373	1,076,828	1,221,727	1,280,724	1,023,036	1,325,760	1,284,943
กรุงเทพมหานคร	20.197	20.071	23.163	23.293	6.913	4.325	6.703
สมุทรปราการ	4.854	4.448	3.651	3.226	2.268	0.609	5.277
นนทบุรี	2.069	2.632	2.798	3.435	4.520	3.961	4.590
ปทุมธานี	3.283	2.877	4.225	4.482	6.428	7.708	9.846
พระนครศรีอยุธยา	0.828	0.695	0.793	0.863	1.126	0.866	0.925
อ่างทอง	0.114	0.108	0.115	0.104	0.171	0.141	0.091
ลพบุรี	0.254	0.400	0.515	0.693	0.752	0.564	0.662
สิงห์บุรี	0.091	0.101	0.098	0.092	0.095	0.064	0.071
ชัยนาท	0.088	0.084	0.086	0.081	0.075	0.070	0.071
สระบุรี	0.641	0.697	0.841	0.823	0.875	0.702	0.733
ชลบุรี	3.782	3.857	4.698	7.500	9.609	8.870	7.744
ระยอง	1.697	2.193	2.709	2.830	2.210	1.669	1.834
จันทบุรี	0.609	0.649	0.794	0.736	0.580	0.345	0.438
ตราด	1.326	1.085	1.372	1.519	1.304	0.827	0.606
ฉะเชิงเทรา	1.039	1.126	1.339	1.561	1.562	0.966	1.082
ปราจีนบุรี	0.309	0.305	0.389	0.393	0.424	0.341	0.472
นครนายก	0.257	0.268	0.253	0.299	0.416	0.380	0.413
สระแก้ว	0.266	0.197	0.316	0.366	0.136	0.087	0.048
นครราชสีมา	0.511	0.496	0.716	0.905	0.963	0.827	0.915
บุรีรัมย์	0.091	0.069	0.081	0.091	0.088	0.056	0.058
สุรินทร์	0.094	0.079	0.089	0.077	0.053	0.039	0.026
ศรีสะเกษ	0.073	0.055	0.047	0.026	0.026	0.016	0.021
อุบลราชธานี	0.188	0.122	0.126	0.107	0.043	0.061	0.074
ยโสธร	0.041	0.029	0.043	0.019	0.006	0.010	0.009
ชัยภูมิ	0.043	0.057	0.060	0.057	0.047	0.034	0.030

ตารางที่ 2 จำนวนแรงงานข้ามชาติทั้งประเทศ และ การกระจายร้อยละแรงงานข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สพด.) ปีพ.ศ.2552-2558 (ต่อ)

จังหวัด	พ.ศ.2552	พ.ศ.2553	พ.ศ.2554	พ.ศ.2555	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
อำนาจเจริญ	0.011	0.009	0.005	0.004	0.005	0.002	0.002
หนองบัวลำภู	0.049	0.036	0.033	0.024	0.008	0.010	0.009
ขอนแก่น	0.032	0.023	0.021	0.025	0.032	0.017	0.017
อุดรธานี	0.298	0.341	0.373	0.205	0.386	0.245	0.242
เลย	0.155	0.084	0.107	0.063	0.043	0.023	0.018
หนองคาย	0.158	0.114	0.110	0.100	0.039	0.032	0.032
มหาสารคาม	0.108	0.078	0.072	0.080	0.026	0.017	0.017
ร้อยเอ็ด	0.049	0.024	0.063	0.034	0.021	0.014	0.013
กาฬสินธุ์	0.060	0.045	0.055	0.047	0.029	0.021	0.020
สกลนคร	0.033	0.043	0.025	0.024	0.015	0.011	0.013
นครพนม	0.081	0.056	0.060	0.053	0.022	0.014	0.009
มุกดาหาร	0.118	0.094	0.089	0.079	0.016	0.012	0.009
เชียงใหม่	0.105	0.072	0.065	0.044	0.012	0.008	0.006
ลำพูน	5.398	5.130	4.798	4.722	3.964	4.961	6.388
ลำปาง	0.351	0.439	0.496	0.572	0.486	0.502	0.629
อุดรดิตถ์	0.108	0.104	0.105	0.091	0.146	0.150	0.197
แพร่	0.042	0.029	0.039	0.039	0.036	0.035	0.036
น่าน	0.055	0.057	0.036	0.044	0.051	0.057	0.047
พะเยา	0.057	0.062	0.050	0.045	0.026	0.014	0.012
เชียงราย	1.125	1.060	1.191	1.100	1.008	0.701	0.520
แม่ฮ่องสอน	0.144	0.109	0.103	0.066	0.061	0.063	0.073
นครสวรรค์	0.377	0.397	0.400	0.415	0.398	0.382	0.528
อุทัยธานี	0.039	0.045	0.045	0.023	0.032	0.028	0.029
กำแพงเพชร	0.393	0.402	0.372	0.374	0.343	0.285	0.315
ตาก	3.566	3.697	2.850	1.542	0.238	4.447	2.348
สุโขทัย	0.037	0.039	0.047	0.055	0.062	0.056	0.055
พิษณุโลก	0.110	0.111	0.104	0.056	0.127	0.177	0.244
พิจิตร	0.136	0.157	0.223	0.085	0.083	0.054	0.031

ตารางที่ 2 จำนวนแรงงานข้ามชาติทั้งประเทศ และ การกระจายร้อยละแรงงานข้ามชาติทั้ง 3 สัญชาติที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (สบต.) ปีพ.ศ.2552-2558 (ต่อ)

จังหวัด	พ.ศ.2552	พ.ศ.2553	พ.ศ.2554	พ.ศ.2555	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
เพชรบูรณ์	0.208	0.222	0.268	0.251	0.338	0.191	0.268
ราชบุรี	1.941	1.716	1.770	1.814	2.474	1.914	1.899
กาญจนบุรี	1.409	1.252	0.844	0.967	1.235	1.109	1.373
สุพรรณบุรี	0.626	0.582	0.569	0.638	0.848	0.463	0.463
นครปฐม	2.982	2.708	1.706	1.327	3.286	2.341	3.395
สมุทรสาคร	13.083	11.997	9.332	7.913	3.279	13.936	11.680
สมุทรสงคราม	0.658	0.702	0.715	0.618	0.795	0.671	0.682
เพชรบุรี	0.377	0.399	0.400	0.882	0.415	0.515	1.080
ประจวบคีรีขันธ์	1.243	1.509	1.729	1.671	1.847	1.320	1.304
นครศรีธรรมราช	0.656	0.642	0.535	0.300	1.117	1.184	1.459
กระบี่	0.402	0.419	0.760	0.718	0.790	0.899	1.147
พังงา	1.764	1.902	1.474	0.700	2.978	1.778	1.786
ภูเก็ต	4.249	4.852	1.959	2.102	8.963	6.305	1.911
สุราษฎร์ธานี	4.979	5.593	4.713	6.195	11.632	8.629	4.678
ระนอง	3.596	3.890	2.966	3.081	4.394	3.927	3.871
ชุมพร	1.656	2.167	3.312	2.199	2.265	1.890	1.669
สงขลา	2.950	2.589	3.809	3.049	3.113	5.498	4.792
สตูล	0.474	0.507	0.537	0.665	0.769	0.577	0.652
ตรัง	0.026	0.021	0.058	0.047	0.034	0.012	0.025
พัทลุง	0.278	0.221	0.541	0.530	0.320	0.290	0.337
ปัตตานี	0.188	0.192	0.282	0.364	0.224	0.267	0.171
ยะลา	0.035	0.091	0.126	0.109	0.188	0.187	0.233
นราธิวาส	0.110	0.111	0.104	0.056	0.127	0.177	0.244

4.2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการศึกษา

ในการอธิบายถึงสถานการณ์การเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในคนไทยและประชากรข้ามชาติระหว่าง พ.ศ.2547-2558 ผู้ศึกษาได้ใช้สถิติการวิจัยดังนี้

1. อัตราอุบัติการณ์รายปีของแต่ละโรคต่อประชากรกลางปี 100,000 คน โดยแยกตามกลุ่มประชากรไทยและประชากรข้ามชาติ

2. เปรียบเทียบภาพรวมของการเกิดโรคทั้ง 3 โรค ระหว่างคนไทยและประชากรข้ามชาติที่อาศัยในแต่ละจังหวัด ด้วยอัตราอุบัติการณ์อย่างหยาบเฉลี่ยในช่วง 12 ปี ระหว่าง พ.ศ.2547-2558 (Average crude incidence rate) ต่อประชากร 100,000 คนโดยใช้จำนวนประชากรกลางปีเฉลี่ยรายจังหวัดระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

3. จัดอันดับ 10 จังหวัดแรกที่พบการเกิดโรคสูงที่สุดในช่วง 12 ปี ของโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในคนไทยและประชากรข้ามชาติ มีวิธีการดังนี้

3.1 บันทึกจำนวนผู้ป่วยรายปีทั้งคนไทยและประชากรข้ามชาติที่พบในแต่ละจังหวัด ระหว่างปี 2547-2558

3.2 เรียงลำดับจำนวนการเกิดโรครายจังหวัดในแต่ละปีจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด และกำหนดให้ตัวเลขลำดับที่ 1 แก่จังหวัดที่พบจำนวนการเกิดโรคมากที่สุดในปีนั้นๆ เรียงลำดับไปเรื่อยๆ จนถึงจังหวัดที่มีจำนวนการเกิดโรคน้อยที่สุดในปีนั้นๆ

3.3 กำหนดตัวเลขลำดับที่ของแต่ละจังหวัดตามขั้นที่ 3.2 ให้ครบทั้ง 12 ปีที่ทำการศึกษา จากนั้นในแต่ละจังหวัด เราคำนวณหาคะแนนจากผลรวมของส่วนกลับของตัวเลขลำดับที่ในแต่ละปี ที่กำหนดไว้

3.4 จากนั้นเรียงค่าคะแนนของแต่ละจังหวัดที่คำนวณในขั้นที่ 3.3 จากมากไปหาน้อย ซึ่ง 10 จังหวัดแรกที่มีคะแนนมากที่สุด ก็คือจังหวัดที่พบการเกิดโรคมากที่สุดในช่วงระหว่างปี 2547-2558

4. การหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันทั้งในคนไทยและประชากรข้ามชาติในแต่ละจังหวัด ในช่วง 12 ปี (พ.ศ.2547-2558) ด้วยวิธีการทางสถิติ Negative binomial regression โดยปัจจัยสนใจศึกษาครั้งนี้ในรายจังหวัด ได้แก่ อัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี และ ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย ซึ่งการทดสอบทางสถิติใช้ Pearson's chi square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ด้วยโปรแกรม MASS in R package version 7.3-45. [4]

ทั้งนี้ข้อมูลจำนวนการเกิดมีชีพในรายงานสถิติสาธารณสุข 2547-2558 ของสำนักนโยบายและยุทธศาสตร์กระทรวงสาธารณสุข นำไปใช้คำนวณหาอัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี คำนวณจากจำนวนการเกิดมีชีพรายจังหวัดของคนไทยในช่วง 12 ปี (พ.ศ. 2547-2558) ต่อจำนวนประชากรกลางปีเฉลี่ย 1,000 คนในพื้นที่แต่ละจังหวัด สำหรับค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทยในแต่ละจังหวัด คำนวณจาก จำนวนประชากรข้ามชาติเฉลี่ยที่ประมาณในช่วง 12 ปี หารด้วยจำนวนประชากรกลางปีเฉลี่ยของคนไทย ในช่วงเวลาเดียวกัน

5. ผลการศึกษา

5.1 สัดส่วนร้อยละของจำนวนการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน (MMR diseases) ต่อจำนวนการเกิดโรคทุกโรคระหว่างคนไทยและประชากรข้ามชาติ ในปี พ.ศ. 2547-2558

เมื่อพิจารณาสัดส่วนการเกิดโรค MMR ต่อทุกโรคในคนไทย และในประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี 2547-2558 ในตารางที่ 3 พบว่าการเกิดโรค MMR ในคนไทยไม่ถึง 1% ของการเกิดโรคทุกโรคระหว่างปี 2547-2558 และสัดส่วนการเกิดโรค MMR ต่อทุกโรคในประชากรข้ามชาติ สูงกว่าสัดส่วนในคนไทยทุกปี ยกเว้นปี 2551 และ 2552 พบการเกิดโรคสัดส่วนดังกล่าวของคนไทย มีค่าสูงสุด ในปี 2008-2009 เท่ากับ 0.89% และ 0.98%

ตารางที่ 3 จำนวนผู้ป่วยทุกโรคและกลุ่มโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน (MMR diseases) และ สัดส่วนจำนวนผู้ป่วย ระหว่างกลุ่มโรค MMR ต่อทุกโรคระหว่างคนไทยและประชากรข้ามชาติ ในปี พ.ศ.2547-2558

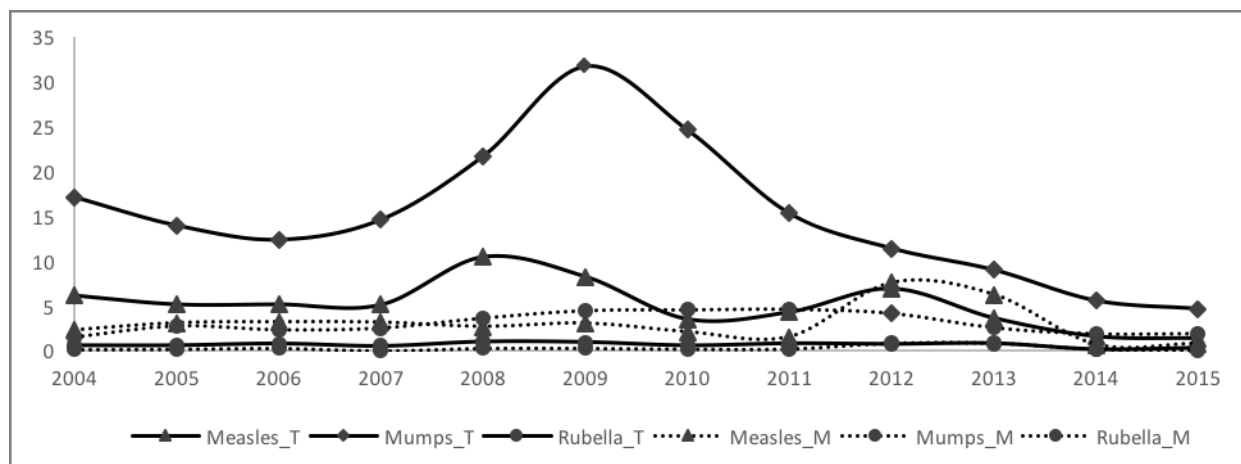
ปี พ.ศ.	All disease case		MMR cases		Measles cases		Mumps cases		Rubella cases		MMR / All	MMR / All
	Thai	Migrants	Thai	Migrants	Thai	Migrants	Thai	Migrants	Thai	Migrants	Thai (%)	Migrants (%)
2547	1,966,700	n/a	14,910	112	3,835	65	10,702	43	373	4	0.76	n/a
548	2,077,682	21,016	12,268	172	3,205	88	8,688	79	375	5	0.59	0.82
2549	2,337,470	25,755	11,466	165	3,225	91	7,757	66	484	8	0.49	0.64
2550	2,313,111	24,536	12,773	162	3,224	90	9,211	72	338	0	0.55	0.66
2551	2,366,434	25,997	20,958	188	6,616	76	13,734	104	608	8	0.89	0.72
2552	2,652,582	30,365	25,960	223	5,234	87	20,142	128	584	8	0.98	0.73
2553	2,786,877	32,689	18,290	178	2,230	54	15,681	119	379	5	0.66	0.54
2554	2,579,144	30,807	13,093	205	2,759	49	9,826	149	508	7	0.51	0.67
2555	2,516,378	32,093	12,250	299	4,445	180	7,331	99	474	20	0.49	0.93
2556	2,693,594	35,559	8,676	224	2,344	145	5,817	59	515	20	0.32	0.63
2557	2,699,079	26,744	4,799	71	1,028	17	3,628	49	143	5	0.18	0.27
2558	2,476,459	32,935	4,195	64	893	18	3,051	44	233	2	0.17	0.19

5.2 อัตราอุบัติการณ์เฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี (Annualized crude notification rates) ของโรค MMR ในคนไทยและประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

จากตารางที่ 4 แสดงภาพรวมในช่วง 12 ปี พบว่า อัตราอุบัติการณ์เฉลี่ยต่อปีของคนไทยสูงกว่าในประชากรข้ามชาติ ประมาณ 5.2 เท่าในโรคคางทูม 2.44 เท่าในโรคหัดเยอรมัน และ 1.85 เท่าในโรคหัด เมื่อพิจารณาการเกิดโรค MMR รายปี ในคนไทยและประชากรข้ามชาติ ตามรูปที่ 2 พบว่า การระบาดของโรคคางทูม ในคนไทยเกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2552 ส่วนอัตราอุบัติการณ์รายปีโรคหัดเยอรมันในคนไทยสูงกว่าประชากรข้ามชาติ ยกเว้นในช่วงปี พ.ศ.2555-2557 ที่มีอัตราอุบัติการณ์ต่อแสนประชากรใกล้เคียงกัน และอัตราอุบัติการณ์รายปีโรคหัดในประชากรข้ามชาติสูงกว่าคนไทยในปี พ.ศ. 2555-2556

ตารางที่ 4 จำนวนผู้ป่วยโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันทั้ง 12 ปี (พ.ศ.2547-2558) จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อปี และอัตราอุบัติการณ์เฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี ในกลุ่มคนไทยและประชากรข้ามชาติ

	Average- population, 2004-2015	Reported cases, 2004-2015			Annualized crude notification rate (per 100,000 population)		
		Measles	Mumps	Rubella	Measles	Mumps	Rubella
Thai	63,675,298	39,038	115,568	5,014	5.11	15.12	0.66
Migrants	2,892,277	960	1,011	92	2.77	2.91	0.27
Thai & Migrants	66,567,575	39,998	116,579	5,106	5.01	14.59	0.64



รูป 2 อัตราอุบัติการณ์รายปีของโรคหัด คางทูม หัดเยอรมัน ระหว่างคนไทย และประชากรข้ามชาติ ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2547-2558 (2004-2015)

5.3 เมื่อพิจารณาภาพรวมของจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน ในระดับจังหวัด ในช่วง 12 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2558 ตามตารางที่ 5-7 พบว่า 10 จังหวัดแรกที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยของโรคหัด คาง

หุ้ม และหัดเยอรมันในคนไทยและประชากรข้ามชาติดังตารางที่ 5 ตามลำดับซึ่งจะเห็นว่า จังหวัดที่พบการเกิดโรคทั้ง 3 โรคมากที่สุด เป็นหนึ่งใน 10 อันดับแรก ได้แก่ นครราชสีมา เชียงใหม่ และสงขลา ส่วนจังหวัดที่พบการเกิดทั้งโรคหัด และหัดเยอรมันมากที่สุด เป็นหนึ่งใน 10 อันดับแรก ได้แก่ กรุงเทพมหานคร และชลบุรี ในขณะที่จังหวัดที่พบการเกิดทั้งโรคหัด และคางทูมมากที่สุดเป็นหนึ่งใน 10 อันดับแรก คือ บุรีรัมย์

ตารางที่ 5 10 จังหวัดแรกของโรคหัดที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด แสดงจำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทยและประชากรข้ามชาติ (Total) และวงเล็บด้วยจำนวนผู้ป่วยที่เป็นประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

Provinces	score	Annual measles case												Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Bangkok	7.513	76	177	308	153	703	553	98	236	250	154	73	100	2,881 (25)
Chon Buri	4.178	58	37	127	124	340	501	138	105	305	430	44	54	2,263 (140)
Nakhon Ratchasima	3.535	235	133	97	65	273	206	121	124	380	84	36	65	1,819 (0)
Pattani	3.240	75	174	59	197	276	209	86	200	447	41	29	12	1,805 (2)
Narathiwat	3.022	147	151	39	211	605	258	41	138	388	51	45	29	2,103 (1)
Yala	2.343	159	51	31	323	188	97	41	166	265	10	15	1	1,347 (0)
Buri Ram	1.876	66	18	50	102	85	205	84	95	134	168	71	53	1,131 (0)
Chiang Mai	1.982	109	99	61	101	675	154	115	89	177	90	23	20	1,713 (67)
Surat Thani	1.524	69	37	43	55	68	40	12	24	55	54	82	12	551 (10)
Songkhla	1.413	174	48	34	114	148	51	75	44	111	53	38	21	911 (13)
Thailand		3,900	3,293	3,316	3,314	6,692	5,321	2,284	2,808	4,625	2,489	1,045	911	39,998

ตารางที่ 6 10 จังหวัดแรกของโรคคางทูมที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด แสดงจำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทยและประชากรข้ามชาติ (Total) และวงเล็บด้วยจำนวนผู้ป่วยที่เป็นประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

Provinces	score	Annual mumps case												Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Chiang Rai	6.218	369	259	221	392	859	978	831	461	485	335	199	246	5,635 (119)
Songkhla	3.976	148	372	199	660	691	419	270	148	232	532	171	80	3,922 (21)
Nakhon Ratchasima	3.540	448	368	215	178	612	1481	959	484	205	129	116	110	5,30 (2)
Chiang Mai	2.661	193	185	171	142	700	729	627	389	327	180	138	131	3,912 (86)
Si Sa Ket	2.630	439	335	860	585	460	254	220	142	158	81	78	106	3,718 (5)
Buri Ram	2.275	195	180	133	255	218	654	1439	566	225	143	115	92	4,215 (1)
Udon Thani	2.076	310	461	234	319	326	744	345	159	108	63	58	58	3,185 (0)
Nakhon Si Thammarat	1.657	301	270	204	334	489	321	154	129	254	321	122	97	2,996 (3)
Roi Et	1.533	612	301	126	80	98	160	240	140	82	55	39	37	1,970 (0)
Khon Kaen	1.492	244	235	151	193	278	916	658	203	178	113	82	108	3,359 (2)
Thailand		10,745	8,767	7,823	9,283	13,838	20,270	15,800	9,975	7,430	5,876	3,677	3,095	116,579

ตารางที่ 7 10 จังหวัดแรกของโรคหัดเยอรมันที่มีคะแนนจำนวนผู้ป่วยสูงสุด แสดงจำนวนผู้ป่วยรายปีรวมคนไทย และประชากรข้ามชาติ (Total) และวงเล็บด้วยจำนวนผู้ป่วยที่เป็นประชากรข้ามชาติ ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

Provinces	score	Annual rubella case													Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Bangkok	10.833	51	57	108	61	120	106	32	78	89	73	30	45	850 (9)	
Samut Prakan	3.384	8	11	10	21	52	63	34	47	18	12	7	6	289 (2)	
Chon Buri	2.762	8	11	8	22	44	28	24	41	22	13	2	13	236 (7)	
Rayong	2.662	16	12	8	14	25	38	13	11	21	21	17	6	202 (5)	
Nakhon Ratchasima	2.525	16	12	12	11	15	13	26	13	26	27	3	17	191 (0)	
Phetchaburi	2.498	1	6	14	0	8	7	57	10	59	11	1	1	175 (21)	
Chiang Mai	1.995	10	8	11	6	20	14	14	9	21	27	8	10	158 (1)	
Nakhon Pathom	1.902	22	38	11	9	22	5	5	10	8	4	1	6	141 (1)	
Songkhla	1.765	26	14	13	9	8	10	6	5	5	8	0	1	105 (0)	
Pathum Thani	1.738	5	4	6	5	7	6	5	6	8	19	15	19	105 (4)	
Thailand		377	380	492	338	616	592	384	515	494	535	148	235	5,106	

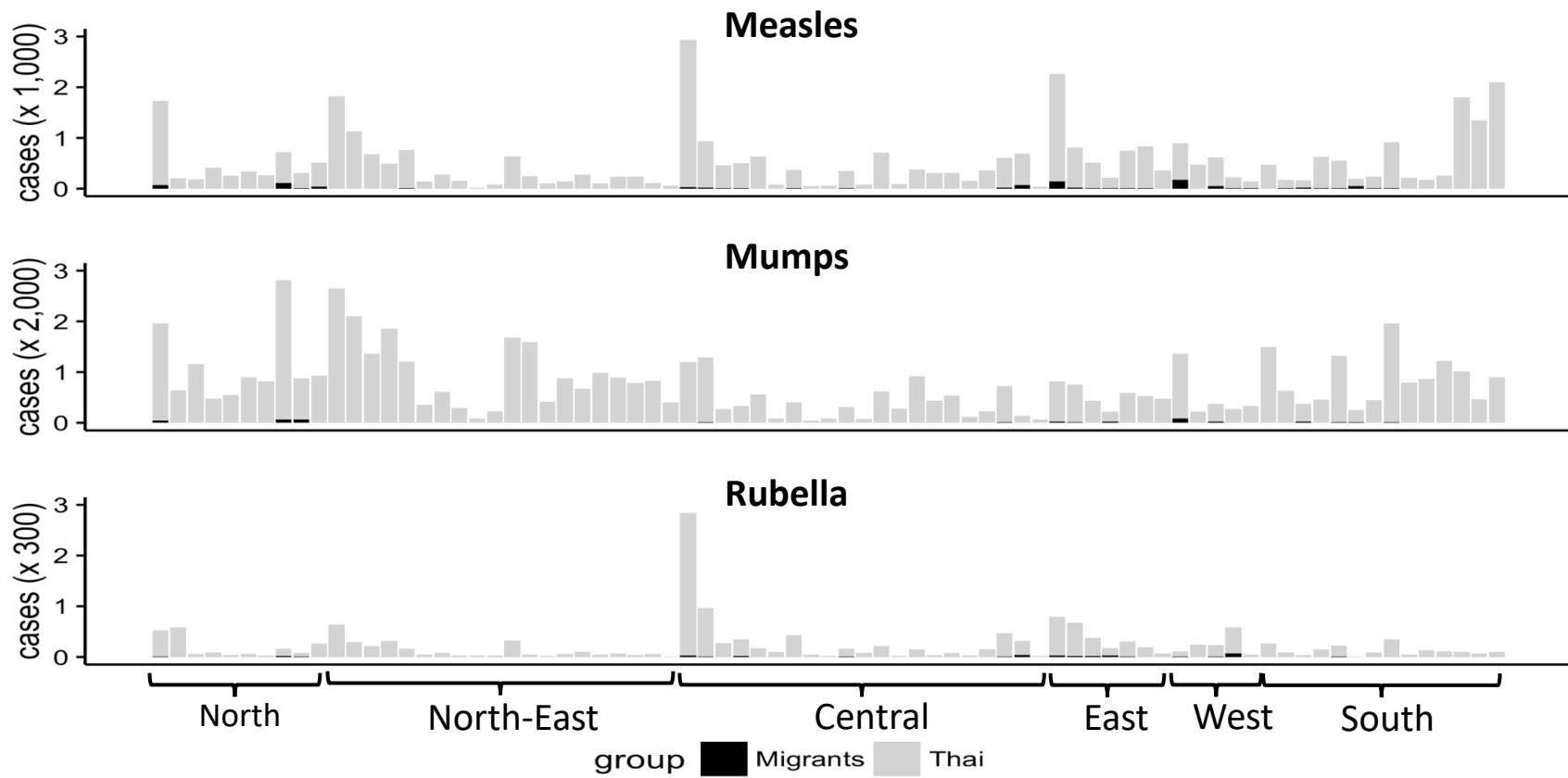
5.4 ผลการวิเคราะห์ Negative binomial regression

จากผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมัน ในระดับจังหวัด พบว่า การเกิดโรคหัดในคนไทยและประชากรข้ามชาติในระดับจังหวัด มีความเกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p\text{-value} < 0.001$ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์เท่ากับ 0.12918 กล่าวคือ อัตราการเกิดของประชากรไทยในแต่ละจังหวัด มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคหัดทั้งในคนไทยและประชากรข้ามชาติในจังหวัดนั้น ส่วนการเกิดโรคหัดเยอรมัน และโรคคางทูมในคนไทยและประชากรข้ามชาติในระดับจังหวัดไม่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งสองปัจจัยที่ศึกษา ดังนั้น ประชากรข้ามชาติไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมันในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2547-2558

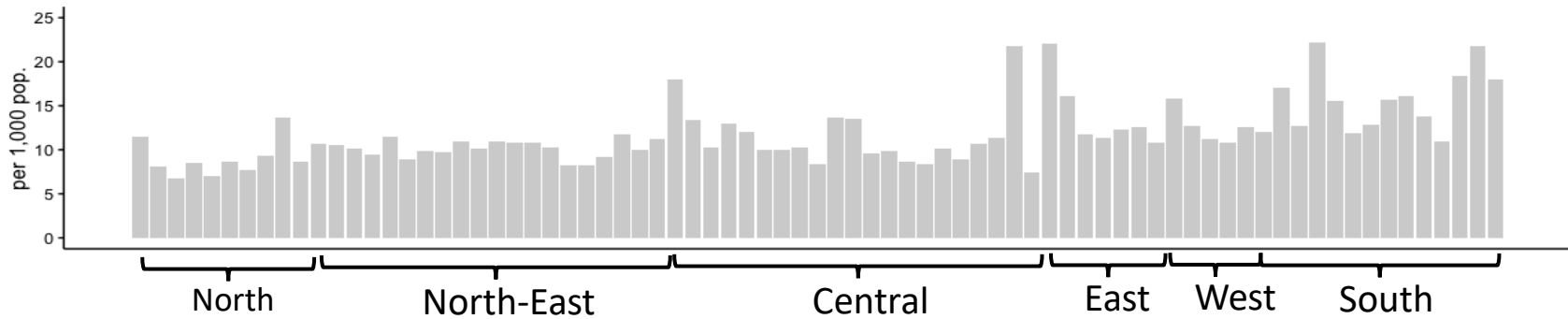
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน กับปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อัตราการเกิด และ ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย (ใช้ค่าเฉลี่ยของจำนวนแรงงานข้ามชาติของแต่ละปีที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวรายเดือน)

Disease	Measles		Mumps		Rubella	
Variables:	Estimate	p-value	Estimate	p-value	Estimate	p-value
Birth rate	0.12723	2.94e-09 ***	0.02543	0.2614	0.04087	0.184
Proportion of Migrant pop./Thai pop.	-0.47512	0.477	-1.19711	0.0899	0.85729	0.371

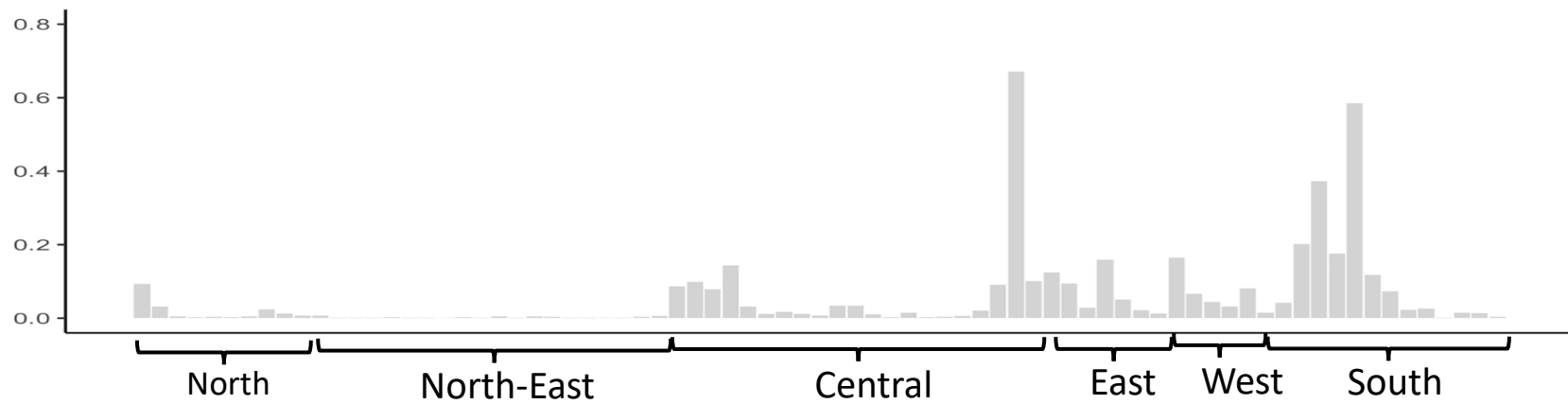
Significant codes: 0.001 ***, 0.05 *



รูป 3 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันรายจังหวัด ในคนไทยและประชากรข้ามชาติ ช่วงเวลา 12 ปี (พ.ศ.2547-2558)



รูป 4 อัตราการเกิดเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปี ต่อ 1,000 ประชากร รายจังหวัดในกลุ่มคนไทย ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558



รูป 5 ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทยรายจังหวัด ระหว่างปี พ.ศ.2547-2558

6. อภิปรายผล

เนื่องจากสถานการณ์เกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมันในกลุ่มคนไทยและประชากรข้ามชาติระหว่างปี พ.ศ.2547-2558 มีขนาดและการกระจายตัว ในแต่ละจังหวัดระหว่าง 3 โรคนี้แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าลักษณะของการเกิดโรคทั้ง 3 โรคนี้มีความแตกต่างกันในระดับจังหวัดที่เรียกว่า heterogeneity จึงนำไปสู่การศึกษาการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมันในระดับจังหวัด เมื่อทำการวิเคราะห์จำนวนการเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมัน ด้วยวิธี Negative binomial regression ที่พบว่า การเกิดโรคหัดในระดับจังหวัดสามารถอธิบายด้วยอัตราการเกิดของประชากรในจังหวัดนั้นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ <0.001 ซึ่งเป็นไปตามผลการศึกษาเชิงพรรณนาที่พบว่า จังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส นครราชสีมา และบุรีรัมย์ เป็น 1 ใน 10 จังหวัดแรกที่มีการเกิดโรคหัดมากที่สุดในช่วง 12 ปีที่ทำการศึกษา (พ.ศ.2547-2558) โดยจังหวัดเหล่านี้มีลักษณะโครงสร้างประชากรแบบ A young age structure [5] ซึ่งสอดคล้องกับ ธรรมชาติของการเกิดโรคหัดที่พบในกลุ่มอายุ 0-4 ปีมากที่สุด ดังนั้น การเกิดโรคหัดในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย จึงไม่เกี่ยวข้องกับการมีประชากรข้ามชาติอาศัยอยู่ในพื้นที่ เนื่องจากโรคดังกล่าวเป็นโรคที่พบทั่วไปในคนไทย โดยเฉพาะในกลุ่มเด็ก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่า การเกิดโรคดังกล่าว จึงมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของประชากรในแต่ละจังหวัด นั่นคือ จังหวัดที่มีอัตราการเกิดสูง จะทำให้มีกลุ่ม susceptible children มาก จึงมีแนวโน้มพบการเกิดโรคหัดสูงตามไปด้วย โดยเฉพาะจังหวัดที่มีโครงสร้างประชากรแบบ A young age structure

ในขณะที่ การเกิดโรคคางทูมและหัดเยอรมันในระดับจังหวัด ไม่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทั้ง 2 ปัจจัย ฉะนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ข้อสรุปว่า ประชากรข้ามชาติไม่มีผลกระทบต่อโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมันในช่วง 12 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2547-2558) อย่างไรก็ตาม ในการประมาณจำนวนประชากรข้ามชาติที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งส่วนหนึ่งได้ใช้จำนวนแรงงานข้ามชาติที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวรายเดือน ในปี พ.ศ. 2552-2558 เมื่อพิจารณาจำนวนแรงงานข้ามชาติรายเดือนในแต่ละปี จะพบ variation ของข้อมูลดังกล่าว กล่าวคือ จำนวนแรงงานข้ามชาติของบางจังหวัดระหว่างเดือนในปีเดียวกัน มีความแตกต่างกันระหว่างเดือนมาก อีกทั้งลักษณะของข้อมูลดังกล่าวไม่ใช้การแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ดังนั้น ผู้ทำการศึกษาก็ได้ลองทำการวิเคราะห์ Negative binomial regression โดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ของจำนวนแรงงานข้ามชาติรายเดือนของแต่ละปี แทนค่าเฉลี่ย (Mean) ของจำนวนแรงงานข้ามชาติรายเดือนของแต่ละปี ผลการวิเคราะห์พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคหัดและโรคคางทูม กับค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทยในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.001 ตามลำดับ ส่วนการเกิดโรคหัดและโรคเยอรมัน มีผลจากอัตราการเกิดในแต่ละจังหวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.001 ตามลำดับดังตารางที่ 9 นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์วิธีนี้ยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนยิ่งขึ้นว่า การเกิดโรคหัด คางทูม และ หัดเยอรมันในประเทศไทย เป็นผลมาจากปัจจัยทางด้านประชากรของคนไทย จึงได้ข้อสรุปเช่นเดียวกับการ

วิเคราะห์ข้างต้นที่ว่า ประชากรข้ามชาติไม่มีผลกระทบต่อการศึกษาโรคทั้ง 3 โรคดังกล่าว โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้ในการหาความสัมพันธ์การเกิดโรคกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องด้วยวิธี Negative binomial regression โดยใช้อัตราการเกิดจำนวนประชากรไทย และจำนวนประชากรข้ามชาติในรูปของค่าเฉลี่ยต่อปีในช่วง 12 ปีนั้น มีความสมเหตุสมผล เพราะค่าดังกล่าวของแต่ละจังหวัดระหว่างปีไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน กับปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ อัตราการเกิด และ ค่าสัดส่วนระหว่างจำนวนประชากรข้ามชาติต่อจำนวนประชากรคนไทย (ใช้ค่ามัธยฐานของจำนวนแรงงานข้ามชาติของแต่ละปีที่จดทะเบียนกับสำนักบริหารแรงงานต่างด้าวรายเดือน)

Disease	Measles		Mumps		Rubella	
Variables:	Estimate	p-value	Estimate	p-value	Estimate	p-value
Birth rate	0.13114	2.81e-12 ***	0.02409	0.218640	0.06674	0.0141 *
Proportion of Migrant pop./Thai pop.	-0.95170	0.0235*	-1.54395	0.000393 ***	-0.32783	0.5905

Significant codes: 0.001 ***, 0.05 *

นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ เราพบว่าการเกิดโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมันในกลุ่มคนไทย มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับช่วงแรกเริ่มโครงการให้วัคซีนป้องกันโรค จนกระทั่งมีระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนสูงกว่า 90% แม้ว่าในช่วงปีที่ศึกษาจะพบการระบาดของโรคหัดทั้งประเทศ 2 ครั้งในปี พ.ศ.2551 และ 2555 ในช่วงปี พ.ศ.2551-2553พบการระบาดของโรคคางทูมสูงกว่า 20 รายต่อแสนประชากร ซึ่งเป็นการระบาดในบางพื้นที่ และบางช่วงเวลา ดังเช่นพบการระบาดของโรคคางทูมในจังหวัดน่าน เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน - 13 ตุลาคม พ.ศ.2010 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเด็กอายุต่ำกว่า 7 ปี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่มาก [6]

การสร้างเสริมภูมิคุ้มกันในประเทศไทยซึ่งได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปีพ.ศ.2527 สำหรับโรคหัด พ.ศ.2529 สำหรับโรคหัดเยอรมัน รวมทั้งการให้วัคซีนรวมเพื่อป้องกันโรคหัด-คางทูม-หัดในเด็ก 9-12 เดือนเมื่อปี พ.ศ. 2553 และในกลุ่มเด็กอายุ 7 ปีตั้งแต่ พ.ศ.2540 จนกระทั่งอัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดและคางทูมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ.2556 ดังนั้น ในอนาคตเราอาจพบเพียงการระบาดของโรคคางทูมในบางพื้นที่เท่านั้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีกลุ่มประชากรที่ไม่เคยได้รับวัคซีนหรือยังได้รับวัคซีนไม่ครบ รวมถึงกลุ่มคนที่มีระดับ seroprevalence ลดลงหลังจากได้รับวัคซีน [7] เช่นเดียวกับในวัคซีนป้องกันโรคหัด [8]

เนื่องด้วยระบบการดูแลสุขภาพ การป้องกันโรคติดต่อด้วยวัคซีนโดยเฉพาะโรคหัด คางทูม และหัดเยอรมัน ที่กระทรวงสาธารณสุขได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง ได้มีส่วนช่วยลดอุบัติการณ์เกิดโรคดังกล่าวได้

อย่างชัดเจน อีกทั้งการศึกษานี้ได้ยืนยันว่าการเกิดโรคทั้ง 3 โรคนี้ไม่เกี่ยวข้องกับประชากรข้ามชาติ อย่างไรก็ตาม ข้อค้นพบในงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ 2 แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการเกิดโรคหัด และหัดเยอรมัน ในประชากรข้ามชาติที่อยู่ในประเทศไทย เนื่องจากผลการศึกษาที่พบว่า ประชากรต่างด้าวแต่ละสัญชาติที่เป็น แรงงานขึ้นทะเบียนถูกกฎหมาย มีระดับภูมิคุ้มกันโรคหัด และ หัดเยอรมันต่ำกว่าระดับที่ทำให้เกิดภูมิคุ้มกันโรคใน ชุมชน (Herd immunity) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 61.39-92.19 ทั้งนี้ระดับภูมิคุ้มกันที่วัดได้ในการศึกษาจึงอาจเกิด จากในช่วงวัยเด็กเคยได้รับวัคซีน หรือเกิดจากร่างกายได้รับเชื้อจนเกิดภูมิคุ้มกันขึ้นเองตามธรรมชาติ ฉะนั้น เพื่อที่จะลดหรือป้องกันการเพิ่มขึ้นของอุบัติการณ์ในกลุ่มโรคดังกล่าวในคนไทย กระทรวงสาธารณสุขอาจ ดำเนินการให้วัคซีนป้องกันโรคหัด-คางทูม-หัดเยอรมัน (MMR vaccine) ในกลุ่มที่ยังไม่เคยได้รับวัคซีน นอกเหนือจากกลุ่มเด็กตามเกณฑ์อายุที่กำหนด ซึ่งเมื่อพิจารณาการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันในประเทศไทยซึ่งได้ ดำเนินการมาจนถึงปัจจุบันในปี พ.ศ.2559 ประชากรไทยกลุ่มที่ควรได้รับวัคซีนป้องกันโรคหัดเข็มที่ 1 เมื่ออายุ 9-12 เดือน คือ คนไทยที่มีอายุ 9 เดือน-31 ปี และ ประชากรไทยกลุ่มที่ควรได้รับวัคซีนป้องกันโรคหัดเข็มที่ 2 เมื่อ อายุ 7 ปี คือ คนไทยที่มีอายุ 7-26 ปี สำหรับวัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมันในกลุ่มคนไทยในปัจจุบัน ควรครอบคลุม ผู้ชายที่มีอายุ 7-29 ปี และ ผู้หญิงที่มีอายุ 7-41 ปี ในขณะที่การได้รับวัคซีนป้องกันโรคคางทูมในประชากรไทย ได้แก่ กลุ่มคนไทยที่มีอายุ 7-25 ปี ซึ่งรับวัคซีนป้องกันเข็มแรกเมื่ออายุ 7 ปี และ กลุ่มคนไทยที่มีอายุ 9 เดือน-5 ปี ซึ่งรับวัคซีนป้องกันเข็มแรก เมื่ออายุ 9-12 เดือน [2,9]

รายการอ้างอิง

1. Ariyasriwatana C. (2003) Trend of measles morbidity in Thailand. J Med Assoc Thai, 86 Suppl 3:S707-718.
2. WHO vaccine-preventable diseases: monitoring system. 2015 global summary, 1981-2015. http://apps.who.int/immunization_monitoring/globalsummary/coverages?c=THA. Accessed 7 Ap
3. ปัทมา ว่าพัฒนางศ์,อภิชาติ จำรัสฤทธิ์รงค์, สุรีย์พร พันพึ้ง, อรทัย หรุเจริญพรพานิช, และ กัญญา อภิพรชัย สุกุล.(2559).ขนาดและการกระจายของประชากรข้ามชาติสัญชาติพม่า กัมพูชา และลาว ในประเทศ ไทย พ.ศ. 2558: การประมาณจากข้อมูลหลายแหล่ง. วารสารประชากร,4(2): 5-21.
4. Venables WN, Ripley BD. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York.
5. Paudel BK, Lim A, Dureh N. (2015). Population Distribution Pattern of 76 Provinces in Thailand: Application of Factor Analysis. Asian Social Science, 11(12): 55-61.
6. Manita Phanawadee, leowongjaroen I, Makaroon J, Pati K,Pattamawath S, Pattamadilok S, et al.

- (2013). Epidemiology of a Mumps Outbreak and Effect of Measles, Mumps and Rubella Vaccination in Nan Province, Thailand, June to December 2010. *OSIR*, 6(4): 1-7.
7. Ngaovithunvong V, Wanlapakorn N, Tesapirat L, Suratannon N, Poovorawan Y. (2016). Mumps antibody in the Thai population 17 years after the universal measles mumps rubella vaccination program. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 10(07): 735-740.
 8. Gonwong S, Chuenchitra T, Khantapura P, Islam D, Mason CJ. (2016). Measles susceptibility in young Thai men suggests need for young adult measles vaccination: a cross sectional study. *BMC public health*, 16(1): 1.
 9. กุลกัญญา โชคไพบูลย์, เกษวดี ลาภพระ, จุฑารัตน์ เมฆมัลลิกา, จิตติร นาคบุญนำ, อัจฉรา ตั้งสถาพรพงษ์. (2556). ตำราวัคซีนและการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคปี 2556. สำนักโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

Epidemiology and dynamics of the resurgence of vaccine preventable diseases (MMR) in Thailand

Warapree Tangseefa¹, Prasert Auewarakul², Sopon Iamsirithaworn³, Wirichada Pan-ngum⁴,

Wirawan Chinviriyasit⁵, Wannapong Trimpo⁶, Suwisa Mahasandana⁷, Aronrag Cooper Meeyai⁸

^{1,8}*Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand*

²*Institute of Molecular Biosciences (MB), Mahidol University, NakhonPathom, Thailand*

³*Bureau of Epidemiology Department of Disease Control, Bangkok, Thailand*

⁴*Department of Tropical Hygiene, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, Thailand*

⁵*Faculty of Science, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand*

⁶*Institute of Molecular Biosciences (MB), Mahidol University, NakhonPathom, Thailand*

⁷*Department of Sanitary engineering, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand*

1. Background

Measles, mumps and rubella are viral and vaccine-preventable diseases and an important cause of death, illness and disability annually worldwide. A susceptible group is unvaccinated against those diseases particularly children and pregnant women. The infection of measles, mumps and rubella disease is possible to get a risk of severe health complications such as brain causing inflammation and blindness; encephalitis and permanent neurological damage; and preterm delivery, fetal death and baby born with congenital rubella syndrome (CRS) [1-4]. National immunization program (NIP) in countries is a significant effective way to reduce the incidence and induce strong herd immunity for lifelong protection [5]. The World Health Organization (WHO) included measles and rubella vaccination in NIP since the last 1960s and early 1970 respectively [6]. These programs have effected to decrease the global incidence between 2000 and 2015 approximately 77.07% for measles, and 96.66% for rubella. Countries introduced MMR (measles, mumps, and rubella) immunization programs in the mid-1998. Over a decade year, the morbidity of mumps has declined 37.74% in 2015 from 619,389 cases in 2010 [7].

In Thailand, the immunization programme included the first dose of measles vaccination for children aged nine months in 1984. The second dose of measles vaccine was introduced in 1996 for 1st grade students aged seven years [8]. Then the second dose of this vaccine was replaced by the combine measles-mumps-rubella vaccine (MMR) in 1997 for 1st grade students, which was expanded for children aged 4-6 years after 2005. The first dose of MMR vaccine in infants 9-12 months replaced measles vaccine since 2010 [9-11]. Moreover, to achieve the nation target of measles elimination, the Ministry of public health determined second dose of MMR vaccine in children aged two years and six months since August 2014 [12]. Vaccine coverage of measles for children aged 1-2 years enhanced continuously from 48.6% in 1987 to 91.7% in 1996 and 98.7% in 2013. There was the increasing coverage of MMR vaccine in 1st grade students from 91.2% in 2008 to 93.8% in 2013 [10, 13-15]. The combination of routine immunization and expansion of vaccine coverage for measles, mumps, and rubella has effected for reducing annual incidence in Thai

population. After ten years of immunization, the annual incidence rate reduced over 90% of measles rate in 1999 (from 835 cases per million population in 1984). The incidence rate of rubella in Thai population was less 10 cases per million since 2003. After 2010, however, there were high outbreak peak of measles (104.66-155.80 cases per million in 2001, 2002 and 2008) and mumps (217.26-317.41 cases per million in 2008-2010) [16]. According to top provinces of annual incidence rate reported in the National Diseases Surveillance System of Thailand, incidence pattern of measles, mumps, and rubella in a provincial level have differenced in terms of distribution size and frequency of outbreak occurrence known as spatial heterogeneity in disease pattern.

Long period changes of population structure in terms of birth rate and immigration rate has impacted on susceptible recruitment rate particular in the childhood disease [17-18]. In Thailand, there is not only internal migration of Thai population, but also cross-border migration from its neighbor particular Myanmar, Cambodia, and the Lao People's Democratic Republic (Lao PDR). The migrant populations live and spread all 77 provinces of Thailand with variation (211 – 491,970). Therefore, the occurrence of infectious disease in Thailand should be considered in context of both Thai and migrant populations.

However, a lot of works has been done towards understanding of seroprevalence of antibodies to measles, mumps, measles, rubella in Thailand [19], immunization policy [20-21], measles vaccination [22], EPI for minority groups in Thailand [23], immunization for children migrants [24-26].

Although the epidemiological changed of declined incidence of MMR has been consistent with increased level of vaccine coverage in Thailand. The understanding of disease characteristics in province of high incidence in previous time is necessary to define the relevant approach of prevention of outbreak or high endemic in provincial area. The main objectives of this study were to explore the disease occurrence of measles, mumps, and rubella among both groups of population, and to investigate the association of potential factors and the disease occurrence of measles, mumps, and rubella among both Thai and migrants in provincial level of Thailand within 12 years (2004-2015).

2. Methods

2.1 Data and data source

The analysis of annual case data of measles, mumps, and rubella disease compared with the reported cases of all disease among Thai and migrants between 2004 and 2015. Moreover, we attend to explore the dynamic pattern of measles, mumps, and rubella disease among Thai and migrants in provincial level of Thailand, which based on onset date from January 1, 2004 to December 31, 2014. The number of diseases cases including measles, mumps, rubella, and all disease as well as mid-year population of Thai have published in the annual epidemiological surveillance report (the 506 report) from 1980 to 2015 conducted by the national notifiable disease surveillance system of the Bureau of Epidemiology, the Ministry of Public Health (MOPH), Thailand. Moreover, the amount of migrant population (3 nations including

Myanmar, Lao, or Cambodia migrants) in all age living in each province of Thailand during 2004-2015 estimated by the adaptation of research method of Patama et al (2016) using the multiple sources of data as mention in Supplement [27].

While in this study, the number of migrant population in the provincial level between 2004 and 2008 were used the same number of the year 2009 under the assumption that the amount of migrant population in that province was unchanged during 2004 to 2009. We calculated annual incidence rate of measles, mumps, and rubella per 100,000 population separated between Thai, and migrants. Moreover, to compare the overview of occurrence of measles, mumps, and rubella between Thai and migrants living in each province, we describe the total cases and average crude incidence rate per 100,000 populations in the entire period of study (2004-2015). The denominator of average crude rate separated by province was an average number of mid-year population among Thai or an average-estimated number of migrant population between 2004 and 2015.

2.2 Ranking the top 11 provinces of the highest cases of either measles, mumps or rubella among Thai and migrants

To explore diseases occurrence (measles, mumps, rubella) in the provincial level in overall 12 years (2004-2015), we started to consider the disease occurrence among both Thai and migrants in all 77 provinces between 2004 and 2015. There are 4 steps of selecting the top 10 provinces of high annual cases among Thai and migrants group as follows:

- 1) Recording the annual number of disease cases among both Thai and migrants in each province of Thailand from 2004 to 2015
- 2) For each year, sorting provinces by using their annual number of disease cases. And then giving the rank number (from 1 to the last) for province having maximum to minimum cases
- 3) When giving the province rank in step 2 for every year of the study completely, calculating the summation of the inverse of annual rank number for each province.
- 4) Finally, to select the top 10 provinces of either measles, mumps, or rubella, ordering all province (1st – 77th order) by using the amount of calculated summation in step 3 from the largest to smallest

2.3 Statistical analysis

We described the disease situation of measles, mumps, and rubella in Thailand between 2004 and 2015 among either Thai or migrants by annual incidence rate (per 100,000 population), and average annualized crude notification rate used the average annual number of population from 2004 to 2015.

Due to a high overdispersion value of notification cases of either measles, mumps, or rubella in each province, we used the negative binomial regression to investigate the association of disease occurrence of measles, mumps, and among both Thai and migrants with two interested factors: (i) average annual birth rate

of Thai population for each province that separated into 3 levels based on top 10 provinces of measles disease such as high birth rate (11.36-22.07 livebirths per 1,000 population), medium birth rate (10.31-11.30 livebirths per 1,000 population), and low birth rate (≤ 10.19 livebirths per 1,000 population); and (ii) average number of estimated migrant population per an average number of mid-year population among Thai between 2004 and 2015. The negative binomial regression model in a provincial level finally used had following structured [28-29]:

Total cases of Thai and migrants = β_1 birth rate + β_2 proportion of migrants population per Thai population + offset(log(population number of Thai and migrants)) + error,

However, birth rate for each province was an average birth rate per 1,000 population living in a particular province per one year, which calculated from the total number of Thai livebirth in 12 years (2004-2015) divided by an average number of Thai mid-year population. The proportion of migrant population and Thai population per one year in a particular province during 2004-2015 calculated from the average annual number of the estimated population of migrant from 2004 to 2015 divided by the average number of Thai mid-year population during the same period. Those associations in term of measles, mumps, or rubella were tested Pearson's chi square with two-tailed at p-value < 0.001 and 0.05 considered statistically significant, analyses were performed using the MASS in R package version 7.3-45 [30]. We represented the risk of disease occurrence and two interested factors as incidence rate ratio (IRR) with 95% confidence interval.

We compared the pattern of effective reproduction number (R_t) of measles between top 10 provinces and non-top 10 provinces by the method of Wallinga and Teunis based on date of onset of measles disease from January 1, 2004 to December 31, 2014. [31].

3. Results

3.1 Distribution of MMR disease among Thai and migrants

The incidence cases of measles, mumps, and rubella among Thai for each year (2004-2015) were less than 1% of all diseases, particular in 2014-2015 (lower than 0.20%) in Table 1. While the proportions of measles, mumps, and rubella compared with all diseases were higher among migrants than proportion among Thai population, except in 2008-2009. Comparing between Thai and migrants in all 12 years of study period, the average annualized crude notification rate of mumps among Thai was almost 5.2 times of its migrants. For measles and rubella, those average annualized crude rates among Thai were approximate 1.85, 2.44 times of its migrants respectively.

Considering the annual incidence rate from 2004 to 2015, we found that Thai population had the highest peak of mumps occurrence at 31.74 cases per 100,000 populations in 2004 in Figure 1. However, there were obviously two outbreak of measles among Thai in 2008 (Incidence rate 10.47 cases per 100,000 populations) and in 2012 (6.92 cases per 100,000 population). Comparing with Thai, measles rate among migrant were higher than in 2012-2013 (as 7.58 and 62.4 cases per 100,000 populations). For rubella, annual

incidence rates among Thai were less than 1 case per 100,000 populations among either Thai or migrants, particular in closely in 2012-2014.

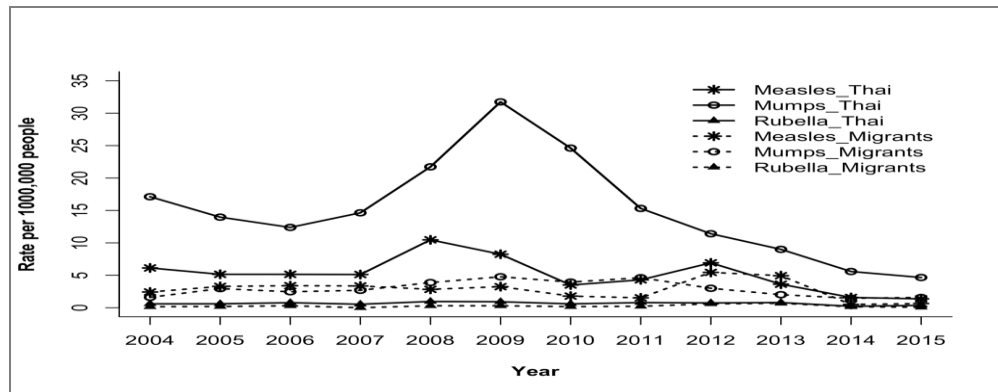


Figure 1. Annual incidence rate per 100,000 populations of Thai and migrants, Thailand, 2004-2015

3.2 Top 10 provinces of diseases cases score

There were top 10 provinces having high cases of either measles, mumps, or rubella among both Thai and migrants between 2004 and 2015 in Figure 2. Nakhon Ratchasima, Pattani, Narathiwat, Yala, Buri Ram revealed the majority of measles patients among Thai at the first group of age 0-4 years and the second group of age 5-9 years, particularly Yala (57.09%; 24.20%), Pattani (45.23%; 18.11%), and Narathiwat (50.40%; 26.53% respectively). While Bangkok, Chonburi, Chiang mai, Surat Thani, and, Songkhla had measles cases among both Thai and migrants between 2004 and 2015. The majority of measles patients among Thai in these five provinces was at the first group of age 0-14 years and the second group of age 15-24 years such as Chiang Mai (52.83%; 31.35%), Bangkok (47.06%; 28.43%), Chonburi (32.74%; 41.76%), Surat Thani (60.98%; 16.52%), and Songkhla (71.90%; 18.99%). Moreover, the measles cases among migrant living Bangkok and Chonburi mostly were at age over 14 years, conversely with Buri Ram. There was the similar number of measles cases among migrants between aged 0-14 years and over 14 years.

For top 10 provinces of Mumps diseases, Nakhon Ratchasima, Si Sa Ket, Buru Ram, Udon Thani, Nakhon Si Thammarat, Roi Et, and Khon Kaen having all Thai cases (rare mumps cases in migrants) and young age population structure revealed the majority of mumps among Thai at the first group age 5-9 years and the second group of age 0-4 years. Moreover, there more 70% of mumps cases among Thai living in these seven provinces with aged 0-14 years, except in Khon Kaen (57.16%), Udon Thani (68.41%). During 2004-2015, both Thai and migrant population aged at 0-14 years were the majority of measles patients in Chiang Rai (67.23%), and Chiang Mai (52.64%). In Songkhla, there was the majority of mumps cases (over 70%) among Thai at the age group of 0-14 years, which is conversely in migrant (at over 14 years with over 80%).

In top 10 provinces of Mumps diseases, there were only Thai cases of rubella between 2004 and 2015 in Nakhon Ratchasima (191 cases) and Songkhla (105 cases), which have the majority of rubella cases at age group of over 14 years (67.54%, 67.62% respectively). There were 8 provinces having rubella cases among both Thai and migrants in the entire period of study as aged over 14 years such as

Phetchaburi (approximate 90%); Bangkok and Rayong (approximate 70%); Chonburi, Chiang Mai, and Nakhon Pathom (approximate 60%); and Samut Prakan and Pathum Thani (approximate 50%).

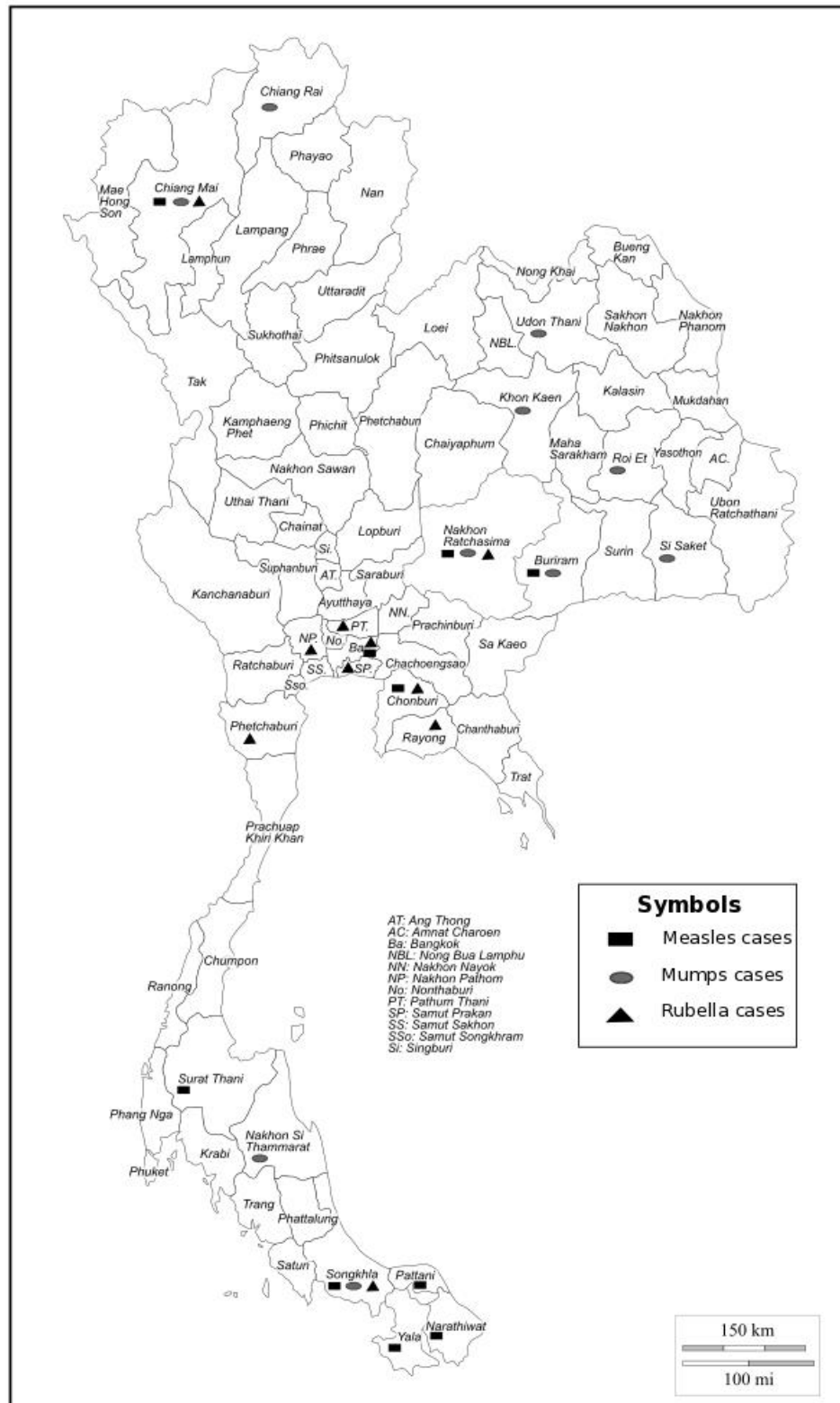


Figure 2. Thematic map of Thailand shows top 10 provinces of incidence cases for measles, mumps, and rubella with border crossing point and refugee camps along the Thailand-Myanmar border presented in symbols

Table 1 Annual disease cases of measles, mumps, and rubella (MMR) and proportion of MMR cases and all diseases cases among Thai and migrants, 2004-2015

Year	Number of cases				Proportion of MMR per all diseases (%)	Annual - Population	Annualized crude notification rate (per 100,000 population)		
	All diseases	Measles	Mumps	Rubella			Measles	Mumps	Rubella
	Thai (Migrants)	Thai (Migrants)					Thai (Migrants)	Thai (Migrants)	
2004	1,966,700 (n/a)	3,835 (65)	10,702 (43)	373 (4)	0.76 (n/a)	62,526,710 (2,681,034)	6.13 (2.42)	17.12 (1.60)	0.60 (0.15)
2005	2,077,682 (21,016)	3,205 (88)	8,688 (79)	375 (5)	0.59 (0.82)	62,195,878 (2,681,034)	5.15 (3.28)	13.97 (2.95)	0.60 (0.19)
2006	2,337,470 (25,755)	3,225 (91)	7,757 (66)	484 (8)	0.49 (0.64)	62,623,416 (2,681,034)	5.15 (3.39)	12.39 (2.46)	0.77 (0.30)
2007	2,313,111 (24,536)	3,224 (90)	9,211 (72)	338 (0)	0.55 (0.66)	62,933,515 (2,681,034)	5.12 (3.36)	14.64 (2.69)	0.54 (0.00)
2008	2,366,434 (25,997)	6,616 (76)	13,734 (104)	608 (8)	0.89 (0.72)	63,214,022 (2,681,034)	10.47 (2.83)	21.73 (3.88)	0.96 (0.30)
2009	2,652,582 (30,365)	5,234 (87)	20,142 (128)	584 (8)	0.98 (0.73)	63,457,403 (2,681,034)	8.25 (3.25)	31.74 (4.77)	0.92 (0.30)
2010	2,786,877 (32,689)	2,230 (54)	15,681 (119)	379 (5)	0.66 (0.54)	63,701,703 (3,011,818)	3.50 (1.79)	24.62 (3.95)	0.59 (0.17)
2011	2,579,144 (30,807)	2,759 (49)	9,826 (149)	508 (7)	0.51 (0.67)	64,181,001 (3,218,901)	4.30 (1.52)	15.31 (4.63)	0.79 (0.22)
2012	2,516,378 (32,093)	4,445 (180)	7,331 (99)	474 (20)	0.49 (0.93)	64,266,405 (3,303,217)	6.92 (5.45)	11.41 (3.00)	0.74 (0.61)
2013	2,693,594 (35,559)	2,344 (145)	5,817 (59)	515 (20)	0.32 (0.63)	64,621,302 (2,934,941)	3.63 (4.94)	9.00 (2.01)	0.80 (0.68)
2014	2,699,079 (26,744)	1,028 (17)	3,628 (49)	143 (5)	0.18 (0.27)	64,955,313 (3,367,580)	1.58 (0.50)	5.59 (1.46)	0.22 (0.15)
2015	2,476,459 (32,935)	893 (18)	3,051 (44)	233 (2)	0.17 (0.19)	65,426,907 (2,784,665)	1.36 (0.65)	4.66 (1.58)	0.36 (0.07)
Total	29,465,510 (318,496)	39,038 (960)	115,568(1,011)	55,014 (92)		63,675,298 (2,892,277)*	5.11 (2.77)**	15.12 (2.91)**	0.66 (0.27)**

* Average annual population in all 12 years, ** Average annualized crude rate in all 12 years

3.3 Association test by negative binomial regression

Since the negative binomial regression model usually require historical data over several years, we established the model using total cases of measles, mumps, or rubella among both Thai and migrants from 2004 to 2015 for each province of Thailand to investigate the association of disease occurrence and the potential factors (i.e. average annual birth rate and number of migrant-estimated population per Thai-midyear population). Comparing with province having low birth rate (≤ 10.19 livebirths per 1,000 population), Thai population living in province having high birth rate (≥ 10.31 livebirths per 1,000 population) has the risk of measles infection 2.48 times significantly. We found that the occurrence of mumps and rubella disease in both Thai and migrants living in each province of Thailand not related to both interested factors in term of statistics.

Table 3 Results of negative binomial regression of measles, mumps, and rubella in the provincial level, 2004-2015. (Using average annual number of migrant workers registered to the foreign worker administration office)

Diseases	Birth rate at high level [#]		Birth rate at medium level [#]		Migrant pop./Thai pop.	
	IRR	95%CI	IRR	95%CI	IRR	95%CI
Measles	2.48	1.775 – 3.467***	1.24	0.858 – 1.824	0.80	0.234 – 3.385
Mumps	1.29	0.923 – 1.796	0.93	0.648 – 1.345	0.25	0.070 – 1.037
Rubella	1.43	0.913 – 2.241	1.62	0.993 - 2.700	3.10	0.408 – 43.849

Note: [#] compare with baseline group as low level of birth rate (≤ 10.19 livebirths per 1,000 population)

Significant codes: 0.001 ***, 0.05 *

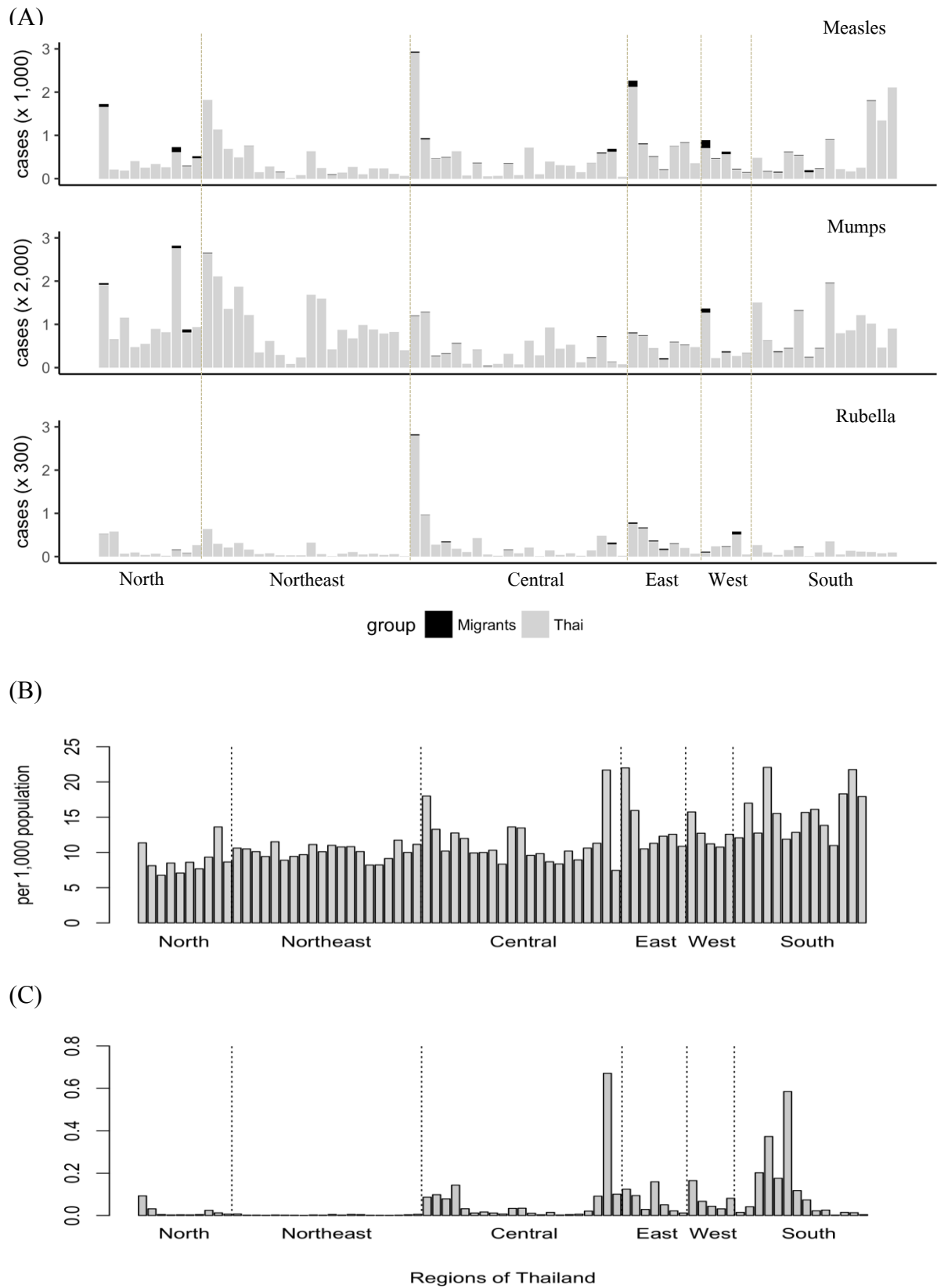


Figure 3. (A) Total cases of measles, mumps, and rubella among Thai and Migrants by province, 2004-2015; (B) Average birth rate of Thai population by province, 2004-2015; (C) Number of migrant population per Thai population by province, 2004-2015

4. Discussion

4.1 Heterogeneity

In the beginning, we present the different of annual incidence pattern of measles, mumps and rubella among both Thai and migrants in the entire of study period (2004-2015). The highest incidence of each disease in the whole period of study (12 years) distributed to difference provinces within the first 10 rank in Figure 2. These estimates of epidemiological parameters and disease characteristics revealed heterogeneity of epidemic pattern of either measles, mumps, or rubella in term of provincial area, which reflexes to local transmission characteristics of each disease [32-33].

4.2 MMR diseases and population structure

The analysis of disease cases of measles, mumps, and rubella among both Thai and migrants by negative binomial regression revealed that the measles occurrence in the provincial level of Thailand can describe with average birth rate of Thai population in an individual province significantly at $p\text{-value} < 0.001$. This result corresponded to four provinces having a young age structure of population such as Pattani, Yala, Narathiwat, and Buri Ram being top 10 province of highest incidence of measles during the 12 years studied (2004-2015). The population structure of these four provinces has a young age structure [34], which is according to the natural history of measles occurrence mostly found the disease case in aged 0-4 year. Therefore, the distribution of measles cases in each province of Thailand unrelated to the living of migrant population in a particular province. Naturally, measles disease is an endemic disease in Thai population particularly in young generation. This fact was according to the result of this study that the measles occurrence related to birth rate of Thai children in each province. Therefore, in a particular province the higher rate of livebirth, the more number of susceptible children. And there also is trend to occur consequence the outbreak of measles in the future, particular in the province having structure population of a young age.

4.3. MMR diseases and vaccination

Immunization program for vaccine preventable diseases in Thailand started for measles in 1984 and rubella in 1986. There was a combination vaccine to protect against measles, mumps, and rubella for children at aged 7 years since 1997, and children at age 9-12 months since 2010. According to EPI effectiveness, the annual incidence of measles, mumps and rubella among Thai population decreased continuously since the increasing level of vaccine coverage more 90% in 2013. We have still found two times of measles outbreaks in the country in 2008 and 2012. During 2008-2010, the incidence of mumps outbreak was over 20 cases per 100,000 Thai populations. For example, the majority of an outbreak of mumps in Nan provinces during June 1 – October 13, 2010 was children less than 7 years of age, especially in areas with a large size of population [35]. Those effected people would never be vaccinated or incomplete doses of vaccination. IN another way, the seroprevalence level in those people decreased after vaccination of mumps [36], and measles [37].

4.4. Negative binomial regression and reproductive number

This study found that the disease occurrence of measles in provincial level of Thailand related the birth rate of Thai population particularly in province having high birth rate. Provinces with that characteristic have already occurred high incidence cases of measles between 2004 and 2015 as top 10 provinces such as Chonburi, Yala, Pattani, Bangkok, Narathiwat, Songkhla, Surat Thani, and Chiang Mai (11.36 – 22.07 livebirths per 1,000). These provinces have maximum reproductive number at 5.67–17.55 between 2004-2014 in Figure 4. However, provinces had high number of average birth rate and maximum reproductive number within 12 year ago such as Phuket and Samut Sakhon ($\max R_t = 6.65, 6.66$ respectively). There are possible to occur high endemic or outbreak of measles incidence in provinces with both characteristics.

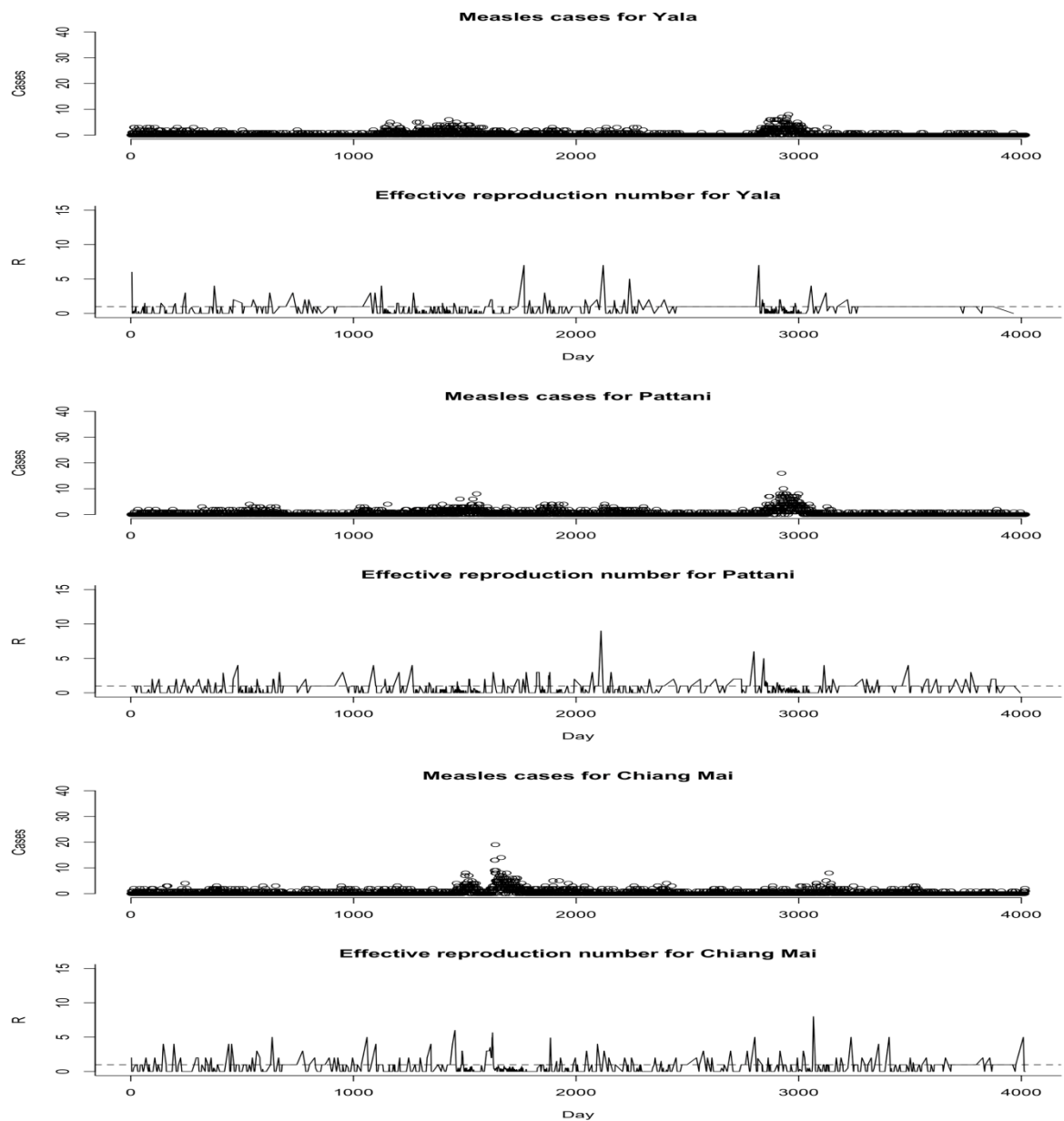


Figure 4. Effective reproductive number of measles by province, 2004-2014

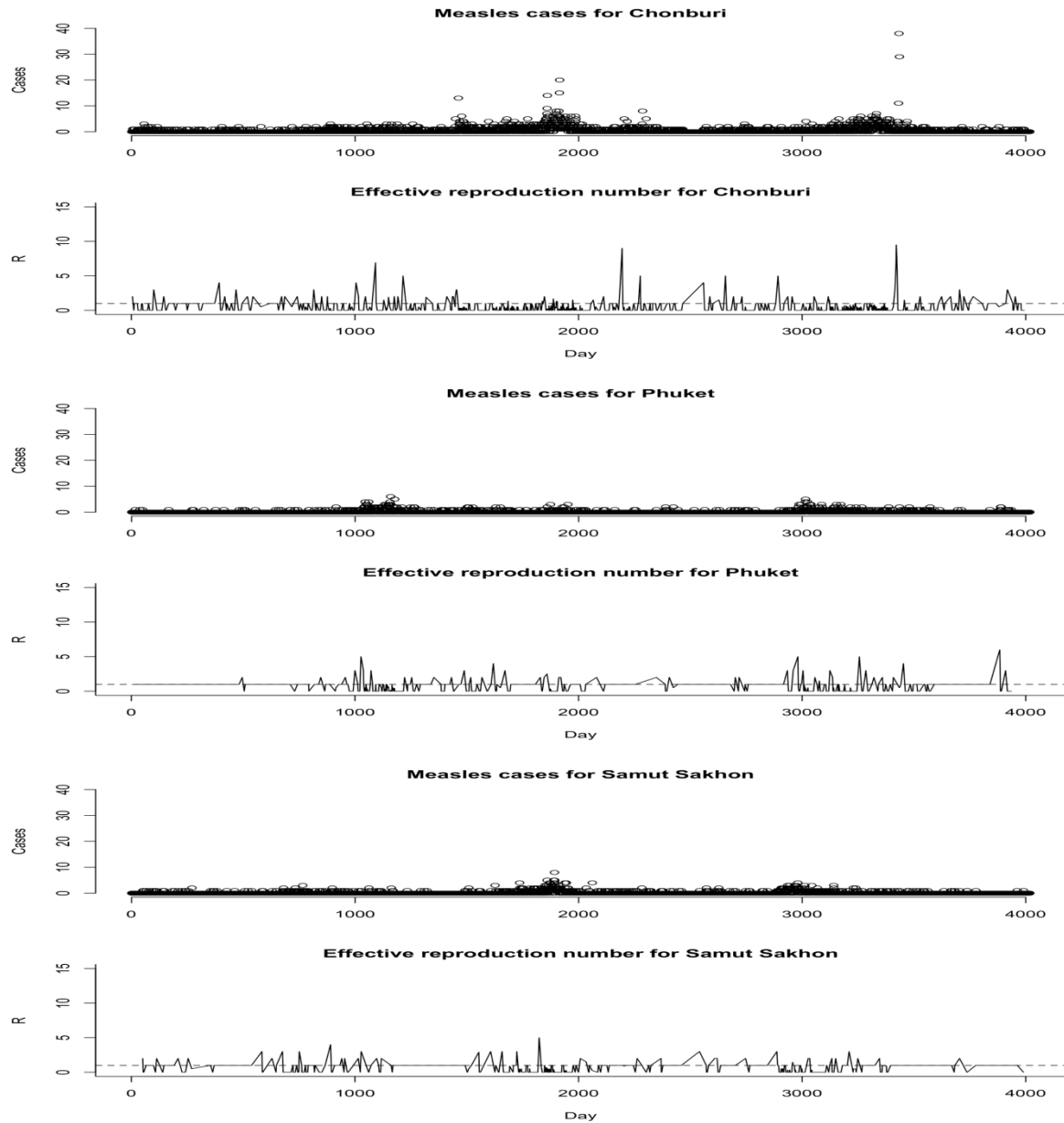


Figure 4 (cont). Effective reproductive number of measles by province, 2004-2014

4.5 Limitation

Amongst the Limitations of this study, the notification cases of measles, mumps, and rubella diseases among migrants were collected from the report 506 in part of foreigners who has nationality as either Myanmar, Laos, or Cambodia, but not identified their status of immigration. Moreover, the number of notification case of diseases among migrants was the episode number of visiting to treatment for diagnosed disease (measles, mumps, or rubella) because there is no information to identify the personal of individual migrants such as identification number. Although the natural of measles, mumps, and rubella disease is generally single infection of disease. Furthermore, in surveillance disease data, the number of notification cases among Thai and migrants in the report 506 could be considered as under-report number, which was

lower than the real situation of disease incidence in local area. In this topic, we could adjust the notification and surveillance data in order to represent the true picture of disease epidemiology in population of an instance area by using an approach in study of Gribbons CL et al, (2014) [38]. Moreover, the number of notification cases of measles, mumps and rubella among migrants were recorded in the National Diseases Surveillance System of Thailand. Those number was possible to be the same patients who were diagnosed more than one time or visited health care center for treatments of the same disease. Because their status of migrants was undocumented immigrants into Thailand. This study also identified the migrant group by their nationality.

Reference

1. World Health Organization. WHO measles : Immunization, Vaccine and, Biologicals. Available at: <http://www.who.int/immunization/diseases/mumps/en/>, Accessed 5 December, 2016.
2. World Health Organization. Measles Fact Sheet. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs286/en/>, Accessed 5 December, 2016.
3. World Health Organization. WHO mumps : Immunization, Vaccine and, Biologicals. Available at: <http://www.who.int/immunization/diseases/mumps/en/>, Accessed 5 December, 2016.
4. World Health Organization. WHO rubella : Immunization, Vaccine and, Biologicals. Available at: <http://www.who.int/immunization/diseases/rubella/en/>, Accessed 5 December, 2016.
5. Broutin H, Viboud C, Grenfell B T, Miller MA, Rohani P. Impact of vaccination and birth rate on the epidemiology of pertussis: a comparative study in 64 countries. *Proc R Soc B*. 2010;277:3239-45.
6. World Health Organization (2012). Global measles and rubella strategic plan: 2012–2020. Geneva: World Health Organization. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.693.148&rep=rep1&type=pdf>. Access on 15 July 2016.
7. World Health Organization. Reported Cases of Selected Vaccine Preventable Diseases (VPDs) 1980-2015. Available at: http://apps.who.int/immunization_monitoring/globalsummary/timeseries/tsincidenceiphtheria.html, Accessed December 24, 2016.
8. History of immunization in Thailand. In: Chokpaiboonkit K, Trishnananda M, Chunsuttiwat S, Tharmaphornpilas P, editors. Vaccine and immunization 2007. Nonthaburi: Ministry of Public Health, 2007:13-24.
9. Muangchana C, Thamapornpilas P, Karnkawinpong O. Immunization policy development in Thailand: the role of the Advisory Committee on Immunization Practice. *Vaccine*. 2010;28:A104-A109.
10. Chokpaiboonkit K, Lapphra K, Mekmullica J, Nakboonnarn T, Tangsatapornpong A, editor. Vaccine and immunization 2013. Bangkok: SuanSunandhaRajabhat University; 2013. (in Thai)
11. Chokpaiboonkit K, Tritsanant M, Chunsuttiwat S, Tammaphornpilas P, editor. Vaccine and immunization 2007. Bangkok: The War Veterans Organization Thailand; 2007. (in Thai)
12. Department of Disease Control, Ministry of Public Health (MoPH). Guideline for second dose of MR vaccine to immunization of measles among 2.5-7 year-olds children in Thailand, 2015. Retrieved

from <http://thaigcd.ddc.moph.go.th/uploads/pdf/1.แนวทางการให้วัคซีน%20MR%20ปิด%20GAP.pdf>.
Access on 1 January 2017.

13. Department of Disease Control (DDC), Ministry of Public Health (MOPH). (2013). Immunization coverage survey of the basic vaccination and vaccines for student 2013. Bangkok: The War Veterans Organization Thailand; 2014. (in Thai)
14. Department of Disease Control (DDC), Ministry of Public Health (MOPH). (2008). Immunization coverage survey of the basic vaccination and vaccines for student 2008. Bangkok: The War Veterans Organization Thailand; 2009. (in Thai)
15. Department of Disease Control (DDC), Ministry of Public Health (MOPH). Immunization coverage survey of the basic vaccination and polio vaccine for campaign 2003. Bangkok: The War Veterans Organization Thailand; 2004. (in Thai)
16. Thailand. Permanent Secretary Office. Division of Epidemiology. Annual epidemiological surveillance report 1984-2015. Bangkok: Ministry of Public Health, 1984-2015.
17. Broutin H, Viboud C, Grenfell BT, Miller MA, Rohani P. Impact of vaccination and birth rate on the epidemiology of pertussis: a comparative study in 64 countries. *Proc Biol Sci.* 2010;277(1698): 3239-45.
18. Earn DJD, Rohani P, Bolker BM, Grenfell BT. A simple model for complex dynamical transitions in epidemics. *Science.* 2000;287:667–70.
19. Tharmaphornpilas P, Yoocharean P, Rasdjarmrearnsook AO, Theamboonlers A, Poovorawan Y. Seroprevalence of antibodies to measles, mumps, and rubella among Thai population: evaluation of measles/MMR immunization programme. *J Health Popul Nutr.* 2009;27(1):80–6.
20. Pooripussarakul S, Riewpaiboon A, Bishai D, Muangchana C, Tantivess S. What criteria do decision makers in Thailand use to set priorities for vaccine introduction?. *BMC Public Health.* 2016;16(1): 684.
21. Muangchana C, Thamapornpilas P, Karnkawinpong O. Immunization policy development in Thailand: the role of the Advisory Committee on Immunization Practice. *Vaccine.* 2010;28:A104-A109.
22. Techasena W, Wongwacharapiboon P, Terawanich S, Pattamadilok S. (2011). A comparison study of measles antibody between two doses vaccination at 9, 18 months and single dose at 9 months in children 4-6 years old. *J MED ASSOC THAILAND.* 2011;94(3):309.
23. Kaewkungwal J, Apidechkul T, Jandee K, Khamsiriwatchara A, Lawpoolsri S, Sawang S, et al. Application of mobile technology for improving expanded program on immunization among highland minority and stateless populations in Northern Thailand border. *JMIR mHealth and uHealth.* 2015;3(1):e4.
24. Canavati S, Plugge E, Suwanjatuporn S, Sombatrungjaroen S, Nosten F. Barriers to immunization among children of migrant workers from Myanmar living in Tak province, Thailand. *Bull World Health Organ.* 2011;89:528–531.
25. Kantayaporn T, Archavanitkul K, Peerapatanapokin W, Disthawong N, Singkul N, Sinvuttaya S, Chinvarasopak P, Panatanasan K. Expanded Program on Immunization (EPI) for Children of Myanmar Migrants Living in Bangkok, Thailand. *Journal of Population and Social Studies.*

- 2013;21(2):227-42.
26. Kaji A, Parker DM, Chu CS, Thayatkawin W, Suelaor J, Charatueangrongkun R, et al. Immunization Coverage in Migrant School Children Along the Thailand-Myanmar Border. *J Immigr Minor Health*. 2016;18(5):1038-45.
 27. PatamaVapattanawong, AphichatChamrathirong, SureepornPunpuing, OrrataiRhucharoenpornpanichand KanyaApipornchaisakul. Size and distribution of cross-border population from Myanmar Cambodia and Lao PDR in Thailand 2015: the estimation from multiple sources. *Thai population Journal*. 2016;4(2):5-21. (in Thai)
 28. Buron, A., Cots, F., Garcia, O., Vall, O., & Castells, X. Hospital emergency department utilisation rates among the immigrant population in Barcelona, Spain. *BMC Health Serv Res*. 2008;8(1):51.
 29. Lloyd-Smith JO. Maximum likelihood estimation of the negative binomial dispersion parameter for highly overdispersed data, with applications to infectious diseases. *PLoS One*. 2007;2(2):e180.
 30. Venables WN, Ripley BD. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York; 2002.
 31. Wallinga J, Teunis P. Different epidemic curves for severe acute respiratory syndrome reveal similar impacts of control measures. *Am J Epidemiol*. 2004;160(6):509-16.
 32. Manfredi P, Cleur EM, Williams JR, Salmaso S, DegliAtti MC. The pre-vaccination regional epidemiological landscape of measles in Italy: contact patterns, effort needed for eradication, and comparison with other regions of Europe. *Popul Health Metr*. 2005;3(1):1.
 33. Williams JR, Manfredi P, Butler AR, CiofidegliAtti M, Salmaso S: Heterogeneity in regional notification patterns and its impact on aggregate national case notification data: the example of measles in Italy.*BMC Public Health*. 2003;3: 23.
 34. Paudel BK, Lim A, Dureh N. Population Distribution Pattern of 76 Provinces in Thailand: Application of Factor Analysis. *ASS*. 2015;11(12):55.
 35. ManitaPhanawadee, leowongjaroen I, Makaroon J, PatiK,Pattamawath S, Pattamadilok S, et al. Epidemiology of a Mumps Outbreak and Effect of Measles, Mumps and Rubella Vaccination in Nan Province, Thailand, June to December 2010. *OSIR*. 2013;6(4):1- 7.
 36. Ngaovithunvong V, Wanlapakorn N, Tesapirat L, Suratannon N, PoovorawanY. Mumps antibody in the Thai population 17 years after the universal measles mumps rubella vaccination program. *J Infect Dev Ctries*. 2016;10(07):735-40.
 37. Gonwong S, Chuenchitra T, Khantapura P, Islam D, Mason CJ. Measles susceptibility in young Thai men suggests need for young adult measles vaccination: a cross sectional study. *BMC public health*. 2016;16(1):1.
 38. Gibbons CL, Manges MJJ, Plass D, Havelaar AH, Brooke RJ, Kramarz, P, et al. Measuring underreporting and under-ascertainment in infectious disease datasets: a comparison of methods. *BMC public health*. 2014;14(1):147.

Supplementary

Estimation of migrant population between 2004 and 2015

The estimation of migrant population (3 nations: Myanmar, Laos, Cambodia) including migrant workers and their dependents in 77 provinces of Thailand from 2004 and 2015. Migrant population who entered and lived in Thailand with documented and undocumented status. According the research of Patama et al (2016) [27], we estimated the number of migrant population from 2 data source: (i) the monthly reports of Foreign Worker Administration (FWAO) from January 2009 to December 2015; and (ii) the annual report of One Stop Service (OSS) in 2014 and 2015.

Step 1. We calculated the average annual number of migrant workers between 2009 and 2015 by using the monthly number of migrant workers reported from January 2009 to December 2015. Migrant workers who registered with FWAO concluded regular migrants passed nationality verification, regular migrants entering through the memorandum of understanding (MOU), and registered migrants.

Step 2. To estimate the annual number of migrant population from the average annual number of migrant workers as identified in step 1 under assumption that the proportion of migrant populations equals to proportion of migrant workers who worked and lived in Thailand which was surveyed in the National Census and Housing 2010.

Step 3. We studied the number of migrant population who were not as migrant worker and unregistered with FAWO between 2009 and 2015. The annual numbers of migrant worker and their dependents were recorded into the summary report of OSS in 2014 and 2015. According to the assumption that the 90% of all number of migrant worker as new cases of OSS registration cited from the study of Pathama et al [27]. Then the registration of OSS in 2015 (26 June – 31 October) and 2016 including new cases of migrant worker (1,380,308 and 909,352 cases respectively) and their dependents (92,560 and 38,935 cases respectively). Furthermore, the numbers of migrant population (migrant workers and their dependents) in 2015 estimated in this step were used as the same number in 2009-2014 under assumption that this group of migrant populations were as migrants lived in Thailand before 2015 and had never appeared in the official registration system.

Step 4. The annual number of migrant population between 2009 and 2015 composed the estimated number in Step 2 and Step 3 as follow in Table S1.

Step 5. To distribute the annual number of migrant population in a level of province using the proportion of average annual number of migrant workers registered to FWAO in each year. However, the annual number of migrant population in 2004-2008 used the same number of 2009 under assumption that the numbers of migrant population between 2004 and 2009 were certain.

Table S1 Number of migrant populations (3 nation: Myanmar, Laos, Cambodia) in Thailand, 2009-2013.

Year	No. of migrant workers registered with FWAO Step 1	No. of estimated migrant population Step 2	No. of migrant population registered with OSS Step 3	Annual number of migrant population Step 4
2009	845,373	1,208,166	1,472,868	2,681,034
2010	1,076,828	1,538,950	1,472,868	3,011,818
2011	1,221,727	1,746,033	1,472,868	3,218,901
2012	1,280,724	1,830,349	1,472,868	3,303,217
2013	1,023,036	1,462,073	1,472,868	2,934,941
2014	1,325,760	1,894,712	1,472,868	3,367,580
2015	1,284,943	1,836,378	948,287	2,784,665

Table S2 Top 10 province of high measles case score among Thai and migrants, annual cases and total of Thai and migrants with number of migrant cases in parenthesis, 2004-2015

Provinces	score	Annual measles case													Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Bangkok	7.513	76	177	308	153	703	553	98	236	250	154	73	100	2,881 (25)	
Chon Buri	4.178	58	37	127	124	340	501	138	105	305	430	44	54	2,263 (140)	
Nakhon Ratchasima	3.535	235	133	97	65	273	206	121	124	380	84	36	65	1,819 (0)	
Pattani	3.240	75	174	59	197	276	209	86	200	447	41	29	12	1,805 (2)	
Narathiwat	3.022	147	151	39	211	605	258	41	138	388	51	45	29	2,103 (1)	
Yala	2.343	159	51	31	323	188	97	41	166	265	10	15	1	1,347 (0)	
Buri Ram	1.876	66	18	50	102	85	205	84	95	134	168	71	53	1,131 (0)	
Chiang Mai	1.982	109	99	61	101	675	154	115	89	177	90	23	20	1,713 (67)	
Surat Thani	1.524	69	37	43	55	68	40	12	24	55	54	82	12	551 (10)	
Songkhla	1.413	174	48	34	114	148	51	75	44	111	53	38	21	911 (13)	
Thailand		3,900	3,293	3,316	3,314	6,692	5,321	2,284	2,808	4,625	2,489	1,045	911	39,998	

Table S3 Top 10 province of high mumps case score among Thai and migrants, annual cases and total of Thai and migrants with number of migrant cases in parenthesis, 2004-2015

Provinces	score	Annual mumps case												Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Chiang Rai	6.218	369	259	221	392	859	978	831	461	485	335	199	246	5,635 (119)
Songkhla	3.976	148	372	199	660	691	419	270	148	232	532	171	80	3,922 (21)
Nakhon Ratchasima	3.540	448	368	215	178	612	1481	959	484	205	129	116	110	5,30 (2)
Chiang Mai	2.661	193	185	171	142	700	729	627	389	327	180	138	131	3,912 (86)
Si Sa Ket	2.630	439	335	860	585	460	254	220	142	158	81	78	106	3,718 (5)
Buri Ram	2.275	195	180	133	255	218	654	1439	566	225	143	115	92	4,215 (1)
Udon Thani	2.076	310	461	234	319	326	744	345	159	108	63	58	58	3,185 (0)
Nakhon Si Thammarat	1.657	301	270	204	334	489	321	154	129	254	321	122	97	2,996 (3)
Roi Et	1.533	612	301	126	80	98	160	240	140	82	55	39	37	1,970 (0)
Khon Kaen	1.492	244	235	151	193	278	916	658	203	178	113	82	108	3,359 (2)
Thailand		10,745	8,767	7,823	9,283	13,838	20,270	15,800	9,975	7,430	5,876	3,677	3,095	116,579

Table S4 Top 10 province of high rubella case score among Thai and migrants, annual cases and total of Thai and migrants with number of migrant cases in parenthesis, 2004-2015

Provinces	score	Annual rubella case												Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Bangkok	10.833	51	57	108	61	120	106	32	78	89	73	30	45	850 (9)
Samut Prakan	3.384	8	11	10	21	52	63	34	47	18	12	7	6	289 (2)
Chon Buri	2.762	8	11	8	22	44	28	24	41	22	13	2	13	236 (7)
Rayong	2.662	16	12	8	14	25	38	13	11	21	21	17	6	202 (5)

Table S4 (cont.) Top 10 province of high rubella case score among Thai and migrants, annual cases and total of Thai and migrants with number of migrant cases in parenthesis, 2004-2015

Provinces	score	Annual rubella case												Total
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Phetchaburi	2.498	1	6	14	0	8	7	57	10	59	11	1	1	175 (21)
Chiang Mai	1.995	10	8	11	6	20	14	14	9	21	27	8	10	158 (1)
Nakhon Pathom	1.902	22	38	11	9	22	5	5	10	8	4	1	6	141 (1)
Songkhla	1.765	26	14	13	9	8	10	6	5	5	8	0	1	105 (0)
Pathum Thani	1.738	5	4	6	5	7	6	5	6	8	19	15	19	105 (4)
Thailand		377	380	492	338	616	592	384	515	494	535	148	235	5,106

Table S5 Results of negative binomial regression of measles in the provincial level in difference of time period

Diseases	Birth rate at high level [#]		Birth rate at medium level [#]		Migrant pop./Thai pop.	
	IRR	95%CI	IRR	95%CI	IRR	95%CI
2013-2014	2.17	1.334 - 3.562***	1.47	0.854 - 2.611	1.61	0.284 - 12.854
2012-2014	3.03	1.912 - 4.846***	1.41	0.845 - 2.416	1.46	0.264 - 10.765
2011-2014	2.86	1.836 - 4.473***	1.37	0.838 - 2.293	0.94	0.164 - 7.162
2010-2014	2.74	1.826 - 4.123***	1.31	0.833 - 2.094	0.80	0.164 - 5.009
2009-2014	2.76	1.864 - 4.103***	1.37	0.899 - 2.121	0.86	0.196 - 4.857
2008-2014	2.79	1.886 - 4.145***	1.39	0.912 - 2.163	0.78	0.179 - 4.537
2007-2014	2.85	1.940 - 4.196***	1.35	0.882 - 2.093	0.84	0.202 - 4.590
2006-2014	2.52	1.735 - 3.689***	1.27	0.846 - 1.937	1.08	0.267 - 5.647
2005-2014	2.50	1.752 - 3.565***	1.20	0.813 - 1.801	0.92	0.250 - 4.270
2004-2014	2.44	1.741 - 3.438***	1.29	0.884 - 1.907	0.87	0.252 - 3.725

Note: [#] compare with baseline group as low level of birth rate (≤ 10.19 livebirths per 1,000 population)

Significant codes: 0.001 ***, 0.05 *

Table S6 Average birth rate of Thai population by province with statistics and histogram

Province	province code	Region	Order	Average birth rate	Frequency	Percent	Valid percent	Cumulative percent
Lampang	52	North	3	6.76	1	1.3	1.3	1.3
Phrae	54	North	5	7.07	1	1.3	1.3	2.6
Samut Sonkhram	75	Central	21	7.45	1	1.3	1.3	3.9
Phayao	56	North	7	7.67	1	1.3	1.3	5.2
Lumphun	51	North	2	8.12	1	1.3	1.3	6.5
Maha Sarakham	44	Northeast	15	8.21	1	1.3	1.3	7.8
Roi Et	45	Northeast	16	8.23	1	1.3	1.3	9.1
Chai Nat	18	Central	9	8.34	1	1.3	1.3	10.4
Sukhothai	64	Central	15	8.37	1	1.3	1.3	11.7
Uttaradit	53	North	4	8.50	1	1.3	1.3	13
Nan	55	North	6	8.61	1	1.3	1.3	14.3
Phetchabun	67	North	10	8.65	1	1.3	1.3	15.6
Kamphaeng Phet	62	Central	14	8.68	1	1.3	1.3	16.9
Yasothon	35	Northeast	6	8.90	1	1.3	1.3	18.2
Phichit	66	Central	17	8.95	1	1.3	1.3	19.5
Kalasin	46	Northeast	17	9.14	1	1.3	1.3	20.8
Chiang Rai	57	North	8	9.33	1	1.3	1.3	22.1
Si Sa Ket	33	Northeast	4	9.43	1	1.3	1.3	23.4
Chaiyaphum	36	Northeast	7	9.44	1	1.3	1.3	24.7
Nakhon Sawan	60	Central	12	9.59	1	1.3	1.3	26
Amnat Charoen	37	Northeast	8	9.69	1	1.3	1.3	27.3
UthaiThani	61	Central	13	9.83	1	1.3	1.3	28.6
Ang Thong	15	Central	6	9.93	1	1.3	1.3	29.9
Lob Buri	16	Central	7	9.99	1	1.3	1.3	31.2
Nakhon Phanom	48	Northeast	19	10.00	1	1.3	1.3	32.5
Nong Bua Lumphu	39	Northeast	10	10.10	1	1.3	1.3	33.8
Surin	32	Northeast	3	10.11	1	1.3	1.3	35.1
NongKhai	43	Northeast	14	10.12	1	1.3	1.3	36.4
Nonthaburi	12	Central	3	10.19	2	2.6	2.6	39.0
Phitsanulok	65	Central	16					
Sing Buri	17	Central	8	10.31	1	1.3	1.3	40.3
Buri Ram	31	Northeast	2	10.50	1	1.3	1.3	41.6
Chanthaburi	22	East	3	10.51	1	1.3	1.3	42.9
Nakhon Ratchasima	30	Northeast	1	10.61	1	1.3	1.3	44.2
SuphanBuri	72	Central	18	10.61	1	1.3	1.3	45.5
Phetchaburi	76	West	4	10.75	1	1.3	1.3	46.8
UdonThani	41	Northeast	12	10.78	1	1.3	1.3	48.1
Loei	42	Northeast	13	10.82	1	1.3	1.3	49.4
Sa Kaeo	27	East	7	10.87	1	1.3	1.3	50.6
Phatthalung	93	South	11	10.98	1	1.3	1.3	51.9
KhonKaen	40	Northeast	11	11.01	1	1.3	1.3	53.2
BuengKan	38	Northeast	9	11.13	1	1.3	1.3	54.5
Mukdahan	49	Northeast	20	11.15	1	1.3	1.3	55.8

Province	province code	Region	Order	Average birth rate	Frequency	Percent	Valid percent	Cumulative percent
Loei	42	Northeast	13	10.82	1	1.3	1.3	49.4
Sa Kaeo	27	East	7	10.87	1	1.3	1.3	50.6
Phatthalung	93	South	11	10.98	1	1.3	1.3	51.9
KhonKaen	40	Northeast	11	11.01	1	1.3	1.3	53.2
BuengKan	38	Northeast	9	11.13	1	1.3	1.3	54.5
Mukdahan	49	Northeast	20	11.15	1	1.3	1.3	55.8
Kanchanaburi	71	West	3	11.22	1	1.3	1.3	57.1
Trat	23	East	4	11.29	1	1.3	1.3	58.4
Nakhon Pathom	73	Central	19	11.30	1	1.3	1.3	59.7
Chiang Mai	50	North	1	11.36	1	1.3	1.3	61.0
Ubon Ratchathani	34	Northeast	5	11.52	1	1.3	1.3	62.3
SakonNakon	47	Northeast	18	11.74	1	1.3	1.3	63.6
Ranong	85	South	6	11.87	1	1.3	1.3	64.9
Ayuthaya	14	Central	5	11.99	1	1.3	1.3	66.2
Nakhon Si	80	South	1	12.08	1	1.3	1.3	67.5
Chachoengsao	24	East	5	12.30	1	1.3	1.3	68.8
PrachinBuri,	25	East	6	12.58	2	2.6	2.6	71.4
Prachuap Khiri	77	West	5					
Ratchaburi	70	West	2	12.73	1	1.3	1.3	72.7
Phangnga	82	South	3	12.74	1	1.3	1.3	74.0
Pathumthani	13	Central	4	12.76	1	1.3	1.3	75.3
Chumphon	86	South	7	12.85	1	1.3	1.3	76.6
SamutPrakan	11	Central	2	13.28	1	1.3	1.3	77.9
Nakhon Nayok	26	Central	11	13.47	1	1.3	1.3	79.2
Mae Hong Son	58	North	9	13.62	2	2.6	2.6	81.8
Saraburi	19	Central	10					
Trang	92	South	10	13.83	1	1.3	1.3	83.1
Surat Thani	84	South	5	15.53	1	1.3	1.3	84.4
Songkhla	90	South	8	15.67	1	1.3	1.3	85.7
Tak	63	West	1	15.74	1	1.3	1.3	87.0
Rayong	21	East	2	15.95	1	1.3	1.3	88.3
Satun	91	South	9	16.11	1	1.3	1.3	89.6
Krabi	81	South	2	16.99	1	1.3	1.3	90.9
Narathiwat	96	South	14	17.93	1	1.3	1.3	92.2
Bangkok	10	Central	1	18.00	1	1.3	1.3	93.5
Pattani	94	South	12	18.31	1	1.3	1.3	94.8
SamutSakhon	74	Central	20	21.69	1	1.3	1.3	96.1
Yala	95	South	13	21.75	1	1.3	1.3	97.4
Chon Buri	20	East	1	21.99	1	1.3	1.3	98.7
Phuket	83	South	4	22.07	1	1.3	1.3	100
Total					77	100	100	

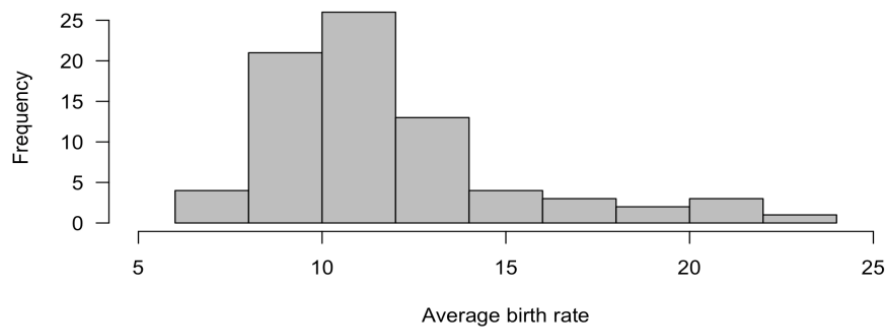
Statistics

N	77	
Mean	11.7939	
Median	10.8700 ^a	
Std. Deviation	3.50524	
Skewness	1.386	
Std. Error of Skewness	0.274	
Kurtosis	1.745	
Std. Error of Kurtosis	0.541	
Range	15.31	
Minimum	6.76	
Maximum	22.07	
Percentiles	25	9.5525 ^b
	50	10.8700
	75	12.7825
	100	

Note: a. Calculated from grouped data.

b. Percentiles are calculated from grouped data.

Histogram for Average birth rate by province, Thailand, 2004-2015



รายงานผลการดำเนินงาน รูปแบบปฏิบัติการ และความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสบเอในประเทศไทย

โดย นาย ฐาปนกร ก้อนทองคำ¹ และ รศ.ดร.อรุณรักษ์ คูเปอร์ มีโย¹

¹ ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. บทนำ

โรคตับอักเสบเอ (Hepatitis A) เกิดจากการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบชนิดเอ (hepatitis a virus, HAV) โดยไวรัสตับอักเสบชนิดเอเป็นหนึ่งใน 5 ชนิดของไวรัสตับอักเสบที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ และเป็นไวรัสที่ทำให้เกิดอาการตับอักเสบเฉียบพลันมากที่สุด (1, 2) โดยทั่วไป HAV ติดต่อผ่านการรับประทานอาหารหรือน้ำที่ปนเปื้อนเชื้อ (fecal-oral route) และบางครั้งสามารถติดต่อจากคนสู่คน (person-to-person contact) (3-5) โดยมีระยะฟักตัวเฉลี่ย 25-30 วัน (4, 6-8) ผู้ป่วยจะมีอาการแสดงที่สำคัญคือเกิดภาวะดีซ่าน (jaundice) และหลังจากติดเชื้อก็จะมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสตับอักเสบชนิดเอไปตลอดชีวิต (4, 6)

โรคตับอักเสบเออุบัติขึ้นอย่างกระจัดกระจายทั่วโลก โดย WHO ได้ประมาณการว่าทั่วโลกมีการติดเชื้อ HAV รายใหม่ประมาณ 1.4 ล้านรายต่อปี (7) ทั้งนี้ในบางพื้นที่มีโรค HAV อับัตินอย่างต่อเนื่องเป็นปกติในพื้นที่นั้นๆ จนกระทั่งถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีโรค HAV เป็นโรคประจำถิ่น (endemic areas) และบางพื้นที่อาจพบการระบาด (outbreak) ของโรค โดยจะพบผู้ป่วยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมากเกินปกติ แต่สำหรับบางพื้นที่ หากมีผู้ป่วยตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปที่เกิดจากการรับประทานอาหารและอาหารร่วมกันก็ถือว่าเกิดการระบาดของโรคเช่นเดียวกัน (9, 10) ซึ่งการระบาด (outbreak) ของโรค HAV เกิดขึ้นในทั่วโลกและมีแนวโน้มที่จะเกิดแบบซ้ำซาก ส่วนใหญ่เป็นการระบาดชนิดแหล่งรังโรคร่วมกัน (common-source) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับน้ำและอาหารที่ปนเปื้อน (7) เช่น ปี 1998 เกิดการระบาดของ HAV ในประเทศจีน ประมาณการว่ามีผู้ป่วยสูงถึง 300,000 ราย และเสียชีวิต 47 รายสาเหตุเกิดจากการรับประทานหอย (11) และปี 2013 เกิดการระบาดในประเทศแถบยุโรป 11 ประเทศ พบผู้ป่วยมากกว่า 1,300 ราย อายุเฉลี่ย 35 ปี สาเหตุเกิดจากผลเบอร์รี่แช่แข็ง (12) เป็นต้น

จากการศึกษาทั่วโลก พบว่า ปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อตับ HAV มีความสัมพันธ์กับอายุ สถานะสังคมเศรษฐกิจ และการสุขาภิบาล (2, 7) โดยปัจจัยด้านอายุ พบว่า ในประเทศด้อยพัฒนา ประเทศกำลังพัฒนา และประเทศพัฒนาแล้ว เด็กอายุต่ำกว่า 10 ปี มีสัดส่วนการติดเท่ากับ 90%, 40-74%, และน้อยกว่า 20% ตามลำดับ ซึ่งเด็กที่ติดเชื้อมักจะไม่มีแสดงอาการ ส่วนเด็กที่ไม่ติดเชื้อเมื่ออายุมากขึ้นก็จะกลายเป็นผู้ที่มีภูมิไวรับ โอกาสที่จะป่วยด้วยโรค HAV จึงสูงขึ้นและส่งผลให้อัตราป่วยจึงสูงขึ้นตามกลุ่มอายุ ส่วนปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจ พบว่า ผู้ที่มีฐานะทางสังคมเศรษฐกิจที่ไม่ดี รวมถึงสิ่งที่แสดงถึงฐานะทางสังคมเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ครอบครัวต่ำ ระดับการศึกษาต่ำ และครอบครัวขนาดใหญ่ มีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อ HAV ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบท จะมี

อัตราการติดเชื้อ HAV สูงกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตเมือง (13, 14) และภายในประเทศเดียวกัน สัดส่วนการติดเชื้อก็แตกต่างกันตามชาติพันธุ์ เช่น ผู้อพยพ ชนกลุ่มน้อย เป็นต้น (13, 15, 16) ส่วนปัจจัยด้านการสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม เช่น การขาดแคลนน้ำสะอาดและปลอดภัย การสุขาภิบาลและสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่ดี เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญที่สัมพันธ์กับการติดเชื้อ HAV โดยมีปัจจัยเสริม ได้แก่ การดื่มหรือใช้น้ำที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพจากแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนเชื้อ ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงคุณภาพน้ำและความครอบคลุมของการสุขาภิบาลกับอัตราการติดเชื้อ HAV พบว่า อัตราการติดเชื้อลดลง (14, 16, 17) แต่อย่างไรก็ตามผู้ที่มิมีฐานะทางเศรษฐกิจที่ไม่ดีก็จะสามารถเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาดอย่างจำกัด โดยผู้ที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น แม่น้ำ น้ำพุ หรือบ่อน้ำ ก็มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น ส่วนผู้ที่มีสุขลักษณะที่ดี เช่น ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ก็จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อทาง faecal-oral route หรือ direct route ได้ (18)

ซึ่งประเทศไทยนั้น จัดเป็นประเทศกำลังพัฒนา ฐานะทางเศรษฐกิจอยู่ในระดับปานกลางขั้นสูง (upper-middle income) (19) และจัดอยู่ในพื้นที่ติดเชื้อระดับปานกลาง (5) จากการสำรวจ anti-HAV ในประชากรไทยในปี 2000 พบว่า เด็กอายุ 1-18 ปี มีสัดส่วนการติดเชื้อ 7.9% ซึ่งกลุ่มอายุ 1-4 ปี, 5-9 ปี, 10-14 ปี และ 15-18 ปี มีสัดส่วนการติดเชื้อเท่ากับ 4.5%, 4.2%, 9.2% และ 15.9% ตามลำดับ (20) และการสำรวจในปี 2004 พบว่าในกลุ่มอายุต่ำกว่า 13 ปี, 13-25 ปี, 26-60 ปี และ 60 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนการติดเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ 6.4%, 14.9%, 84.2% และ 94.7% ตามลำดับ (21) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประชากรไทยมีสัดส่วนการติดเชื้อ HAV ลดลงตามอายุ ทั้งนี้การติดเชื้อในวัยเด็กที่ลดลง ส่งผลให้มีผู้ที่มิภูมิไวรับเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการระบาดจึงเพิ่มมากขึ้น (18, 20) ดังจะเห็นได้จากเหตุการณ์การระบาดของโรค HAV ตัวอย่างเช่น ในปี 2548 พบการระบาดในจังหวัดเชียงรายและลำปาง มีผู้ป่วยกว่า 1,800 ราย (22) และในปี 2555 พบการระบาดในจังหวัดบึงกาฬ มีผู้ป่วยกว่า 1,200 ราย (23) โดยส่วนใหญ่ผู้ป่วยมีอายุ 10-25 ปี โดยสาเหตุเกิดจากรับประทานน้ำแข็ง และอีกหลายเหตุการณ์ในจังหวัดสุพรรณบุรี สงขลา จันทบุรี นนทบุรี ชลบุรี นครศรีธรรมราช และกรุงเทพมหานคร เป็นต้น (24, 25)

จากการดำเนินงานการเฝ้าระวังการเกิดโรค HAV ของกระทรวงสาธารณสุข รวมทั้งการศึกษาในประเทศไทยหลายการศึกษาได้อธิบายอุบัติการณ์และสัดส่วนการติดเชื้อตามลักษณะของบุคคล ช่วงเวลาการเกิดโรค และพื้นที่ แต่กลับไม่พบการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจและปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่ออุบัติการณ์ในระดับประเทศ อีกทั้งยังไม่พบการประมาณค่าความเร็วการระบาด (Effective reproduction number, R_t) ของโรค HAV ซึ่งเป็นมาตรวัดที่สำคัญสำหรับการประเมินสถานการณ์การระบาดและมาตรการควบคุมโรค (26-28) จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะช่วยทำให้เข้าใจถึงปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์ต่อการเกิดโรค รวมถึงรูปแบบการระบาดและความเร็วการระบาดของโรค HAV ทั้งนี้ ข้อมูลที่ได้สามารถไปประเมินสถานการณ์การระบาดของโรคที่เกิดขึ้น และสามารถใช้ในการพัฒนาการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมการเกิดโรค HAV ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่ออธิบายรูปแบบอุบัติการณ์ของโรคตับอักเสบเอของประเทศไทยปี 2548 ถึง 2557
- 2) เพื่อระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอรายจังหวัดของประเทศไทย
- 3) เพื่อประมาณค่าความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสบเอในระดับจังหวัดจำแนกตามรูปแบบการระบาดแบบ outbreak และ endemic

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1) ค่าความเร็วการระบาด (Effective reproduction number, R_t) หมายถึง จำนวนเฉลี่ยของผู้ที่ติดเชื้อจากผู้ป่วยโรคตับอักเสบเอรายแรก ณ เวลา t บนสมมติฐานที่ว่า การติดเชื้อมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยเมื่อเวลาผ่านไปประชากรส่วนหนึ่งจะมีภูมิคุ้มกันต่อโรคและมีมาตรการควบคุมโรค ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการระบาดของโรคตับอักเสบเอในช่วงเวลาที่มีการระบาด
- 2) Endemic หมายถึง การเกิดขึ้นของผู้ป่วยโรคตับอักเสบเออย่างต่อเนื่อง โดยมีอุบัติการณ์การเกิดโรคเป็นปกติในพื้นที่นั้นๆ
- 3) Outbreak หมายถึง การเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ป่วยโรคตับอักเสบเออย่างรวดเร็วและมากเกินปกติ ภายในระยะเวลาและพื้นที่ที่จำกัด

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 ข้อมูลและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิของผู้ป่วยโรคตับอักเสบเอ คือ ผู้ที่เข้ารับบริการที่สถานบริการสาธารณสุขในทุกจังหวัดของประเทศไทยและได้รับการตรวจวินิจฉัยยืนยันเป็นผู้ป่วยโรคตับอักเสบเอ ตามคำนิยามผู้ป่วยโรคตับอักเสบเอ (29) โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบไปด้วย

- 1) ข้อมูลผู้ป่วยโรคตับอักเสบเอ จากรายงาน 506 ในระบบเฝ้าระวังโรคติดต่อสำนักโรคบาวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2557
- 2) ข้อมูลจำนวนประชากร ใช้ข้อมูลประชากรจำแนกรายปี จังหวัด และกลุ่มอายุ จากทะเบียนประชากร สำนักงานสถิติแห่งชาติ (30)
- 3) ข้อมูลปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้ต่อหัวประชากร ใช้ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (31) ส่วนจำนวนปีการศึกษา ขนาดครัวเรือน และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ครัวเรือนที่มีน้ำดื่มสะอาด และสวมถุงสุกสุกขณะ ใช้ข้อมูลจากโครงการสำรวจสำมะโนประชากรและเคหะ ปี 2543 และ 2553 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (32) รายละเอียดดังนี้

3.1 จำนวนปีการศึกษา หมายถึง จำนวนปีโดยเฉลี่ยที่สำเร็จการศึกษาของประชากรที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป

3.2 รายได้ต่อหัวประชากร (GPP per capita) หมายถึง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross provincial product) ต่อประชากรมีหน่วยเป็นบาท

3.3 ขนาดครัวเรือน หมายถึง จำนวนบุคคลเฉลี่ยที่อาศัยอยู่รวมกันใน 1 ครัวเรือน

3.4 น้ำดื่มสะอาด หมายถึง ครัวเรือนที่ดื่มน้ำประปา น้ำที่ผ่านการบำบัดโดยการต้มหรือกรอง น้ำบรรจุขวด น้ำหยอดเหรียญ และน้ำฝน ซึ่งไม่รวมครัวเรือนที่ดื่มน้ำบาดาล น้ำบ่อ และน้ำจากแม่น้ำลำคลอง โดยในการวิเคราะห์แสดงด้วยร้อยละของครัวเรือน

3.5 ส้วมถูกสุขลักษณะ หมายถึง ครัวเรือนที่มีลักษณะการใช้ส้วมชนิดนั่งห้อยเท้าหรือส้วมแบบนั่งยอง ซึ่งไม่รวมครัวเรือนที่ใช้ส้วมหลุม ส้วมถ้ำ ถ่ายลงแม่น้ำลำคลอง และไม่มีส้วมใช้ในครัวเรือน โดยในการวิเคราะห์แสดงด้วยร้อยละของครัวเรือน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ส่วนที่ 1 การอธิบายแนวโน้มอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบีต่อแสนประชากรต่อปี จำแนกรายจังหวัด ตั้งแต่ปี 2548 ถึง 2557 และจัดลำดับจังหวัดที่มีอุบัติการณ์มากที่สุด 10 อันดับ โดยการเลือกจังหวัดที่มีอุบัติการณ์สูงสุด 10 อันดับแรกของแต่ละปี และทำการให้คะแนนจังหวัดที่มีอุบัติการณ์สูงสุดตามลำดับที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 เท่ากับ 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 และ 1 คะแนนตามลำดับ ดังนั้นคะแนนรวมสูงสุดของแต่ละจังหวัดจะเท่ากับ 100 คะแนน หากจังหวัดใดมีคะแนนรวมมากหมายความว่ามียุบัติการณ์เกิดโรคมามาก

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบีต่อแสนประชากรสะสม 5 ปี จำแนกรายจังหวัด โดยปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ปี 2543 และ 2553 ใช้สำหรับวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์สะสมปี 2543-2547 และ 2553-2557 ตามลำดับ โดยใช้สถิติ Poisson regression

ส่วนที่ 3 การประมาณค่าความเร็วการระบาด (effective reproduction number, R_t) ของจังหวัดตัวอย่างตามลักษณะของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์เกิดโรค เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเร็วในการระบาดและรูปแบบอุบัติการณ์ของโรคตับอักเสบบีในพื้นที่ที่มีปัจจัยเสี่ยงสูง ด้วยค่าเฉลี่ยค่าสูงสุด และ 95%CI รายละเอียดดังนี้

1) การเลือกจังหวัดตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษา โดยจังหวัดตัวอย่างที่มีรูปแบบการระบาดชนิด outbreak จะพิจารณาจากอุบัติการณ์ต่อปีสูงสุดในรอบ 10 ปี จำนวน 2 จังหวัด และจังหวัดตัวอย่างที่มีรูปแบบการระบาดชนิดโรคประจำถิ่น (endemic) จำนวน 3 จังหวัด โดยอนุมานว่าจังหวัดที่มีสัดส่วนของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์เกิดโรคในสัดส่วนที่สูงจะมีโอกาสที่จะมีโรคอุบัติขึ้นอย่างต่อเนื่อง

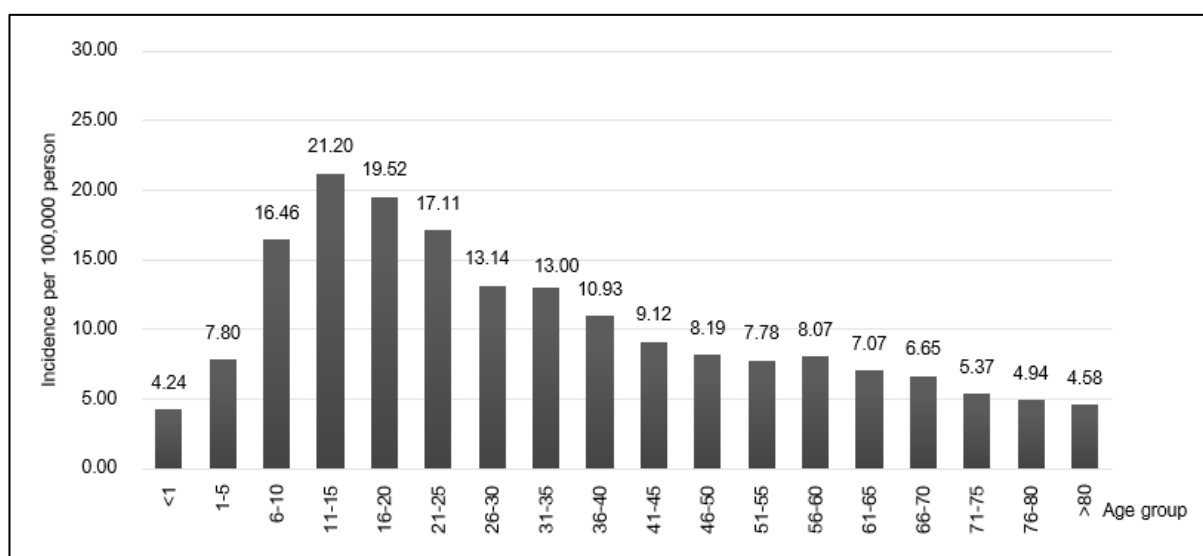
2) การสร้างกราฟเส้นโค้งการระบาด (Epidemic curve) ของการเกิดโรค HAV ในจังหวัดที่มีลักษณะการระบาดชนิด endemic และ outbreak โดยการสร้างกราฟใช้ตัวแปรวันเริ่มแสดงอาการป่วยของผู้ป่วย ซึ่งกำหนดให้แกน y แสดงจำนวนผู้ป่วย ส่วนแกน x แสดงถึงวันเริ่มป่วย และพิจารณาแหล่งรังโรคจากรูปแบบของ epidemic curve

3) การประมาณค่า R_t โดยใช้วิธีของ Wallinga และ Teunis (28) จากการกระจายของ generation interval ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่วันที่เริ่มแสดงอาการป่วย (date of onset) ของ primary case ถึงวันเริ่มแสดงอาการป่วยของ secondary case โดยใช้พื้นฐานของการประมาณความน่าจะเป็นของการติดเชื้อ ทั้งนี้หาก R_t มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า การระบาดของโรคนั้นเพิ่มขึ้นและบ่งชี้ว่าการระบาดไม่อยู่ภายใต้การควบคุม (out of control) แต่หาก R_t มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าการระบาดของโรคนั้นอยู่ในภาวะควบคุมได้ (under control) (26-28)

5. ผลการศึกษา

5.1 ลักษณะของผู้ป่วยโรคตับอักเสบบี

จากข้อมูลผู้ป่วยโรค HAV ในระบบเฝ้าระวังโรคติดต่อ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 ถึง 2557 มีจำนวนผู้ป่วยรวมทั้งสิ้น 7,497 ราย โดยผู้ป่วยเป็นเพศชาย ร้อยละ 59.52 และเพศหญิง ร้อยละ 40.48 เมื่อพิจารณาอายุของผู้ป่วย พบว่า ผู้ป่วยมีอายุเฉลี่ย 29 ± 17.59 ปี อายุต่ำสุด 2 วัน และสูงสุด 93 ปี โดยกลุ่มอายุ 11-15 ปีมีอุบัติการณ์สูงสุด เท่ากับ 21.20 ต่อแสนประชากร รองลงมาคือกลุ่มอายุ 16-20 ปี และ 21-25 ปี เท่ากับ 19.52 และ 17.11 ต่อแสนประชากรตามลำดับ

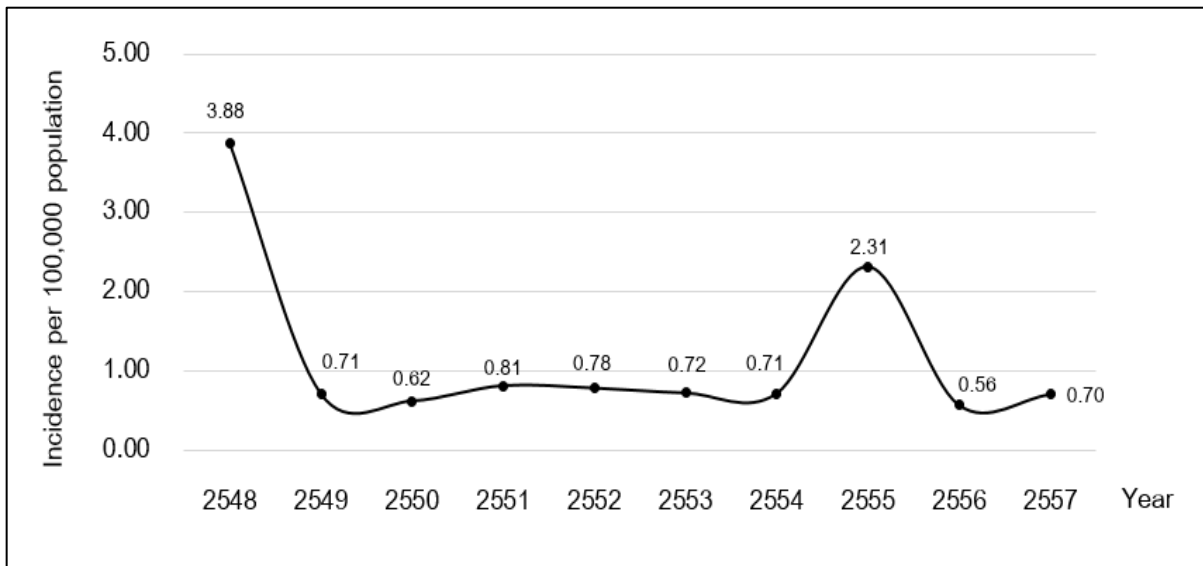


ภาพที่ 1 อุตการณ์โรคตับอักเสบบีต่อแสนประชากร ประเทศไทย ปี 2548 – 2557

5.2 อุตการณ์โรคตับอักเสบบี ปี 2548 - 2557

ประเทศไทยมีอุบัติการณ์โรค HAV ในทุกปีอยู่ต่ำกว่า 1 ต่อแสนประชากร ยกเว้นในปี 2548 และ 2555 ที่มีอุบัติการณ์เท่ากับ 3.88 และ 2.31 ต่อแสนประชากร ตามลำดับ (ภาพที่ 2) เมื่อพิจารณาอุบัติการณ์รายปี จำแนก 77 จังหวัด ในรอบ 10 ปี พบว่า จังหวัดที่มีอุบัติการณ์ของโรคสูงที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดตาก เชียงราย จันทบุรี ตราด พะเยา เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน นราธิวาส บึงกาฬ และ

น่าน ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยในรอบ 10 ปี จังหวัดบึงกาฬมีอุบัติการณ์สูงสุด เท่ากับ 258.35 ต่อแสนประชากรในปี 2555 และจังหวัดเชียงรายมีอุบัติการณ์เท่ากับ 103.83 ต่อแสนประชากร ในปี 2548



ภาพที่ 2 อุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอต่อแสนประชากร ประเทศไทย ปี 2548 – 2557

ตารางที่ 1 อุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอรายปีของจังหวัดที่มีคะแนนรวมอุบัติการณ์สูงสุด 10 อันดับแรก ปี พ.ศ.2548 - 2557

จังหวัด	คะแนนรวม	อุบัติการณ์ต่อแสนประชากร									
		2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557
ตาก	93	11.11	7.39	3.20	15.42	14.05	12.66	16.57	10.46	6.95	9.08
เชียงราย	60	103.83	4.57	1.96	3.91	6.61	2.75	2.84	2.92	1.00	1.41
จันทบุรี	55	11.44	0.80	1.19	3.35	3.91	5.64	4.45	4.79	1.91	1.90
ตราด	37	1.83	0.45	0.91	1.80	6.82	6.79	5.41	0.45	3.12	0.89
พะเยา	32	1.23	2.67	7.19	2.46	1.44	1.23	2.06	0.61	0.82	0.41
เชียงใหม่	24	4.48	2.29	0.84	0.90	0.80	1.28	1.21	1.63	1.32	1.49
แม่ฮ่องสอน	22	0.39	1.18	1.57	1.58	0.41	5.77	1.64	2.86	1.22	0
นราธิวาส	22	4.00	1.27	0.28	0.56	0.55	0.68	0.67	1.45	6.66	5.94
บึงกาฬ	22	-	-	-	-	-	-	0	258.35	4.32	1.67
น่าน	21	1.88	2.51	2.51	0.63	0.42	4.62	1.26	0.63	0.63	0

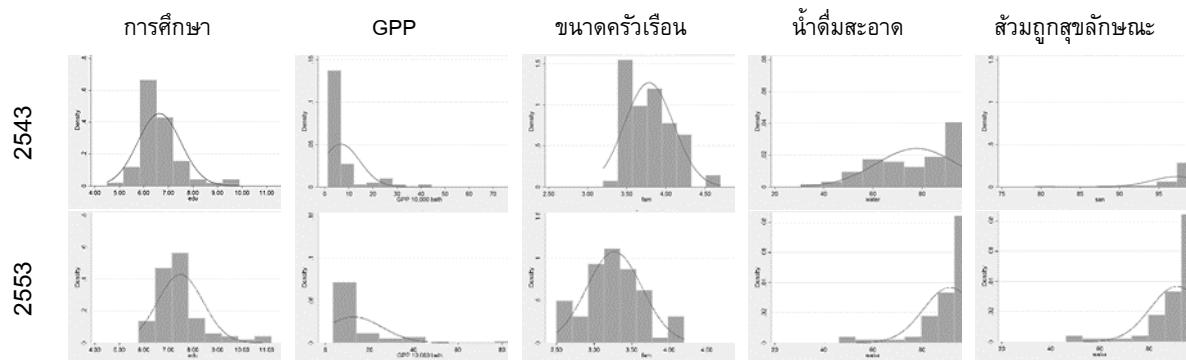
หมายเหตุ จ.บึงกาฬ ได้จัดตั้งขึ้นโดยแยกตัวจาก จ.หนองคาย ในปี 2554

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอ

ลักษณะของปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจ ปี 2543 และ 2553 พบว่า ค่ามัธยฐานของจำนวนปี ที่สำเร็จการศึกษาเพิ่มขึ้นจาก 6.5 ปี เป็น 7.4 ปี รายได้ต่อหัวประชากรเพิ่มขึ้นจาก 39,000 บาท เป็น 81,000 บาท ขนาดครัวเรือนมีขนาดเล็กลงจาก 3.8 คนต่อครัวเรือนเหลือ 3.3 คนต่อครัวเรือน ตามลำดับ ส่วนปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ปี 2543 และ 2553 พบว่า ครัวเรือนที่มีน้ำดื่มสะอาดมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 80.9% เป็น 94.9% ส่วนครัวเรือนที่ใช้ส้วมถูกสุขลักษณะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 98.5% เป็น 99.9% ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมรายจังหวัดของประเทศไทย ปี 2543 และ 2553

ปัจจัย	2543			2553		
	Mean(SD)	Median(IQR)	Min-Max	Mean(SD)	Median(IQR)	Min-Max
ปัจจัยสังคมเศรษฐกิจ						
จำนวนปีการศึกษา (ปี)	6.6 (0.9)	6.5 (0.9)	4.5-9.9	7.5 (0.9)	7.4 (0.9)	5.8-11.2
GPP (10,000 บาท)	6.7 (7.9)	3.9 (4.7)	1.4-44.4	12.8 (13.0)	8.1 (8.8)	3.6-87.3
ขนาดครัวเรือน (คน)	3.8 (0.3)	3.8 (0.5)	3.2-4.7	3.3 (0.4)	3.3 (0.5)	2.5-4.2
ปัจจัยสิ่งแวดล้อม						
น้ำดื่มสะอาด (%)	77.8 (16.5)	80.9 (30.4)	30.6-98.0	91.3 (10.9)	94.9 (10.6)	46.3-100
ส้วมถูกสุขลักษณะ (%)	97.3 (3.3)	98.5 (2.7)	79.3-99.9	99.6 (0.9)	99.9 (0.1)	93.9-100



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม

ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ปี 2543 กับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอสะสมปี 2543-2547 พบว่า จำนวนปีการศึกษา และสัดส่วนครัวเรือนที่ดื่มน้ำสะอาด มีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุบัติการณ์โรค HAV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยหากจำนวนปีการศึกษาเพิ่มขึ้น และสัดส่วนครัวเรือนที่ดื่มน้ำสะอาดเพิ่มขึ้นก็จะพบอุบัติการณ์โรค HAV ที่ลดน้อยลง ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ปี 2553 กับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอสะสมปี 2553-2557 พบว่า ขนาดครัวเรือนและ

สัดส่วนครัวเรือนที่ใช้ส้วมถูกสุขลักษณะ มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์โรค HAV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยหากขนาดครัวเรือนที่เพิ่มขึ้นจะพบอุบัติการณ์โรค HAV เพิ่มขึ้น และสัดส่วนครัวเรือนที่ใช้ส้วมถูกสุขลักษณะที่เพิ่มขึ้นก็จะพบอุบัติการณ์โรค HAV ที่ลดน้อยลง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบเอต่อแสนประชากรสะสมรายจังหวัดของประเทศไทย ปี 2543-2547 และ 2553-2557

ปัจจัย	อุบัติการณ์ต่อแสนประชากรสะสม 5 ปี					
	ปี 2543-2547			ปี 2553-2557		
	β	p-value	95%CI	β	p-value	95%CI
ปัจจัยสังคมเศรษฐกิจ						
จำนวนปีการศึกษา (ปี)	-0.559	0.01*	-1.00, -0.12	0.041	0.84	-0.35, 0.43
GPP (10,000 บาท)	0.029	0.13	-0.01, 0.07	0.012	0.15	-0.00, 0.03
ขนาดครัวเรือน (คน)	0.747	0.08	-0.10, 1.59	1.150	0.04*	-0.05, 2.26
ปัจจัยสิ่งแวดล้อม						
น้ำดื่มสะอาด (%)	-0.036	<0.001*	-0.05, 0.02	0.001	0.94	-0.03, 0.04
ส้วมถูกสุขลักษณะ (%)	0.008	0.79	-0.05, 0.07	-0.482	<0.001*	-0.81, -0.16

Poisson regression, *significant at the 0.05 level.

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ปี 2553 กับอุบัติการณ์สะสมปี 2553-2557 ที่พบว่า ขนาดของครัวเรือน และการใช้ส้วมถูกสุขลักษณะ มีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์โรค ดังนั้นการพิจารณาเลือกจังหวัดตัวอย่างที่มีการระบาดของโรค endemic เพื่อใช้ในการประมาณค่าความเร็วการระบาด จึงเลือกพิจารณาจากจังหวัดที่มีสัดส่วนครัวเรือนที่ใช้ส้วมไม่ถูกสุขลักษณะ พบว่า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และเชียงใหม่มีสัดส่วนครัวเรือนที่มีส้วมไม่ถูกสุขลักษณะมากที่สุด เท่ากับ 6.1%, 5.2% และ 1.9% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาจำแนกตามเขตเทศบาล พบว่า พื้นที่นอกเขตเทศบาลมีสัดส่วนครัวเรือนที่มีส้วมไม่ถูกสุขลักษณะมากกว่าพื้นที่ในเขตเทศบาล ทั้ง 3 จังหวัด ดังตารางที่ 4

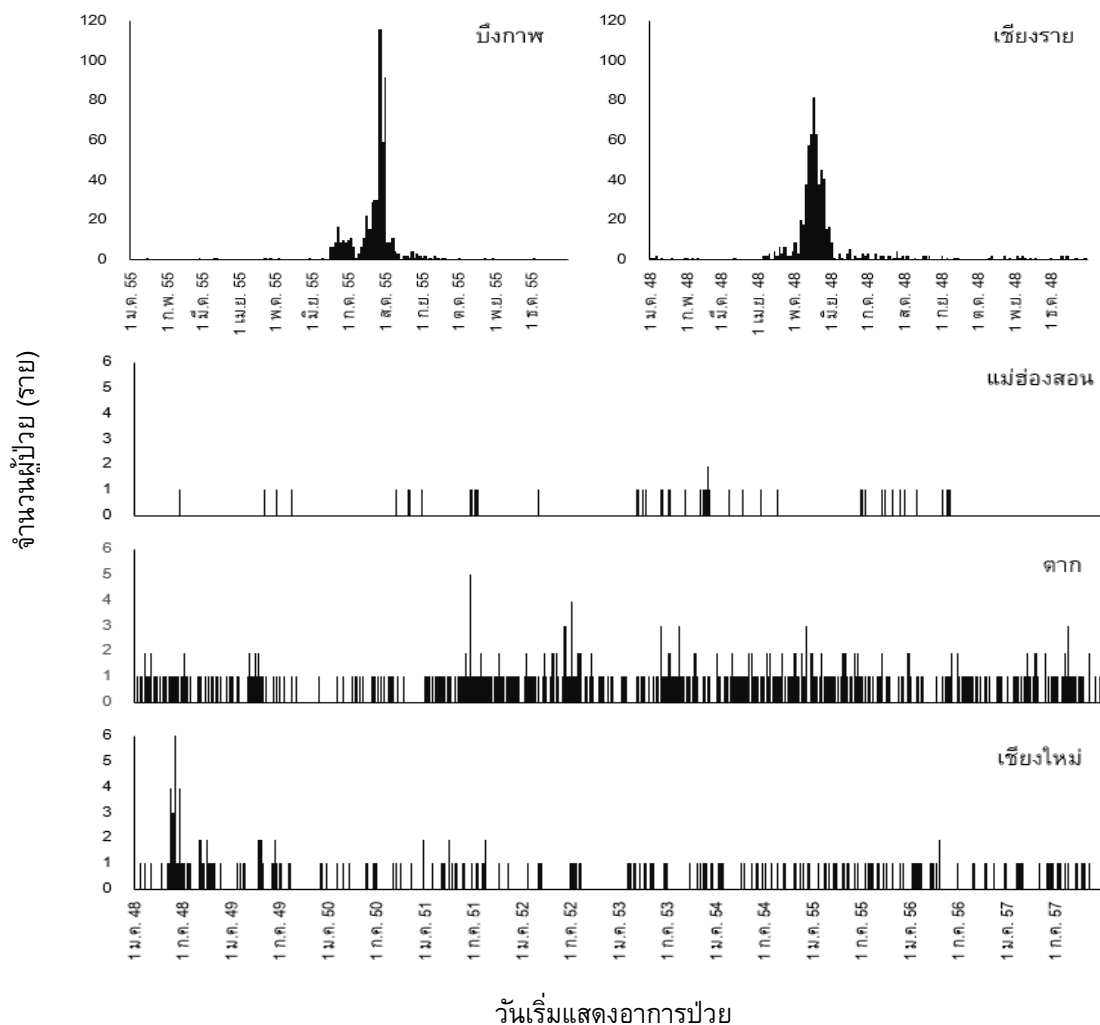
ตารางที่ 4 จังหวัด 5 อันดับแรกที่มีร้อยละครัวเรือนที่มีส้วมไม่ถูกสุขลักษณะมากที่สุด ปี 2553

จังหวัด	ร้อยละ		
	เฉลี่ยทั้งจังหวัด	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล
แม่ฮ่องสอน	6.1	0.2	7.4
ตาก	5.2	0.9	7.1
เชียงใหม่	1.9	0.4	4
บุรีรัมย์	1.1	0.7	1.2
ศรีสะเกษ	1	0.4	1.1

5.4 ความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสบบี

เมื่อพิจารณา Epidemic curve ของจังหวัดเชียงรายและบึงกาฬ มีลักษณะการระบาดชนิด outbreak และมีแหล่งรังโรคร่วม (common source) โดยจังหวัดเชียงรายมีผู้ป่วยทั้งหมด 1,272 ราย จำนวนผู้ป่วยสูงสุดในวันที่ 20 กรกฎาคม 2548 จำนวน 119 ราย ส่วนจังหวัดบึงกาฬมีผู้ป่วยทั้งหมด 1,067 ราย ผู้ป่วยสูงสุดในวันที่ 27 กรกฎาคม 2555 จำนวน 116 ราย ส่วนจังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และ เชียงใหม่ ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีลักษณะการระบาดชนิด endemic มีผู้ป่วยสะสม 10 ปี รวมทั้งหมด 41, 567 และ 269 รายตามลำดับ โดยผู้ป่วยเกิดขึ้นอย่างกระจายกระจายตลอดทั้ง 10 ปี (ภาพที่ 4)

ส่วนผลการประมาณค่าความเร็วการระบาดของจังหวัดตัวอย่าง พบว่า เหตุการณ์ระบาดของโรค HAV ในจังหวัดบึงกาฬ ปี 2555 มีค่า R_t สูงสุด 124.12 หมายความว่า ผู้ป่วยรายแรกแพร่กระจายเชื้อทำให้เกิดผู้ป่วยใหม่สูงสุด 124 ราย และเหตุการณ์ระบาดในจังหวัดเชียงราย ปี 2548 มีค่า R_t สูงสุด 26.49 ส่วนจังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และเชียงใหม่ ตลอดทั้ง 10 ปี มีค่า R_t เฉลี่ยเท่ากับ 1 และมีค่า R_t สูงสุดเท่ากับ 5.00, 8.67 และ 18.93 ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

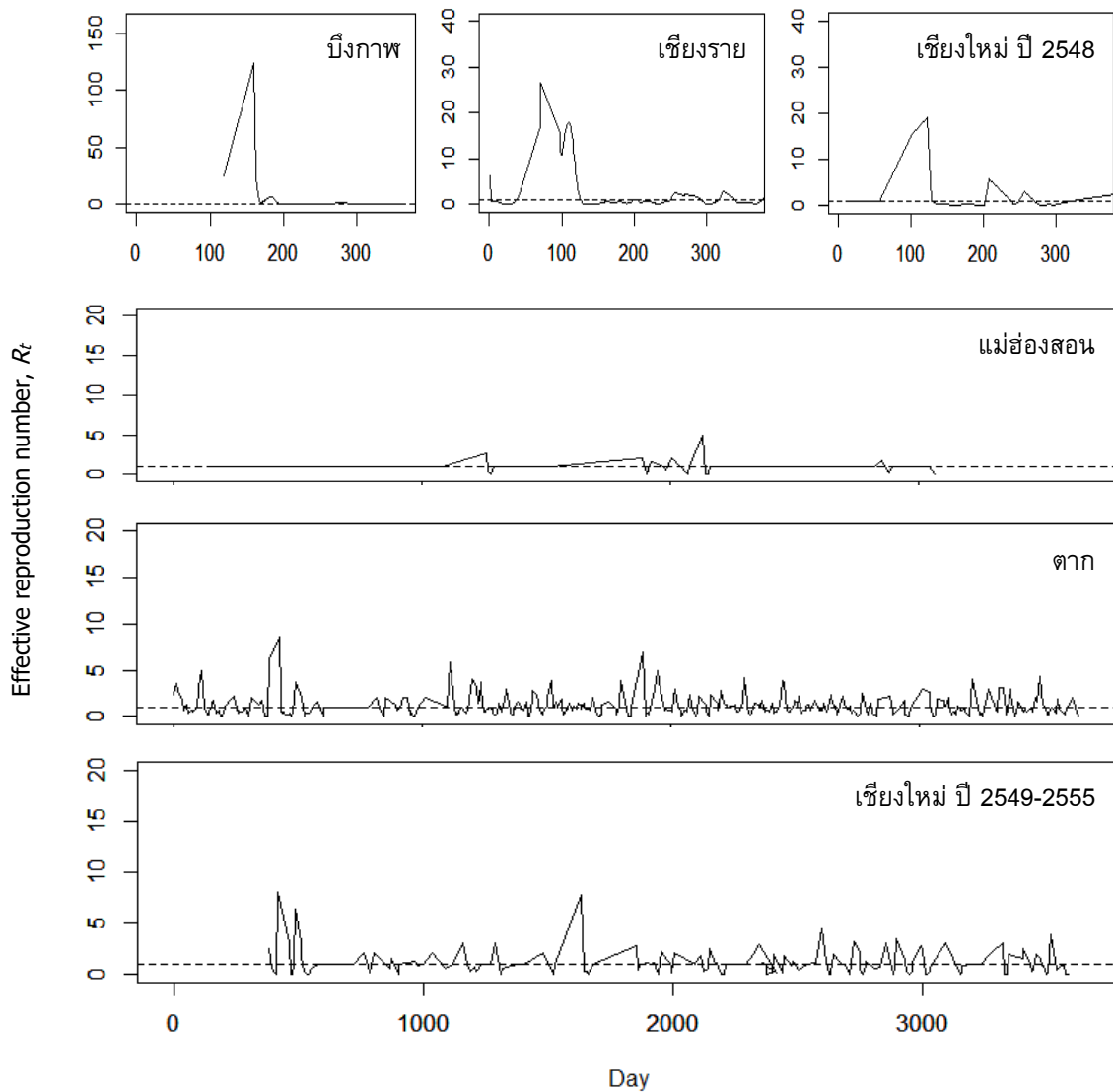


ภาพที่ 4 Epidemic curve ของผู้ป่วยโรคตับอักเสบบี จำแนกรายจังหวัด

ตารางที่ 5 ค่าความเร็วการระบาดเฉลี่ยของจังหวัดตัวอย่างที่มีรูปแบบการระบาดชนิด outbreak และ endemic ในประเทศไทย ปี 2548 - 2557

จังหวัด	รูปแบบการระบาด	R_t (S.D.)	Max	95%CI
บึงกาฬ*	Outbreak	3.27 (13.54)	124.12	0.42, 6.12
เชียงราย*	Outbreak	3.06 (5.53)	26.49	2.15, 3.96
เชียงใหม่*	Outbreak	1.24 (3.39)	18.93	0.28, 2.19
แม่ฮ่องสอน	Endemic	1.00 (0.88)	5.00	0.72, 1.28
ตาก	Endemic	1.03 (1.00)	8.67	0.94, 1.12
เชียงใหม่	Endemic	1.02 (1.23)	7.99	0.84, 1.19

หมายเหตุ *การประมาณค่า R_t ปีที่เกิดการระบาด



ภาพที่ 5 ค่าความเร็วการระบาดของโรคตับอักเสบบี จำแนกรายจังหวัด

6. อภิปรายผล

โรคตับอักเสบบีอุบัติขึ้นอย่างกระจัดกระจายในประเทศไทย ซึ่งอุบัติการณ์โรค HAV ตามกลุ่มอายุของประเทศไทยสอดคล้องกับธรรมชาติการเกิดโรคที่มักจะพบอุบัติการณ์สูงขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น และยังคงสอดคล้องกับการจำแนกพื้นที่การระบาดของ WHO ที่จำแนกให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการติดเชื้อระดับปานกลาง (5) โดยเด็กมีการติดเชื้อ HAV อยู่ในช่วงประมาณ 40-74% เมื่อเด็กที่ไม่ติดเชื้อเมื่อเติบโตขึ้นก็จะกลายเป็นผู้มีภูมิไวรับ และมีโอกาสป่วยเพิ่มมากขึ้น ทำให้อุบัติการณ์เกิดโรคจึงสูงในกลุ่มเด็กวัยรุ่นและผู้ใหญ่ตอนต้น และในอนาคตก็มีโอกาสที่จะเกิดการระบาดขนาดใหญ่สูงขึ้น (5)

ค่าความเร็วการระบาดของจังหวัดตัวอย่างของประเทศไทยมีความแตกต่างกันไปตามอุบัติการณ์ของโรค โดยจังหวัดบึงกาฬและเชียงรายที่มีอุบัติการณ์เท่ากับ 258.35 และ 103.83 ต่อแสนประชากร พบค่าความเร็วการระบาดสูงถึง 124.12 และ 26.49 ตามลำดับ ส่วนจังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก และเชียงใหม่ ที่มีอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบีเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี มีค่าความเร็วการระบาดเฉลี่ยเท่ากับ 1 และมีค่าความเร็วการระบาดเกิน 1 เป็นช่วงๆ ซึ่งหมายความว่าโรคตับอักเสบบีในจังหวัดดังกล่าวจัดเป็นพื้นที่จังหวัดที่มีการระบาดชนิด endemic ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจ seroprevalence ของจังหวัดตาก ปี 2552 – 2553 (33) พบว่า จังหวัดตากเป็นพื้นที่ที่มีการติดเชื้อระดับสูง โดยประชากรกว่า 71% มีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อ HAV และจะพบอุบัติการณ์เกิดโรคเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะค่า R_t กับ epidemic curve จะพบว่า ค่า R_t จะมีค่าสูงขึ้นก่อนที่ epidemic curve จะสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่า ณ เวลาที่ค่า R_t มีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่า 1 ณ เวลานั้นมีผู้ติดเชื้อโดยเฉลี่ยจากผู้ป่วยรายแรกเกินกว่า 1 รายเกิดขึ้น แสดงถึงแนวโน้มที่จะเกิดการระบาดของโรค จึงควรมีการดำเนินการสอบสวนการเกิดโรค และเร่งดำเนินการมาตรการเพื่อป้องกันและควบคุมโรค ก่อนที่จะพบผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การพิจารณาการระบาดจากค่า R_t ของการศึกษาในครั้งนี้ใช้เพียงข้อมูลวันเริ่มแสดงอาการป่วยในการประมาณค่า จึงสามารถนำไปปรับใช้สำหรับการเฝ้าระวังการเกิดการระบาดของโรคในอนาคต ซึ่งจะทำให้เราสามารถดำเนินการควบคุมป้องกันโรคได้อย่างทันท่วงที

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมกับอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบี พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงไป โดยอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบี ปี 2543-2547 มีความสัมพันธ์กับการศึกษา และน้ำสะอาด ส่วนอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบี ปี 2553-2557 มีความสัมพันธ์กับขนาดครอบครัว และสวมถุงสุญลักษณ์ ซึ่งเกิดจากการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย โดยพบว่าประเทศไทยมีการศึกษาที่ดีขึ้น ขนาดครอบครัวที่เล็กลง และมีสัดส่วนการดื่มน้ำสะอาดที่เพิ่มมากขึ้น มีการใช้ส้วมที่ถูกสุญลักษณ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่พบว่า ผู้ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจที่ดี รวมถึงสิ่งต่างๆ ที่แสดงถึงฐานะทางเศรษฐกิจ เช่น ผู้ที่มีการศึกษาที่ดีกว่า ขนาดครอบครัวที่เล็กกว่า จะพบอุบัติการณ์โรคตับอักเสบบีที่น้อยลง (13, 15, 16) รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพน้ำ และความครอบคลุมของการสุขาภิบาลมีความสัมพันธ์กับอัตราการติดเชื้อและอุบัติการณ์ที่ลดลง (13, 14, 16, 17) แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยทางด้านสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมอาจมีความเชื่อมโยงกันเป็นพลวัตร โดยผู้ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจที่ไม่ดีก็ยังสามารถเข้าถึงแหล่งน้ำสะอาดอย่างจำกัด ในพื้นที่ชนบทที่มีการสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมที่ไม่ดี

เท่าเขตเมือง ผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตชนบทจะมีอัตราการติดเชื้อ HAV สูงกว่าผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตเมือง (13, 14) เป็นต้น ดังนั้น การป้องกันและควบคุมโรคด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทย จึงควรเน้นมาตรการสำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการปรับปรุงด้านสุขาภิบาลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีการสุขาภิบาลที่ไม่ดี เช่น ในเขตชนบทในบางจังหวัดของประเทศไทย

การประมาณค่า R_t โดยใช้ข้อมูลวันเริ่มแสดงอาการป่วยในการคำนวณ generation interval อาจไม่เหมาะสมกับโรค HAV เนื่องจาก HAV สามารถแพร่เชื้อได้ก่อนที่ผู้ป่วยจะแสดงอาการทำให้ จึงอาจพิจารณาใช้ latent period ในการคำนวณ generation interval จะช่วยให้การรายงานผู้ป่วยมีความทันเวลาและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (34) และการประมาณค่า R_t ในครั้งนี้ไม่ได้คำนึงถึงสัดส่วนของผู้ที่มีความไวต่อการติดเชื้อในพื้นที่ รวมถึงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณเชื้อที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม จึงอาจทำให้ผลการประมาณค่าคลาดเคลื่อนได้

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลผู้ป่วยจากรายงาน 506 ของระบบเฝ้าระวังการเกิดโรคติดต่อของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งการดำเนินงานเฝ้าระวังเป็นการติดตามแนวโน้มการเกิดโรคหรือภัย เพื่อใช้สำหรับการป้องกันควบคุมโรคหรือภัยเป็นหลัก มิใช่เป็นรายงานสถิติของโรคนั้นๆ เนื่องจากมีการนิยามจำแนกผู้ป่วยสงสัยและผู้ป่วยเข้าข่าย โดยมีใช้ผู้ป่วยยืนยัน ซึ่งกรณีที่เกิดการระบาดของโรค HAV และไม่สามารถตรวจยืนยันผลทางห้องปฏิบัติการในผู้ป่วยทุกราย ดังนั้นอาจมีการรายงานจำนวนผู้ป่วยที่มากเกินไปจนเกินความจริง (over-estimate) และส่งผลต่ออุบัติการณ์เกิดโรคและค่า R_t ที่สูงเกินความจริงเช่นกัน ตัวอย่างเช่น การระบาดของโรคตับอักเสบเอในจังหวัดบึงกาฬ ปี 2555 ซึ่งมีการรายงานผู้ป่วยสงสัย 241 ราย (18.9%) ผู้ป่วยเข้าข่าย 850 ราย (66.8%) และมีผู้ป่วยยืนยัน 181 ราย (14.2%) (23) ส่วนกรณีของพื้นที่ที่มีโรคตับอักเสบเอเป็นโรคประจำถิ่น อุบัติการณ์ในเด็กอาจต่ำกว่าความเป็นจริง (under-estimate) เนื่องจากธรรมชาติของโรคตับอักเสบเอ เด็กที่ติดเชื้อมากกว่า 80% จะไม่แสดงอาการ (asymptomatic) ส่วนผู้ใหญ่จะแสดงอาการของโรคมากกว่า 75% (1) ดังนั้น การรายงานอุบัติการณ์ในผู้ใหญ่จะเป็นการรายงานแนวโน้มการเกิดโรคที่ถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตามการรายงานอุบัติการณ์ในเด็กนั้นสามารถสะท้อนถึงความถี่การติดเชื้อ HAV ในกลุ่มเด็กที่เปลี่ยนไป ซึ่งนำไปใช้ในการวางแผนในการป้องกันโรคได้ (35)

บรรณานุกรม

1. WHO. Hepatitis A2015 [cited 2016 Jan 02]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs328/en/>.
2. Franco E, Meleleo C, Serino L, Sorbara D, Zaratti L. Hepatitis A: Epidemiology and prevention in developing countries. World Journal of Hepatology. 2012;4(3):68-73.
3. CDC. Hepatitis A. In: Hamborsky J KA, Wolfe S., editor. Epidemiology and Prevention of Vaccine-Preventable Diseases. Washington D.C. Public Health Foundation 2015. p. 135-48.
4. Cuthbert JA. Hepatitis A: Old and New. Clinical Microbiology Reviews. 2001;14(3):642-.

5. WHO. The Global Prevalence of Hepatitis A Virus Infection and Susceptibility: A Systematic Review 2010. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70180/1/WHO_IVB_10.01_eng.pdf.
6. Brundage SC, Fitzpatrick AN. Hepatitis A. *American family physician*. 2006;73(12):2162-8.
7. WHO. Hepatitis A: Department of Communicable Disease Surveillance and Response; 2000 2015 Dec 23]. Available from: <http://www.who.int/csr/disease/hepatitis/whocdscsredc2007/en/>.
8. Heymann DL. Viral Hepatitis A. In: Heymann DL, editor. *Control of communicable diseases manual*. Washington D.C.: American Public Health Association; 2008. p. 278-84.
9. CDC. *Principles of Epidemiology in Public Health Practice*. Atlanta 2012. Available from: <http://www.cdc.gov/opphss/csels/dsepd/ss1978/ss1978.pdf>.
10. Gordis L. *Epidemiology*. 5th, editor. Canada: Elsevier; 2014. 392 p.
11. Cooksley WG. What did we learn from the Shanghai hepatitis A epidemic? *Journal of viral hepatitis*. 2000;7 Suppl 1:1-3.
12. CDC. Outbreak of Hepatitis A in EU/EEA countries. Stockholm: ECDC; 2014 April 11.
13. Seo JY, Seo JH, Kim MH, Ki M, Park HS, Choi BY. Pattern of Hepatitis A Incidence According to Area Characteristics Using National Health Insurance Data. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2012;45(3):164-73.
14. de Alencar Ximenes RA, Martelli CMT, Merchán-Hamann E, Montarroyos UR, Braga MC, de Lima M, et al. Multilevel analysis of hepatitis A infection in children and adolescents: a household survey in the Northeast and Central-west regions of Brazil. *International journal of epidemiology*. 2008;37(4):852-61.
15. Venczel L, Brown S, Frumkin H, Simmonds-Diaz J, Deitchman S, Bell BP. Prevalence of hepatitis A virus infection among sewage workers in Georgia. *American journal of industrial medicine*. 2003;43(2):172-8.
16. Zago-Gomes MP, Stantolin GC, Perazzio S, Aikawa KH, Goncalves CS, Pereira FE. Prevalence of anti-hepatitis A antibodies in children of different socioeconomic conditions in Vila Velha, ES. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. 2005;38(4):285-9.
17. Tsai CF, Lin DB, Chen SC, Chang YH, Chen CY, Lin JB. Seroepidemiology of hepatitis A virus infection among schoolchildren in Taiwan. *Journal of medical virology*. 2011;83(2):196-200.
18. Jacobsen KH, Koopman JS. Declining hepatitis A seroprevalence: a global review and analysis. *Epidemiology and Infection*. 2004;132(6):1005-22.

19. Source for income group classifications: World Bank 2012 data [Internet]. [cited Feb 02, 2016]. Available from: <http://data.worldbank.org/about/country-classifications/country-and-lending-groups>.
20. Poovorawan Y, Theamboonlers A, Sinlaparatsamee S, Chaiear K, Siraprapasiri T, Khwanjaipanich S, et al. Increasing susceptibility to HAV among members of the young generation in Thailand. *Asian Pacific journal of allergy and immunology / launched by the Allergy and Immunology Society of Thailand*. 2000;18(4):249-53.
21. Ratanasuwan W, Sonji A, Tiengrim S, Techasathit W, Suwanagool S. Serological survey of viral hepatitis A, B, and C at Thai Central Region and Bangkok: a population base study. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*. 2004;35(2):416-20.
22. Phanwong S, Kamsrisuk S, Chaichan B, Kamla W, Chaiwanna R, Pongsuparp N, et al. An Outbreak of Viral Hepatitis A in Wiangpapao District, Chiang Rai Province, 2005. *Journal of Health System Research*. 2008;2(1):76-81.
23. Saritapirak N, Waisaen C, Juntree K, Singkham P, Monpangtiem K, Diregpoke B, et al. A Hepatitis A Outbreak Caused by Implicated Ice from a Factory in Bueng Kan Province, Thailand, 2012. *Journal of Health Science*. 2015;24(4):600-11.
24. Barameechai K, Sa- Nguanmoo P, Suwannakarn K, Thongmee C, Payungporn S, Chongsrisawat V, et al. Molecular characterisation of the hepatitis A virus circulating in the 2001-2005 outbreaks in Thailand. *Annals of tropical medicine and parasitology*. 2008;102(3):247-57.
25. Kittigu L. Hepatitis A virus. *Virus in foods and water*. Bangkok: Best graphic press; 2015. p. 73 - 95.
26. Castillo- Chavez GCJMHLMABC. *Mathematical and Statistical Estimation Approaches in Epidemiology*: Springer Netherlands; 2009. 363 p.
27. Haydon DT, Chase-Topping M, Shaw DJ, Matthews L, Friar JK, Wilesmith J, et al. The construction and analysis of epidemic trees with reference to the 2001 UK foot-and-mouth outbreak. *Proceedings Biological sciences / The Royal Society*. 2003;270(1511):121-7.
28. Wallinga J, Teunis P. Different epidemic curves for severe acute respiratory syndrome reveal similar impacts of control measures. *American journal of epidemiology*. 2004;160(6):509-16.
29. สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพ. *นิยามโรคติดต่อแห่งประเทศไทย*. Bangkok: Organization of transportation of goods and phatduphan; 2544.

30. ประชากรจากทะเบียน ปี 2005 - 2015 [Internet]. 2017 [cited Jan 30, 2017]. Available from:
<http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries01.html>.
31. Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measures 2015 [Internet]. Office of
 The National Economic and Social Development Board. 2015 [cited March 13, 2017].
 Available from: http://www.nesdb.go.th/main.php?filename=gross_regional.
32. รายงานสำมะโนประชากรและเคหะ [Internet]. 2553 [cited Jan 30, 2017]. Available from:
<http://popcensus.nso.go.th/home.php>.
33. Rianthavorn P, Fakthongyoo A, Yamsut S, Theamboonlers A, Poovorawan Y. Seroprevalence
 of Hepatitis A among Thai Population Residing Near Myanmar Border. *Journal of
 Health, Population, and Nutrition*. 2011;29(2):174-7.
34. Reijn E, Swaan CM, Kretzschmar ME, van Steenberghe JE. Analysis of timeliness of
 infectious disease reporting in the Netherlands. *BMC public health*. 2011;11:409.
35. CDC. Guidelines for Viral Hepatitis Surveillance and Case Management. Atlanta, GA2005.
 42 p.

วัตถุประสงค์ที่ 2

To determine the seroprevalence of vaccine preventable diseases among migrant populations in Thailand

การศึกษาความชุกของการมีภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีของแรงงานข้ามชาติในประเทศไทย

“Prevalence of protective immunity for Diphtheria, Measles, Rubella, and Hepatitis A of migrant workers in Thailand”

สมคิด คงอยู่¹วท.ม., ปณิธิธัมมวิริยะ¹ปร.ด., วิริชดา ปานงาม²ส.ด., อรุณรักษ์ มีไย³ปร.ด., เกียรติศักดิ์ ฤชุศาสตร์⁴ส.ด.,

อัจฉริยา ลูกบัว⁴วท.ม., สุภาพร ภูมิอมร⁵, ส.ด., โสภณ เอี่ยมศิริถาวร¹ปร.ด.

1 สำนักกระบวนวิชา กรมควบคุมโรค, 2 คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล, 3 คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล, 4. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุขกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์,

5 สถาบันชีววัตถุกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

บทคัดย่อ

การให้วัคซีนป้องกันโรคเป็นกลยุทธ์ในการควบคุมโรคติดต่อที่มีประสิทธิภาพ ประเทศไทยเริ่มดำเนินโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในเด็ก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2520 สามารถลดอัตราการป่วยและเสียชีวิตด้วยโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนได้อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันพบมีการกลับมาระบาดของโรคกลุ่มดังกล่าวในหลายพื้นที่ โดยคาดว่าเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย อาทิ ระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี หรือระดับภูมิคุ้มกันโรคในผู้ใหญ่ลดลง ทำให้ระดับภูมิคุ้มกันโรคในชุมชน (Herd Immunity) ลดต่ำลงตามไปด้วย โดยมีปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญคือ การเคลื่อนย้ายแรงงานข้ามชาติ โดยเฉพาะแรงงานที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนและไม่ได้รับการตรวจคัดกรองโรคหรือไม่ได้รับการสุขภาพตามระบบ รวมถึงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค ซึ่งเอื้อต่อการแพร่ระบาดของโรคได้อย่างรวดเร็ว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินความชุกของระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี โดยการวัดระดับแอนติบอดีชนิดไอจีจี (IgG Antibody) จากตัวอย่างน้ำเหลือง และเพื่อประเมินความรู้เจตคติต่อโรคและวัคซีน และเหตุผลในการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีน กลุ่มตัวอย่างคือแรงงานข้ามชาติสัญชาติพม่า กัมพูชา และลาว ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป รับจ้างในสถานประกอบการประเภทโรงงานและตลาดค้าส่งสินค้าทางเกษตรขนาดใหญ่ จังหวัดปทุมธานี โดยมีรูปแบบการศึกษาเป็นการสำรวจแบบภาคตัดขวาง ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ราย ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบทางสถิติที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ ANOVA หรือ Kruskal-Wallis test สำหรับตัวแปรต่อเนื่อง ส่วนตัวแปรจัดกลุ่มใช้ Chi-square test หรือ Fisher's exact test ผลการศึกษาพบว่า ความชุกของระดับภูมิคุ้มกันที่เพียงพอต่อการป้องกันโรคในภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามเชื้อชาติอยู่ในระดับสูง โดยเมื่อจำแนกเป็นรายโรค พบมีระดับภูมิคุ้มกันเพียงพอต่อการป้องกันโรคคอตีบ ร้อยละ 85.75 หัด (92.19) ไวรัสตับอักเสบบี (89.25) และหัดเยอรมัน (75.13) จากการสอบถามความรู้ต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน พบว่า ส่วนใหญ่ตอบว่าไม่รู้จักโรคคอตีบ ร้อยละ 99.25 หัด (98.75) หัดเยอรมัน (98.25) ไวรัสตับอักเสบบี (99.00) กลุ่มตัวอย่างตอบว่าไม่รู้จักวัคซีน ร้อยละ 88.25 ในขณะที่มีความต้องการได้รับการฉีดวัคซีน ร้อยละ 88.75 โดยในกลุ่มที่ต้องการได้รับวัคซีนให้ความคิดเห็นว่าปัจจัยหรือเหตุผลในการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีนสูงสุด คือ สามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค/ความปลอดภัยทางสุขภาพ ร้อยละ 51.27 สำหรับกลุ่มที่ตอบว่ารู้จักและเคยใช้บริการฉีดวัคซีน พบว่า ส่วนใหญ่นิยมไปใช้บริการที่โรงพยาบาลของรัฐ ร้อยละ 82.6 และร้อยละ 80.43 ของผู้เคยได้รับวัคซีนไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้บริการ ส่วนช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสารมักได้รับจากบุคลากรทางการแพทย์ซึ่งเป็นผู้แนะนำให้ไปฉีดวัคซีน ร้อยละ 58.70 ด้านเจตคติต่อวัคซีนโดยรวมอยู่ในระดับดี (mean 71.73, SD 30.86) ข้อเสนอแนะที่สำคัญคือ การให้ความรู้และข้อมูลข่าวสารด้านโรคติดต่อ และประโยชน์ของการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค ร่วมกับการเพิ่มการเข้าถึงบริการสาธารณสุขที่จำเป็นเหมาะสม ซึ่งรวมถึงการได้รับการบริการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค โดยผลักดันให้แรงงานข้ามชาติเข้าสู่ระบบประกันสุขภาพตามนโยบายของกระทรวงสาธารณสุข

คำสำคัญ: โรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี/ระดับภูมิคุ้มกัน/แรงงานข้ามชาติ

Keywords: Immunity, Diphtheria, Measles, Rubella, Hepatitis A, Migrant workers

ABSTRACT

“Prevalence of protective immunity for Diphtheria, Measles, Rubella, and Hepatitis A of migrant workers in Thailand”

Somkid Kongyu¹ M.Sc., Panithee Thammawijaya¹ Ph.D, Wirichada Pan-ngam² Ph.D, Aronrag Cuper Meeyai³ Ph.D, Kriangsak Ruchusatsawat⁴ Ph.D, Atchariya Lukebua⁴ M.Sc., Supaporn Phumiamorn⁵ Ph.D, Sopon Iamsirithaworn¹, Ph.D

1. Bureau of Epidemiology Department of Disease Control, 2. Tropical Medicine Faculty Mahidol University, 3. Public Health Faculty Mahidol University, 4. National Institute of Health Department of Medical Sciences, 5. Institute of Biological Products Department of Medical Sciences

Immunization is one of the most cost-effective strategies to control infectious diseases. It has been firstly practiced in Thailand since 1977 through the National Expanded Program on Immunization (EPI) with the aim of significantly reducing morbidity and mortality from common vaccine-preventable diseases. However, there was a resurgence of vaccine-preventable diseases in Thailand recently. Possible explanations are: 1) low immunization coverage in a particular location among children age less than 5 years with coverage below the herd immunity level, 2) waning immunity in adults, and 3) movements of the migrants population especially unregistered workers. Purposes of this survey were to determine the seroprevalence of 4 vaccine preventable diseases, including Diphtheria, Measles, Rubella, and Hepatitis A, among migrant populations in Thailand and describe their knowledge and attitude on immunization and service. The study was conducted among a sample of 400 migrant labours from Myanmar, Cambodia and Laos aged over 18 years, using the stratified random sampling method. Data were collected by interviewing using a structured questionnaire. Statistical data analyses performed in this study included ANOVA or Kruskal-Wallis test for continuous variables and Chi-square test or Fisher's exact for categorical variables. The results showed that, among total samples, the proportion of protective immunity for Diphtheria was 85.75% Measles (92.19) Hepatitis A (89.25) and Rubella (75.13). More than 98% of study population did not understand about diseases and immunization. The most common reason to receive immunization is for preventing the disease (51.27%). Among those reportedly vaccinated, most of them received immunization from government hospitals (82.6%), free of charge (80.43%) and their attitude on immunization had high mean score (mean 71.73, SD 30.86). Based on study findings, activities to increase the knowledge level of communicable disease and vaccine usefulness needs to be improved. Encouragement of labors to be officially registered is important for increasing access to health care, including immunization services.

Keyword: resurgence, vaccine preventable disease, diphtheria, measles, rubella, hepatitis A

1. บทนำ

การให้วัคซีนป้องกันโรคเป็นกลยุทธ์ในการควบคุมโรคติดต่อที่มีประสิทธิภาพ ประเทศไทยเริ่มดำเนินโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในเด็ก (EPI) ในปี พ.ศ.2520 สามารถลดอัตราป่วยและเสียชีวิตด้วยโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนได้อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันพบมีการกลับมาระบาดของโรคดังกล่าวในหลายพื้นที่โดยไม่ทราบถึงปัจจัยต้นเหตุที่แท้จริงที่เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย อาทิ ระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี หรือระดับภูมิคุ้มกันโรคในผู้ใหญ่ลดลง ทำให้ระดับภูมิคุ้มกันโรคในชุมชน (Herd Immunity) ลดต่ำลงตามไปด้วย ส่วนปัจจัยอื่นน่าจะเป็นผลมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายแรงงานข้ามชาติเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะแรงงานเถื่อนที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนและไม่ผ่านการตรวจคัดกรองโรค หรือไม่ได้รับการดูแลสุขภาพตามระบบ รวมถึงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค ทำให้เกิดโรคระบาดในเด็กที่ไม่ได้รับวัคซีนที่คลอດจากการดาที่อพยพเข้ามามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งสภาพความเป็นอยู่ที่ต้องอยู่รวมกันอย่างแออัดสิ่งแวดล้อมเน่าเสียยังเอื้อต่อการแพร่โรคได้อย่างรวดเร็ว (1,2) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนชาวไทย โดยเฉพาะในจังหวัดชายแดนและจังหวัดเศรษฐกิจขนาดใหญ่

ข้อมูลเฝ้าระวังโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติปี พ.ศ. 2552-2555 พบมีการระบาดของโรคติดต่อในหลายพื้นที่ อาทิโรคชิคุนกุนยา ไข้สมองอักเสบ โรคมือเท้าปาก สดริบไทฟัส ไทฟอยด์ และตับอักเสเบในศูนย์อพยพผู้ลี้ภัยชาวพม่า อหิวาตกโรคในแรงงานประมงจังหวัดปัตตานี หัดเยอรมันในโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดระยองและชลบุรี คอตีบใน 8 จังหวัด และ ไวรส์ตับอักเสเบในจังหวัดบึงกาฬ ซึ่งเป็นจังหวัดชายแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศลาว และ หัดในแรงงานพม่าจังหวัดสมุทรสงครามและสมุทรสาคร เป็นต้น โดยสถานการณ์การระบาดมีความรุนแรงมากขึ้นน้อยแตกต่างกันไป รวมถึงมาตรการและความครอบคลุมของการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในแต่ละจังหวัด ที่ขึ้นอยู่กับความจริงจังของหน่วยงานภาครัฐ และการเข้าถึงบริการสุขภาพของกลุ่มเป้าหมายเป็นหลัก (3) ผลการสำรวจความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนขั้นพื้นฐานในโครงการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค (National EPI program) ขององค์การอนามัยโลก เมื่อเดือนกรกฎาคม 2558 (4) รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีน จำแนกตามประเทศ ปี 2558

ลำดับ	ประเทศ	ระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีน (%)			
		DTP (เข็ม3)	หัด (เข็ม 2)	หัดเยอรมัน	ตับอักเสเบ
1.	ไทย	99	95	99	ไม่มีรายงาน
2.	กัมพูชา	89	58	81	ไม่มีรายงาน
3.	สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาร์	75	80	86	ไม่มีรายงาน
4.	สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	89	ไม่มีรายงาน	88	ไม่มีรายงาน

หมายเหตุ วัคซีนตับอักเสเบไม่มีรายงาน อาจเนื่องมาจากยังไม่ได้จัดเป็นวัคซีนพื้นฐานในโปรแกรมสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค

การศึกษานี้เป็นการประเมินความชุกของการมีระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนสี่โรค ในกลุ่มแรงงานข้ามชาติของประเทศไทย ได้แก่ โรคคอตีบ หัด หัดเยอรมัน และไวรส์ตับอักเสเบ ในกลุ่มแรงงานข้ามชาติในสี่อำเภอของจังหวัดปทุมธานี ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ในเขตภาคกลางและในเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานคร และยังเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมสำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทยที่มีนิคมอุตสาหกรรมกระจายอยู่ทั่วจังหวัด โดยผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการสำรวจเมื่อปี พ.ศ.2543 เกือบร้อยละ 70 ของจังหวัดมาจากภาคอุตสาหกรรม (5) ทำให้มีแรงงานไทยและแรงงานข้ามชาติ เช่น พม่า กัมพูชา และลาว ย้ายเข้ามาค้าแรงงานในภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร และตลาดค้าส่งสินค้า

ทางการเกษตรขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก จากข้อมูลสำนักบริหารแรงงานต่างด้าว (กันยายน 2559) พบมีแรงงานต่างด้าวที่ได้รับอนุญาตคงเหลือที่ราชอาณาจักรของจังหวัดปทุมธานี ทั้งหมด 157,383 คน (6) ผลการศึกษาที่ได้จะทำให้เกิดความเข้าใจในสภาพปัญหาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งด้านตัวบุคคล ระบบบริการสุขภาพ และมาตรการหรือนโยบายของรัฐอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการอุบัติซ้ำ/อุบัติใหม่ของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนในประเทศไทย รวมถึงการกำหนดแนวทางและมาตรการการป้องกันควบคุมโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อประเมินความชุกของระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบนิดเอ โดยการวัดระดับแอนติบอดีชนิดไอจีจี (IgG Antibody) จากตัวอย่างน้ำเหลือง ร่วมกับการประเมินความรู้และเจตคติต่อโรคและวัคซีนป้องกันโรค การสำรวจความต้องการ และความคิดเห็นในเรื่องปัจจัยหรือเหตุผลในการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีนในกลุ่มประชากรแรงงานข้ามชาติ

3. นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **แรงงานข้ามชาติ** หมายถึง บุคคลที่มีสัญชาติกัมพูชา พม่า และลาวที่เข้าเมืองอย่างถูกกฎหมายหรือหลบหนีเข้าเมืองข้ามเขตแดนของประเทศไทย แล้วเข้ามาอยู่อาศัยและประกอบอาชีพในโรงงานและตลาดส่งสินค้า การเกษตรขนาดใหญ่ใน 4 อำเภอของจังหวัดปทุมธานี ได้แก่ อำเภอคลองหลวง ลำลูกกา ลาดหลุมแก้ว และคลองสาม

2. **ภูมิคุ้มกันโรค** หมายถึง ร่างกายมีความต้านทานเกิดจากมีกลไกป้องกันหรือต่อต้านโรคใดโรคหนึ่งโดยเฉพาะ และภูมิคุ้มกันโรคนี้อาจจะเป็นเพียงชั่วคราวหรือตลอดไปก็ได้ ในการศึกษาจะหมายถึงภูมิคุ้มกันโรคที่เกิดขึ้นภายหลัง (Acquired Immunity) ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังจากหายป่วยด้วยโรคต่างๆ หรือที่เกิดจากการได้รับวัคซีน เพื่อช่วยให้ร่างกายมีหรือสร้างภูมิคุ้มกันเฉพาะโรคใดโรคหนึ่งขึ้นมา โดยแต่ละโรคจะมีระดับภูมิคุ้มกันที่ป้องกันโรคได้แตกต่างกันไป

3. **วัคซีน** หมายถึง สารที่ได้จากการทำให้เชื้อโรคตายหรือหมดฤทธิ์ เมื่อฉีดเข้าร่างกายจะไม่ทำให้เกิดโรค แต่สามารถกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันโรคได้

4. **ค่าดัชนีมวลกาย** (Body mass index; คำย่อ BMI) เป็นค่าดัชนีที่คำนวณจากน้ำหนักและส่วนสูง เพื่อใช้เปรียบเทียบความสมดุลระหว่างน้ำหนักตัวต่อความสูงของมนุษย์ คำนวณได้โดยนำน้ำหนักตัวหารด้วยกำลังสองของส่วนสูงตนเองโดยปกติ ให้น้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม และส่วนสูงเป็นเมตร จะได้หน่วยเป็น กก./ม² เมื่อได้คำนวณค่าดัชนีมวลกายแล้ว แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 1) น้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์ (BMI น้อยกว่า 18.5) 2) น้ำหนักปกติ (BMI ระหว่าง 18.5-22.99) และ 3) น้ำหนักเกิน (BMI มากกว่า 23 ขึ้นไป)

4. ระเบียบวิธีการศึกษา/วิธีการดำเนินงานและขอบเขตการศึกษา

4.1. รูปแบบการวิจัย

การศึกษารั้งนี้เป็นการศึกษาแบบ Cross-sectional serological study เพื่อศึกษาความชุกและระดับภูมิคุ้มกันโรคต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน โดยการตรวจทางซีรั่มวิทยาในกลุ่มผู้ป่วยหรือแรงงานข้ามชาติของประเทศไทย ใน 4 โรค ได้แก่ โรคคอตีบ หัด หัดเยอรมัน และไวรัสตับอักเสบนิดเอ ศึกษาความรู้และเจตคติที่เกี่ยวข้อง

กับโรคดังกล่าวและการวัคซีนป้องกันโรค และความเห็นเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการวัคซีนป้องกันโรค โดยผลการศึกษานี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ร่วมกับการสำรวจรูปแบบการติดต่อสัมผัสของกลุ่มประชากรนี้ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการศึกษาข้างต้น และการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดและแพร่ระบาดของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนทั้ง 4 โรคดังกล่าวในประเทศไทยทั้งในเชิงสถิติและเชิงแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างการเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multistage sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อเลือกสถานที่ศึกษา คือ โรงงานและตลาดค้าส่งสินค้าทางการเกษตรขนาดใหญ่ที่มีแรงงานข้ามชาติปฏิบัติงานอยู่ ใน 4 อำเภอของจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ คลองหลวง ลำลูกกา ลาดหลุมแก้ว คลองสามไถ่กลุ่มศึกษา จำนวน 400 คน ดังนี้

ตาราง 2 จำนวนอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการ จำแนกตามประเภท ขนาด และที่ตั้งของสถานที่ศึกษา

ลำดับ	ประเภท	ขนาด	อำเภอที่ตั้ง	จำนวนตัวอย่าง	พม่า	กัมพูชา	ลาว
1	ตลาด	ใหญ่	คลองหลวง	144	36	37	71
2	ตลาด	ใหญ่	ลำลูกกา	30	0	0	30
4	อาหาร	ใหญ่	ลำลูกกา	34	16	18	0
5	อาหาร	ใหญ่	ลาดหลุมแก้ว	28	13	15	0
6	อาหาร	เล็ก	ลาดหลุมแก้ว	33	3	30	0
7	โลหะ	กลาง	ลาดหลุมแก้ว	21	10	11	0
8	คัดแยกขยะ	เล็ก	ลาดหลุมแก้ว	10	10	0	0
9	ก่อสร้าง	ใหญ่	คลองสาม	79	49	30	0
10	ก่อสร้าง	เล็ก	คลองสาม	21	21	0	0
รวม				400	158	141	101

หมายเหตุ 1. ประเภทของโรงงาน มี 3 ประเภท คือ

- โรงงานจำพวกที่ 1 (เล็ก) คือมีเครื่องจักรแรงม้าไม่เกิน 20 แรงม้า หรือคนงานไม่เกิน 20 คน
- โรงงานจำพวกที่ 2 (กลาง) คือมีเครื่องจักรแรงม้าไม่เกิน 50 แรงม้า หรือคนงานไม่เกิน 50 คน
- โรงงานจำพวกที่ 3 (ใหญ่) คือมีเครื่องจักรแรงม้ามากกว่า 50 แรงม้า หรือคนงานมากกว่า 50 คน

2. การคัดเลือกอาสาสมัคร คัดเลือกแบบคละแผนกครอบคลุมเฉพาะแรงงานที่ขึ้นทะเบียน

ผู้วิจัยได้ทำการค้นหาและเชิญชวนผู้ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ตามจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละสถานที่ศึกษามาเข้าร่วมโครงการ เพื่อให้ได้จำนวนอาสาสมัคร จำนวน 400 ราย ตามสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจเพื่อการประมาณค่าสัดส่วนโดยได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกและการคัดออกของอาสาสมัครในโครงการวิจัย ดังต่อไปนี้

1) เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

1. เฉพาะผู้มีสัญชาติ กัมพูชา พม่า หรือลาว
2. เพศชายหรือเพศหญิง
3. พักอาศัยอยู่ในประเทศไทยมาแล้วไม่น้อยกว่า 3 เดือน
4. อายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป
5. ปรากฏตัวให้เห็น ณ วันที่ผู้วิจัยเข้าไปทำการศึกษา ณ สถานที่ศึกษา
6. สนใจเข้าร่วมการศึกษา

2) เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่ยินยอมให้ข้อมูลหรือตอบแบบสอบถาม
2. ไม่ยินยอมให้เจาะเลือด
3. หญิงตั้งครรภ์
4. ผู้ที่มีประวัติป่วยด้วยโรคดังต่อไปนี้ ได้แก่ โรคภูมิคุ้มกันเสื่อม โรคไต โรคตับ โรคมะเร็ง เป็นต้น

4.3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เป็นแบบสอบถามที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นเองจากการทบทวนวรรณกรรม เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีทั้งหมด 3 ส่วน ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป มีข้อคำถามทั้งหมด 9 ข้อ เพื่ออธิบายลักษณะส่วนบุคคล อาทิ เพศ อายุ เชื้อชาติ ระดับการศึกษา อาชีพรายได้โดยเฉลี่ย ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย และจำนวนสมาชิกในครอบครัว

ส่วนที่ 2 แบบบันทึกข้อมูลจากการตรวจร่างกาย ความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ประวัติการได้รับวัคซีนและการเจ็บป่วยในอดีต มีข้อคำถามทั้งหมด 5 ข้อ

ส่วนที่ 3 แบบบันทึกข้อมูลเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีนประกอบด้วย ข้อมูล 3 ส่วนคือ

- 1) ปัจจัยนำ (Predisposing factors) ได้แก่ ความรู้ เจตคติ ความเชื่อ ค่านิยม และการรับรู้ของบุคคล
- 2) ปัจจัยเสริม (Reinforcing factors) ได้แก่ ทรัพยากรทางสุขภาพ การเข้าถึงทรัพยากรสุขภาพ ทักษะที่สัมพันธ์กับสุขภาพ
- 3) ปัจจัยเอื้อ (Enabling factors) ได้แก่ การสนับสนุนจากครอบครัวและบุคคลใกล้ชิด กลุ่มบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข ผู้นำชุมชน และผู้มีอำนาจตัดสินใจ

เมื่อคณะผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามแล้วได้ตรวจสอบความตรงของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญของกรมควบคุมโรค จำนวน 6 คน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านโรคติดต่อ จากกรมควบคุมโรค จำนวน 2 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านระบาดวิทยาและชีวสถิติ จากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข และมหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาด้านการสำรวจความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมสุขภาพของประชาชนจากมหาวิทยาลัยมหิดล จำนวน 1 คน หลังจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาของแบบสอบถามแล้วได้นำแบบสอบถามมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะก่อนที่จะนำเครื่องมือไปใช้จริงต่อไป

4.4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ประสานหน่วยงานสาธารณสุขระดับเขตเพื่อทราบ และจัดทำหนังสือถึงหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่และสถานที่ศึกษา เพื่อขออนุญาตเข้าเก็บข้อมูล โดยให้ผู้จัดการโรงงาน และผู้จัดการตลาดเป็นผู้นัดหมายกลุ่มเป้าหมายตามวันเวลาและจำนวนที่กำหนด โดยไม่มีการระบุตัวบุคคล แต่จะพิจารณาเฉพาะผู้มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเข้าเท่านั้น พร้อมทั้งขอสนับสนุนเจ้าหน้าที่จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดและโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลร่วมดำเนินการเก็บข้อมูล

2. ประชุมเตรียมการเพื่อวางแผนการดำเนินงานวิจัย กำหนดบทบาทหน้าที่ที่ตัวบุคคล และซักซ้อมการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในข้อคำถามอย่างถ่องแท้และตรงประเด็น รวมถึงขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล

3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลในอาสาสมัคร เริ่มจากการชี้แจงรายละเอียดโครงการ เชิญชวนอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาและเปิดโอกาสให้ซักถามจนเข้าใจ โดยมีเจ้าหน้าที่จากศูนย์ธารทิพย์ทำหน้าที่เป็นล่ามระหว่างอาสาสมัครกับผู้วิจัย หากอาสาสมัครสนใจเข้าร่วมโครงการให้ลงนามในใบยินยอมเก็บข้อมูล โดยการสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งถูกแปลเป็น 3 ภาษาได้แก่ กัมพูชา พม่า และลาว โดยมีเนื้อหาและจำนวนข้อคำถามตรงตามต้นฉบับที่เสนอต่อคณะกรรมการการวิจัยในคน หลังจากนั้นให้พยาบาลวิจัยเป็นผู้เก็บตัวอย่างเลือดจำนวน 5 ซีซี ปั่นแยกซีรัมและตรวจวิเคราะห์โดยเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ได้รับการแต่งตั้งให้เป็นห้องปฏิบัติการอ้างอิงในการตรวจวินิจฉัยโรคหัดและหัดเยอรมันของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Measles and Rubella Regional Reference Laboratory in SEAR) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลต่ออาสาสมัครประมาณ 15-30 นาทีต่อคน

3. ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม พร้อมจัดเก็บข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์ และนำมาวิเคราะห์ผลการศึกษาตามวิธีทางสถิติต่อไป

4.5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ทำการตรวจสอบความครบถ้วนและความสมบูรณ์ของข้อมูล จากนั้นบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Epi Info Version 2000 โดยใช้สถิติการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลลักษณะทางประชากร ได้แก่ อายุ เพศ เชื้อชาติ ศาสนา ระดับการศึกษา และอาชีพ และข้อมูลจากการตรวจร่างกาย ความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ประวัติการได้รับวัคซีนและการเจ็บป่วยในอดีต นำข้อมูลมาหาค่า ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. ความรู้เจตคติ และความเห็นเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีน วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมานเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของ Pearson correlation coefficient โดยแบ่งเกณฑ์ความรู้และเจตคติเป็น 3 ระดับคือ (1) ระดับสูง (คะแนนร้อยละ 70-100) ระดับปานกลาง (30-69.99) ระดับต่ำ (0-29.99) โดยพิจารณาจากค่าพิสัยกึ่งระหว่างควอร์ไทล์ส่วนที่ 1 กับส่วนที่ 3 (ใน 4 ส่วน)

3. ระบาดวิทยาและความชุกทางซีรัมวิทยาของโรคติดต่อที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน วิเคราะห์นำข้อมูลมาหาค่า ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างมาแปลผลโดยอาศัยเกณฑ์ดังนี้

- การตรวจหาระดับแอนติบอดีต่อโรคคอตีบ ด้วยวิธี ELISA และใช้เกณฑ์การตรวจพบระดับภูมิคุ้มกันที่ป้องกันโรคได้ เท่ากับหรือมากกว่า 0.01 IU/ml เพียงพอต่อการป้องกันโรค (7)
- การตรวจหาแอนติบอดีชนิด IgG ต่อไวรัสหัด (Measles IgG Antibody) ด้วยวิธี ELISA และใช้เกณฑ์การตรวจพบระดับภูมิคุ้มกัน (IgG) ที่ป้องกันโรคได้ เท่ากับหรือมากกว่า 255 mIU/ml เพียงพอต่อการป้องกันโรค (8)
- การตรวจหาแอนติบอดีชนิด IgG ของโรคหัดเยอรมัน (Rubella (German Measles) IgG) ด้วยวิธี ELISA ซึ่งแอนติบอดีขึ้นเร็วและอยู่นานตลอดชีวิต และใช้เกณฑ์การตรวจพบระดับภูมิคุ้มกัน (IgG) ที่ป้องกันโรคได้ เท่ากับหรือมากกว่า 15 IU/ml เพียงพอต่อการป้องกันโรค (9)
- การตรวจหาระดับแอนติบอดีต่อโรคตับอักเสบบี (Anti-HAV-IgG หรือ Anti-HAV-Total Ab) ด้วยวิธี Fluorescent ELISA และใช้เกณฑ์การตรวจพบระดับภูมิคุ้มกัน (IgG) ที่ป้องกันโรคได้ เท่ากับหรือมากกว่า 15 mIU/ml เพียงพอต่อการป้องกันโรค (10)

5. ผลการศึกษา

5.1. ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนกลุ่มตัวอย่างคือ แรงงานข้ามชาติจำนวน 400 คนจากสถานประกอบการประเภทโรงงาน ร้อยละ 57.07 (226 คน) และตลาดค้าส่งสินค้าทางการเกษตรขนาดใหญ่ ร้อยละ 42.93 (174 คน) สัญชาติพม่า ร้อยละ 39.50 (158 คน) กัมพูชา ร้อยละ 35.25 (141 คน) และลาว ร้อยละ 25.25 (101 คน) เพศชาย ร้อยละ 49.75 (199 คน) เพศหญิง ร้อยละ 50.25 (201 คน) อายุระหว่าง 16-57 ปี ค่ามัธยฐาน 29 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 47.25 (189 คน) มีอาชีพรับจ้าง ร้อยละ 91.25 (365 คน) มีรายได้ต่อวันระหว่าง 200-800 บาท ค่ามัธยฐาน 300 บาท ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย ระหว่าง 1-240 เดือน ค่ามัธยฐาน 24 เดือน

จากการสอบถามข้อมูลด้านสถานะสุขภาพพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีประวัติสูบบุหรี่ ร้อยละ 16.38 (65 ราย) ระยะเวลาที่สูบบุหรี่ระหว่าง 1-30 ปี ค่ามัธยฐาน 5 ปี มีประวัติดื่มสุรา ร้อยละ 19.80 (77 คน) ระยะเวลาที่ดื่มสุรา ระหว่าง 1-30 ปี ค่ามัธยฐาน 3 ปี ส่วนใหญ่มีสุขภาพแข็งแรงและไม่มีความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 87.15 และไม่เคยเจ็บป่วยรุนแรง ร้อยละ 90.68 ผลการตรวจร่างกาย พบส่วนใหญ่มีความดันโลหิตอยู่ในเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 89.27 (341 คน) และมีภาวะโภชนาการอยู่ในเกณฑ์ปกติ ร้อยละ 65.07 (259 คน) รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : ข้อมูลด้านประชากร และสถานะสุขภาพของกลุ่มแรงงานข้ามชาติ จำแนกตามสัญชาติ

ลักษณะทั่วไป	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value *
	ภาพรวม N=400	พม่า N=158	กัมพูชา N=141	ลาว N=101	
เพศ					
- ชาย	199 (49.75)	94 (59.49)	76 (53.90)	29 (28.71)	<0.00011
- หญิง	201 (50.25)	64 (40.51)	65 (46.10)	72 (71.29)	
คํามัธยฐานของอายุ (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)	29 (23-33)	30 (23-35)	29 (25-33)	25 (21-29)	<.00011
ระดับการศึกษาสูงสุด					<0.00011
- ประถมศึกษา	189 (47.25)	55 (34.81)	69 (48.93)	65 (64.36)	
- มัธยมศึกษา	177 (44.25)	74 (46.84)	68 (48.23)	35 (34.65)	
- อนุปริญญา	32 (8.00)	28 (17.72)	3 (2.13)	1 (0.99)	
- ปริญญาตรี	2 (0.50)	1 (0.63)	1 (0.71)	0 (0.00)	
อาชีพ					0.0007
- รับจ้าง	365 (91.25)	142 (89.87)	128 (90.79)	95 (94.05)	
- ค้าขาย	21 (5.25)	3 (1.89)	12 (8.51)	6 (5.95)	
- เกษตรกร	11 (2.75)	10 (6.32)	1 (0.70)	0	
- อื่นๆ	3 (0.75)	3 (1.89)	0	0	
คํามัธยฐานของรายได้เป็นบาทต่อวัน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)	300 (300-320)	300 (300-300)	300 (300-300)	350 (300-400)	<0.00011
ความเพียงพอของรายได้					<0.0001
- ไม่เพียงพอ	191 (48.23)	102 (64.56)	16 (11.68)	73 (72.28)	
- เพียงพอ	205 (51.77)	56 (35.44)	121 (88.32)	28 (27.72)	
คํามัธยฐานของระยะเวลาเป็นเดือน ที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)	24 (12-48)	33.50 (14-48)	26 (12-48)	24 (7-48)	<0.0001
ประวัติการสูบบุหรี่					<0.00011
- สูบ	65 (16.38)	43 (34.3)	14 (10.00)	8 (8.00)	
- ไม่เคยสูบ	332 (83.62)	114 (66.2)	126 (90.00)	92 (92.00)	
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาเป็นปีที่สูบในกลุ่ม ที่สูบบุหรี่ (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)	5 (3-10)	5 (3-9)	5 (1-10)	6 (2-15)	0.10
ประวัติการดื่มสุรา					0.03
- ดื่ม	77 (19.80)	31 (19.75)	35 (25.00)	11 (11.00)	
- ไม่เคยดื่ม	320 (80.20)	126 (80.25)	105 (75.00)	89 (89.00)	

ลักษณะทั่วไป	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value *
	ภาพรวม N=400	พม่า N=158	กัมพูชา N=141	ลาว N=101	
ค่าเฉลี่ยระยะเวลาเป็นปีที่ดื่มในกลุ่มที่ดื่มสุรา (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)	3 (1-9)	3.5 (2-9)	3 (1-5)	4 (1-7)	0.08
ประวัติโรคประจำตัว					
- มี	43 (10.83)	5 (3.18)	35 (25.00)	3 (3.00)	<0.00011
- ไม่มี	346 (87.15)	148 (94.27)	101 (72.14)	97 (97.00)	
- ไม่ทราบ/ไม่แน่ใจ	8 (2.02)	4 (2.55)	4 (2.86)	0	
ประวัติการเจ็บป่วยรุนแรง					
- มี	31 (7.81)	7 (4.46)	23 (16.43)	1 (1.00)	<0.00011
- ไม่มี	360 (90.68)	145 (92.36)	116 (82.86)	99 (99.00)	
- ไม่ทราบ/ไม่แน่ใจ	6 (1.51)	5 (3.18)	1 (0.71)	0	
ระดับความดันโลหิต					
- สูงกว่าปกติ	41 (10.73)	14 (9.21)	19 (14.29)	8 (8.25)	0.27
- ปกติ	341 (89.27)	138 (90.79)	114 (85.71)	89 (91.75)	
ค่าดัชนีมวลกาย (BMI)					
- ต่ำกว่าเกณฑ์	35 (8.79)	11 (7.00)	15 (10.71)	9 (8.91)	0.49
- ปกติ	259 (65.07)	102 (64.96)	95 (67.86)	62 (61.38)	
- สูงกว่าเกณฑ์	104 (26.14)	44 (28.04)	30 (21.43)	30 (29.70)	

* ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous variables) คำนวณค่า p-value จาก ANOVA หรือ Kruskal-Wallis test ส่วนตัวแปรจัดกลุ่ม (Categorical variables) ใช้ค่า p-value จาก Chi-square test หรือ Fisher's exact test

5.2. ระดับภูมิคุ้มกันของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน

ระดับภูมิคุ้มกันที่ตอบสนองเฉพาะเจาะจงต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน ทั้ง 4 โรค ได้แก่ คอตีบ หัด หัดเยอรมัน และไวรัสตับอักเสบบี ในแรงงานข้ามชาติที่เข้าร่วมโครงการทั้งที่มีและไม่มีประวัติได้รับการฉีดวัคซีนป้องกันโรค พบว่า มีระดับภูมิคุ้มกันเพียงพอถึงระดับป้องกันโรคคอตีบร้อยละ 85.75 (343 คน) หัดร้อยละ 92.19 (354 คน) หัดเยอรมัน ร้อยละ 75.13 (296 คน) และไวรัสตับอักเสบบีร้อยละ 89.25 (357 คน) โดยพม่าเป็นสัญชาติที่มีระดับภูมิคุ้มกันโรคโดยรวมในแต่ละโรคส่วนใหญ่สูงกว่าสัญชาติกัมพูชาและลาว รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนของแรงงานข้ามชาติจำแนกตามสัญชาติ

ภูมิคุ้มกันต่อโรค	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
	ภาพรวม N=400	พม่า N=158	กัมพูชา N=141	ลาว N=101	
โรคคอตีบ (Diphtheria toxoid IgG antibody)					
- ไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรค (<0.01 IU/ml)	57 (14.25)	15 (9.49)	14 (9.93)	28 (27.72)	<0.0001
- มีระดับภูมิคุ้มกันโรคเพียงพอ ต่อการป้องกันโรค (≥ 0.01 IU/ml)	343 (85.75)	143 (90.51)	127 (90.07)	73 (72.28)	
โรคหัด (Measles IgG Antibody)					
- ไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรค (<0.6 IU/ml)	30 (7.81)	10 (8.00)	15 (11.28)	5 (5.21)	0.17
- มีระดับภูมิคุ้มกันโรคเพียงพอ ต่อการป้องกันโรค (≥ 0.6 IU/ml)	354 (92.19)	115 (92.00)	118 (88.72)	91 (94.79)	
โรคหัดเยอรมัน (Rubella German Measles IgG Antibody)					
- ไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรค (<15 IU/ml)	98 (24.87)	30 (19.35)	40 (28.57)	28 (28.28)	0.12
- เพียงพอต่อการป้องกันโรค (≥ 15 IU/ml)	296 (75.13)	125 (80.65)	100 (71.43)	71 (71.71)	
โรคไวรัสตับอักเสบบี (Anti-HAV-Total)					
- ไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรค (<15 mIU/ml)	43 (10.75)	2 (1.27)	2 (1.42)	39 (38.61)	<0.0001
- เพียงพอต่อการป้องกันโรค (≥ 15 mIU/ml)	357 (89.25)	156 (98.73)	139 (98.58)	62 (61.39)	

- หมายเหตุ
1. ผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการต่อโรคหัด ให้ผลกำกวม จำนวน 16 ราย
 2. ผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการต่อโรคหัดเยอรมัน ให้ผลกำกวม จำนวน 6 ราย
 3. ในรายที่ให้ผลกำกวม จะไม่นำมาวิเคราะห์ในการคำนวณอัตราความชุก

5.4. ระดับความรู้ ความต้องการ และเจตคติต่อโรคและวัคซีนป้องกันโรค

5.4.1. ความรู้ต่อโรคและวัคซีนป้องกันโรค

ความรู้ต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน พบว่า ส่วนใหญ่ปฏิเสธการรู้จักโรคคอตีบ ร้อยละ 99.25 หัด ร้อยละ 98.75 หัดเยอรมัน ร้อยละ 98.25 และไวรัสตับอักเสบบี ร้อยละ 99.00 ในกลุ่มที่ยอมรับว่ารู้จักโรค (สามารถบอกอาการสำคัญของโรคได้น้อย 1 อย่าง) พบว่ารู้จักโรคคอตีบร้อยละ 0.75 (3 ราย) โดยทุกรายไม่ทราบวิธีการติดต่อและไม่มีประวัติว่าเคยได้รับวัคซีนหัดเยอรมัน ร้อยละ 1.25 (5 ราย) โดยทราบวิธีการติดต่อและมีประวัติเคยได้รับวัคซีน ร้อยละ 0.25 (1 คน) หัด ร้อยละ 1.75 (7 ราย) โดยทุกรายไม่ทราบวิธีการติดต่อและไม่มีประวัติเคยได้รับวัคซีนและไวรัสตับอักเสบบีร้อยละ 1 (4 คน) โดยทราบวิธีการติดต่อและมีประวัติเคยได้รับวัคซีนร้อยละ 0.25 (1 คน)

ความรู้ต่อวัคซีนป้องกันโรค พบว่าส่วนใหญ่ปฏิเสธการรู้จักวัคซีนป้องกันโรค ร้อยละ 88.25 ในกลุ่มผู้ที่ยอมรับว่ารู้จักวัคซีนป้องกันโรค ร้อยละ 11.75 (47 คน) สามารถบอกประโยชน์ของการใช้วัคซีนได้อย่างถูกต้อง ร้อยละ 97.87 และสามารถบอกชื่อโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 โรค ร้อยละ 68.09 (32 คน) อาทิ โรคหัด โปลิโอ พิษสุนัขบ้า ตับอักเสบบาดทะยัก ไข้หวัดใหญ่ เป็นต้น รายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความรู้ต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติจำแนกตามสัญชาติ

ลำดับ	ข้อความถาม	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
		ภาพรวม N=400	พม่า N=158	กัมพูชา N=141	ลาว N=101	
1.	รู้จักโรคคอตีบ (บอกอาการสำคัญของโรคได้อย่างน้อย 1 อาการ)	3 (0.75)	0	3 (2.13)	0	0.06
	ทราบวิธีการติดต่อของโรคคอตีบ (บอกวิธีการติดต่อได้ถูกต้อง)	0	0	0	0	
	เคยได้รับวัคซีนป้องกันโรคคอตีบ	0	0	0	0	
2	รู้จักโรคหัดเยอรมัน (บอกอาการสำคัญของโรคได้อย่างน้อย 1 อาการ)	5 (1.25)	0	3 (2.13)	2 (1.98)	0.19
	ทราบวิธีการติดต่อของโรคหัดเยอรมัน (บอกวิธีการติดต่อได้ถูกต้อง)	1 (0.25)	0	0	1 (0.99)	
	เคยได้รับวัคซีนป้องกันโรคหัดเยอรมัน	1 (0.25)	0	0	1 (0.99)	
3	รู้จักโรคหัด (บอกอาการสำคัญของโรคได้อย่างน้อย 1 อาการ)	7 (1.75)	4 (2.53)	3 (2.13)	0	0.29
	ทราบวิธีการติดต่อของโรคหัด (บอกวิธีการติดต่อได้ถูกต้อง)	0	0	0	0	
	เคยได้รับวัคซีนป้องกันโรคหัด	0	0	0	0	
4	รู้จักโรคไวรัสตับอักเสบบี (บอกอาการสำคัญของโรคได้อย่างน้อย 1 อาการ)	4 (1.00)	1 (0.63)	0	3 (2.97)	0.05
	ทราบวิธีการติดต่อของโรคไวรัสตับอักเสบบี (บอกวิธีการติดต่อได้ถูกต้อง)	1 (0.25)	0	0	1 (0.99)	
	เคยมีประวัติได้รับวัคซีนป้องกันโรคไวรัสตับอักเสบบี	1 (0.25)	0	0	1 (0.99)	
5.	รู้จักวัคซีนป้องกันโรค	47 (11.75)	7 (4.43)	32 (22.70)	8 (7.92)	0.0001
	ทราบประโยชน์ของวัคซีน (ตอบว่าใช้เพื่อป้องกันโรค)	46 (97.87)	6 (85.71)	32 (100)	8 (100)	
	ทราบโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน (บอกชื่อโรคถูกต้องอย่างน้อย 1 โรค)	32 (68.09)	7 (100)	21 (65.63)	4 (50.00)	

5.4.2 ความต้องการได้รับการวัคซีน

จากการสำรวจความต้องการได้รับวัคซีนป้องกันโรค พบว่า มีความต้องการฉีดวัคซีน ร้อยละ 88.75 โดยให้ความคิดเห็นในเรื่องปัจจัยหรือเหตุผลในการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีนสูงสุด 3 อันดับแรกคือ 1) สามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค/ความปลอดภัยทางสุขภาพ ร้อยละ 51.27 2) แพทย์หรือพยาบาลแนะนำให้ฉีด (38.31) และ 3) บุคคลในครอบครัวแนะนำให้ฉีด (6.23) โดยลาวเป็นสัญชาติที่มีความต้องการได้รับวัคซีนสูงสุด ร้อยละ 96.04 รองลงมาคือ พม่า (87.34) และกัมพูชา (85.11)

ส่วนกลุ่มที่ไม่ต้องการรับบริการฉีดวัคซีนสูงสุด ร้อยละ 11.53 (46 คน) ให้ความคิดเห็นในเรื่องปัจจัยหรือเหตุผลในการตัดสินใจไม่เลือกรับบริการฉีดวัคซีนสูงสุด 3 อันดับแรกคือ 1) กลัวอาการไม่พึงประสงค์หรือภาวะแทรกซ้อนหลังได้รับวัคซีน ร้อยละ 57.78.2) วัคซีนราคาแพง (15.56) และ 3) ไม่รู้จักวัคซีนหรือกลัวเข็ม (13.33) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความต้องการได้รับวัคซีนป้องกันโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติจำแนกตามสัญชาติ

ข้อคำถาม	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
	ภาพรวม N=400	พม่า N=158	กัมพูชา N=141	ลาว N=101	
ไม่ต้องการ	45 (11.25)	20 (12.66)	21 (15.00)	4 (3.96)	0.04
- กลัวอาการไม่พึงประสงค์หรือภาวะแทรกซ้อนหลังได้รับวัคซีน	26 (57.78)	9 (45.00)	14 (66.67)	3 (75.00)	
- วัคซีนราคาแพง	7 (15.56)	5 (25.00)	2 (9.52)	0	
- ไม่มีค่ารถไปรับบริการฉีดวัคซีน	3 (6.67)	3 (15.00)	0	0	
- ไม่มีความจำเป็นต้องฉีด เพราะเชื่อว่าการฉีดวัคซีนไม่สามารถป้องกันโรคได้	3 (6.67)	2 (10.00)	0	1 (25.00)	
- อื่นๆ (ไม่รู้จักวัคซีน/กลัวเข็ม)	6 (13.33)	1 (12.66)	5 (23.81)	0	
ต้องการ	355 (88.75)	138 (87.34)	120 (85.11)	97 (96.04)	
- แพทย์หรือพยาบาลแนะนำให้ฉีด	136 (38.31)	92 (66.67)	12 (10.00)	32 (32.99)	
- บุคคลในครอบครัวแนะนำให้ฉีด	22 (6.20)	7 (5.07)	15 (12.50)	0	
- ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย/ฉีดวัคซีนฟรี	15 (4.23)	4 (2.90)	9 (7.50)	2 (2.06)	
- สามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค/ความปลอดภัยทางสุขภาพ	182 (51.27)	35 (25.36)	84 (70.00)	63 (64.95)	

5.4.3. เจตคติต่อวัคซีนป้องกันโรค

เจตคติต่อวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่ยอมรับว่ารู้จักวัคซีน พบว่ามีเจตคติโดยรวมอยู่ในระดับดี (mean 71.73, SD30.86) ข้อคำถามที่ส่วนใหญ่ตอบเห็นด้วยมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) การฉีดวัคซีนมีประโยชน์ สามารถใช้ในการป้องกันโรคได้ ร้อยละ 89.36 2) การฉีดวัคซีนครั้งเดียวไม่สามารถป้องกันโรคได้ตลอดชีวิต (72.34) และ 3) โรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนส่วนใหญ่มีอาการรุนแรงหรือเป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต จึงมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน/อาการแทรกซ้อนหลังการฉีดวัคซีนไม่รุนแรงถึงขนาดทำให้พิการและอันตรายจนถึงขั้นเสียชีวิต (65.96) ส่วนข้อคำถามที่ส่วนใหญ่ตอบเห็นด้วยน้อยที่สุด คือคนที่มิโรคประจำตัวยังสามารถฉีดวัคซีนได้ เพราะไม่ได้ทำให้มีอาการของโรคที่เป็นอยู่รุนแรงมากขึ้น (55.32) ประเด็นเจตคติจำแนกตามสัญชาติของแรงงานข้ามชาติที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 1. โรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนส่วนใหญ่มีอาการรุนแรงหรือเป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต จึงมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน (P-value 0.01) 2. ผู้ใหญ่ยังมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน เพราะวัคซีนไม่ได้ป้องกันโรคได้เฉพาะในเด็กเท่านั้น (P-value 0.02) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เจตคติต่อโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่รู้จักวัคซีนป้องกันโรค (n=47)

ลำดับ	ข้อคำถาม	จำนวนที่ตอบไม่เห็นด้วยจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
		ภาพรวม	พม่า	กัมพูชา	ลาว	
		N=47	N=7	N=32	N=8	
เจตคติโดยรวม (mean 71.73, SD 30.8.6)						
1.	คนที่มีร่างกายแข็งแรงยังมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีนป้องกันโรค	27 (57.45)	6 (85.71)	16 (50.00)	5 (62.50)	0.22
2.	โรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนส่วนใหญ่มีอาการรุนแรงหรือเป็นอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต จึงมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน	31 (65.96)	7 (100)	17 (53.13)	7 (87.50)	0.02
3.	การฉีดวัคซีนครั้งเดียวไม่สามารถป้องกันโรคได้ตลอดชีวิต	34 (72.34)	5 (71.43)	25 (78.13)	4 (50.00)	0.29
4.	ผู้ใหญ่ยังมีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน เพราะวัคซีนไม่ได้ป้องกันโรคได้เฉพาะในเด็กเท่านั้น	27 (57.45)	7 (100)	14 (43.75)	6 (75.00)	0.01
5.	คนที่มีโรคประจำตัวยังสามารถฉีดวัคซีนได้ เพราะไม่ได้ทำให้มีอาการของโรคที่เป็นอยู่รุนแรงมากขึ้น	26 (55.32)	4 (57.14)	15 (46.87)	7(87.50)	0.11
6.	อาการแทรกซ้อนหลังการฉีดวัคซีนไม่รุนแรงถึงขนาดทำให้พิการและอันตรายจนถึงขั้นเสียชีวิต	31 (65.96)	5 (71.43)	19 (59.38)	7 (87.50)	0.32
7.	การฉีดวัคซีนมีประโยชน์สามารถใช้ในการป้องกันโรคได้	42 (89.36)	6 (85.71)	28 (87.50)	8 (100)	0.60

5.4.4. ความสามารถในการเข้าถึงบริการได้รับวัคซีน

ผลการสำรวจพบว่าส่วนใหญ่นิยมไปใช้บริการฉีดวัคซีนที่โรงพยาบาลของรัฐ ร้อยละ 82.6 รองลงมาคือ โรงพยาบาลเอกชน (32.60) และคลินิก (0.23) ซึ่งมีระยะทางห่างจากบ้านพักไม่เกิน 3 กิโลเมตร ร้อยละ 51.87 การเดินทางเลือกใช้บริการรับจ้างประจำทาง เช่น มอเตอร์ไซด์ รถเมล์หรือแท็กซี่ร้อยละ 58.70 ในการไปใช้บริการแต่ละครั้ง ส่วนใหญ่ได้รับการอำนวยความสะดวกจากบุคลากรทางการแพทย์เป็นอย่างดี ร้อยละ 86.96 ระยะเวลาในการใช้บริการ ระหว่าง 30 นาที-1 ชั่วโมง ร้อยละ 84.78 และไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้บริการ ร้อยละ 80.43 ส่วนช่องทางการได้รับข้อมูลข่าวสารร้อยละ 58.70 ได้รับจากบุคลากรทางการแพทย์ ซึ่งเป็นบุคคลกลุ่มเดียวกันที่แนะนำให้ไปฉีดวัคซีน ร้อยละ 45.65 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสามารถในการเข้าถึงบริการได้รับวัคซีนของแรงงานข้ามชาติจำแนกตามสัญชาติ

ข้อคำถาม	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
	ภาพรวม N=47	พม่า N=7	กัมพูชา N=32	ลาว N=8	
หน่วยงานที่สามารถไปขอรับบริการฉีดวัคซีนป้องกันโรค					
- โรงพยาบาลของรัฐ	38 (82.60)	5 (71.42)	27 (87.10)	6 (75.00)	0.51
- โรงพยาบาลเอกชน	15 (32.60)	4 (57.14)	8 (25.80)	3 (37.50)	0.29
- คลินิก	11 (0.23)	4 (57.14)	3 (9.67)	4 (50.00)	<0.001
- ร้านขายยา	2 (4.34)	2 (28.57)	0	0	<0.001
ช่วงเวลาที่สามารถไปขอรับบริการฉีดวัคซีนป้องกันโรค					
- ไม่ตลอดเวลา	29 (67.44)	6 (85.71)	21 (65.63)	2 (25.00)	0.01
- ตลอดเวลา	14 (32.56)	1 (14.29)	7 (34.37)	6 (75.00)	
ระยะทางจากบ้านพักถึงสถานบริการให้วัคซีนป้องกันโรค					
- น้อยกว่า 1 กม.	13 (28.26)	0	11 (35.48)	2 (25.00)	<0.001
- 1-3 กม.	11 (23.91)	0	6 (19.36)	5 (65.50)	
- 3-5 กม.	5 (10.87)	0	5 (16.13)	0	
- มากกว่า 5 กม.	17 (36.96)	7 (100)	9 (29.03)	1 (12.50)	
พาหนะที่ใช้เดินทางไปรับบริการรับวัคซีนป้องกันโรค					
- เดินไป	9 (19.57)	1 (14.29)	6 (19.35)	2 (25.00)	0.05
- รถมอเตอร์ไซด์รับจ้าง	12 (26.09)	0	10 (32.26)	2 (25.00)	
- รถประจำทาง/แท็กซี่	15 (32.61)	6 (85.71)	6 (19.36)	3 (37.50)	
- รถยนต์ส่วนตัว	10 (21.74)	0	9 (29.03)	1 (12.50)	

ข้อคำถาม	จำนวนจำแนกตามสัญชาติ (%)				P-value*
	ภาพรวม N=47	พม่า N=7	กัมพูชา N=32	ลาว N=8	
การได้รับการอำนวยความสะดวกเมื่อไป ขอรับบริการรับวัคซีนป้องกันโรคจาก แพทย์/พยาบาล/เจ้าหน้าที่					
- ไม่ได้รับ	6 (13.04)	0	6 (19.35)	0	0.19
- ได้รับ	40 (86.96)	7 (100)	25 (80.65)	8 (100)	
ระยะเวลาที่ใช้ในการไปขอรับบริการรับ วัคซีนป้องกันโรคในแต่ละครั้ง					
- น้อยกว่า 30 นาที	26 (56.52)	2 (28.57)	22 (70.97)	2 (25.00)	0.02
- 30 นาที- 1 ชั่วโมง	13 (28.26)	3 (42.86)	6 (19.35)	4 (50.00)	
- 1-2 ชั่วโมง	5 (10.87)	2 (28.57)	2 (6.45)	1 (12.50)	
- มากกว่า 2 ชั่วโมง	2 (4.35)	0	1 (3.23)	1 (12.50)	
ค่าใช้จ่ายในการขอรับบริการรับวัคซีน ป้องกันโรคหรือไม่					
- ไม่มีค่าใช้จ่าย	37 (80.43)	6 (85.71)	27 (87.10)	4 (50.00)	0.05
- ราคาถูก (น้อยกว่า 500 บาท)	7 (15.22)	1 (14.29)	3 (9.68)	3 (37.50)	
- ราคาแพง (500-1,000 บาท)	2 (4.35)	0	1 (3.23)	1 (12.50)	
ช่องทางการรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับ ประโยชน์ของวัคซีน					
- บุคลากรทางการแพทย์	27 (58.70)	7 (100)	16 (55.17)	4 (57.14)	0.09
- เพื่อนบ้าน	5 (10.87)	2 (28.57)	0	3 (42.86)	<0.01
- องค์กรส่วนท้องถิ่น	10 (21.74)	1 (14.28)	8 (27.59)	1 (14.28)	0.63
- หนังสือพิมพ์ วารสาร	1 (2.17)	0	1 (3.45)	0	0.78
- วิทยุ/โทรทัศน์	7 (15.22)	0	5 (17.27)	2 (28.57)	0.35
- เอกสารแผ่นพับ	2 (4.35)	1 (14.28)	1 (3.45)	0	0.39
- ค้นหาจากอินเทอร์เน็ต	1 (2.17)	0	0	1 (14.28)	0.07
- การรณรงค์ของหน่วยงาน	1 (2.17)	0	0	1 (14.28)	0.08
บุคคลที่แนะนำให้ท่านไปใช้บริการฉีด วัคซีนป้องกันโรค					
- ตนเอง	18 (39.13)	3 (42.86)	15 (50.00)	0	0.05
- แพทย์และพยาบาล	21 (45.65)	4 (57.14)	12 (40.00)	5 (71.43)	0.29
- คนในครอบครัว	3 (6.52)	0	3 (10.00)	0	0.48
- เพื่อน/เพื่อนบ้าน	2 (4.35)	0	1 (3.33)	1 (14.28)	0.37
- นายจ้าง	4 (8.70)	3 (42.86)	0	1 (14.28)	0.001

6. วิจัย

1. ความชุกของระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี ในกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานข้ามชาติ พบว่า สัดส่วนผู้ที่มีระดับภูมิคุ้มกันถึงระดับเพียงพอต่อการป้องกันโรคในแต่ละโรคสูงถึงร้อยละ 61.39-92.19 แม้ในการศึกษานี้ อาสาสมัครส่วนใหญ่จะปฏิเสธการได้รับวัคซีนดังกล่าวมาก่อน ทั้งนี้อาจเกิดจากในช่วงวัยเด็กเคยได้รับวัคซีนหรือเกิดจากร่างกายได้รับเชื้อจนเกิดภูมิคุ้มกันขึ้นเองตามธรรมชาติขึ้น (natural immunity) รวมถึงการเร่งรัดรณรงค์ให้วัคซีนในกลุ่มเสี่ยงภายหลังพบเหตุการณ์การระบาดของโรคติดต่อกันในหลายพื้นที่ อาทิ โรคคอตีบและโรคหัด เป็นต้น ข้อมูลจากการสำรวจอัตราความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนในกลุ่มคนไทย พบอัตราความครอบคลุมของวัคซีนคอตีบ (dT) เท่ากับร้อยละ 80 โดยกลุ่มอายุ 20-50 ปี มีระดับภูมิคุ้มกันต่ำสุด (11) เนื่องจากเป็นกลุ่มที่เกิดก่อนปีในประเทศไทยเริ่มใช้แผนงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในเด็ก ดังนั้นหากจะป้องกันมิให้โรคดังกล่าวกลับมาระบาดหรือมีเป้าหมายเพื่อกวาดล้างให้หมดไปจากประเทศ การเฝ้าระวังโรคอย่างต่อเนื่องและการผลักดันการให้วัคซีนยังควรได้รับการสนับสนุนเพื่อรักษาและเพิ่มระดับความครอบคลุมอย่างน้อยให้สูงกว่าระดับที่ทำให้เกิดภูมิคุ้มกันโรคในชุมชน (herd immunity) ตามที่องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้แนะนำไว้ในแต่ละโรคไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85-95 ให้ครอบคลุมในทุกพื้นที่ และทุกประชากรกลุ่มเสี่ยง ทั้งในกลุ่มคนแรงงานข้ามชาติและผู้ติดตามที่อาศัยอยู่ในประเทศไทย ประมาณ 3.5 ล้านคน (12) โดยเฉพาะผู้ติดตามแรงงานข้ามชาติที่เป็นเด็กจำเป็นต้องได้รับวัคซีนตามแผนการให้วัคซีนขั้นพื้นฐานของไทย

2. ผลการศึกษาพบว่าความชุกโดยรวมของระดับภูมิคุ้มกันที่เพียงพอต่อการป้องกันโรคอยู่ในระดับสูง โดยสัญญาติพม่ามีระดับภูมิคุ้มกันโดยรวมสูงสุด ส่วนสัญชาติลาวมีระดับภูมิคุ้มกันโดยรวมต่ำสุด โดยเฉพาะภูมิคุ้มกันต่อโรคตับอักเสบบี อาจเนื่องมาจากวัคซีนตับอักเสบบีไม่ได้ถูกบรรจุเป็นวัคซีนพื้นฐานหรือวัคซีนบังคับไว้ในสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย การฉีดวัคซีนชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ปกครองเป็นหลัก โดยจะพิจารณาจากราคาวัคซีนและประโยชน์ที่จะได้รับเป็นตัวตัดสินว่าจะเลือกฉีดให้บุตรหลานหรือไม่ สอดคล้องกับการศึกษาของศศิวิมล ทองพั้ว (13) ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อวัคซีนทางเลือกของผู้ปกครองโดยการสัมภาษณ์ ณ ศูนย์อนามัยที่ 6 ขอนแก่น พบว่าผู้ปกครองที่ซื้อวัคซีนทางเลือกที่เป็นวัคซีนเสริมที่มีราคาแพงจะตัดสินใจบนพื้นฐานของความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุและความรุนแรงของโรคเป็นหลัก และครัวเรือนไม่ได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจ

3. ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มศึกษามีความรู้ต่อวัคซีนและโรคที่สามารถป้องกันได้ด้วยวัคซีนอยู่ในระดับต่ำ โดยส่วนใหญ่ปฏิเสธการรู้โรคและวัคซีน สอดคล้องกับการศึกษาของนายแก้วภูธร กิตติพันธ์ (1) ในการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของมารดาต่อการมารับบริการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในเด็ก อำเภอเมืองเพ็ญ จังหวัดเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่พบว่ามารดามีความรู้เกี่ยวกับการสร้างเสริมสุขภาพอยู่ระดับต่ำ โดยร้อยละ 47.25 จบการศึกษาชั้นสูงสุดคือประถมศึกษา อาชีพหลักคือรับจ้างแบบใช้แรงงาน มีรายได้ต่อวันเท่ากับแรงงานขั้นต่ำ และต้องทำงานเท่านั้นจึงจะเกิดรายได้จำเป็นต้องใช้อย่างประหยัด และไม่มีเวลาว่าง รวมถึงความแตกต่างด้านการใช้ภาษาน่าจะเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้แรงงานกลุ่มนี้ไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ โดยเฉพาะข่าวสารเรื่องโรคและวัคซีน ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระดับความรู้ เจตคติ และพฤติกรรมการป้องกันโรคของตนเองและบุคคลอื่นในครอบครัว สอดคล้องกับการศึกษาของ พ.ต.ต.ดร.ดนุชิตินเจริญ (15) ในการศึกษาความเลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูล พบว่า ผู้ที่มีการศึกษาสูงกว่ามีความได้เปรียบในการเข้าถึงข้อมูลมากกว่าผู้ที่มีการศึกษาที่ต่ำกว่า และการศึกษาของ วิจิตร ดวงขยาย (16) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้เรื่องโรคไข้เลือดออกกับพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตำบลสบง อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดพะเยา พบว่าการรับรู้เรื่อง

โรคไข้เลือดออกด้านการรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเป็นโรคประโยชน์ของการปฏิบัติเพื่อป้องกันโรค และความรุนแรงของโรคมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ในกลุ่มผู้ต้องการฉีดวัคซีนให้เหตุผลของความต้องการได้รับวัคซีนป้องกันโรคสูงสุดสองอันดับแรก คือ 1) สามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค/ความปลอดภัยทางสุขภาพ ร้อยละ 25.36-69.75 และ 2) แพทย์หรือพยาบาลแนะนำให้ฉีด ร้อยละ 10.08-66.67 สอดคล้องกับการศึกษาของสุภาพร เปี้ยทา (16) ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฉีดวัคซีนไวรัสตับอักเสบบีแก่บุตรหลานของผู้ปกครองในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไวรัสตับอักเสบบีให้แก่บุตรหลานในระดับมากที่สุด คือ ความต้องการความปลอดภัยในสุขภาพ โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยถึง 4.56 รองลงมาคือ การได้รับคำแนะนำจากแพทย์ ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.30

5. เจตคติต่อวัคซีนเฉพาะกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่ตอบว่ารู้จักวัคซีน พบว่ามีเจตคติโดยรวมอยู่ในระดับดี (mean 71.73, SD 30.8.6) ขณะเดียวกันพบว่ายังมีบางรายยังมีเจตคติต่อวัคซีนไม่ถูกต้องเช่น เชื่อว่าโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนเป็นโรคที่ไม่รุนแรงหรือก่อให้เกิดอันตรายถึงขั้นเสียชีวิต จึงไม่มีความจำเป็นต้องฉีดวัคซีน เด็กเท่านั้นที่ควรฉีดวัคซีน ส่วนผู้ใหญ่ไม่จำเป็น เนื่องจากป้องกันโรคได้เฉพาะในเด็กหรือคนที่ร่างกายแข็งแรงไม่จำเป็นต้องฉีดวัคซีน ป้องกันโรค เป็นต้น ไม่ต่างจากกลุ่มที่ปฏิเสธการรับวัคซีนป้องกันโรค มากกว่าร้อยละ 50 เชื่อว่าการฉีดวัคซีนไม่สามารถป้องกันโรคได้ กลัวอาการไม่พึงประสงค์หรือภาวะแทรกซ้อนหลังได้รับวัคซีน เป็นต้น ซึ่งทุกปัจจัยล้วนเป็นการรับรู้และเจตคติต่อวัคซีนในทางลบ และส่งผลต่อบุคคลโดยตรง ทำให้ไม่ตระหนัก ไม่เห็นคุณค่าและไม่ตัดสินใจเลือกฉีดวัคซีนให้กับตนเองและบุคคลในครอบครัว สอดคล้องกับการศึกษาของ วันดี วิรัสสะ (17) ในการสำรวจความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนคอตีบ-บาดทะยัก (dT) ในกลุ่มประชาชนไทย อายุ 20-50 ปี จังหวัดสิงห์บุรี ปี พ.ศ. 2558 พบว่าสาเหตุของการไม่ได้รับวัคซีนของกลุ่มตัวอย่างเกิดจากกลัวฉีดแล้วไม่สบาย เนื่องจากมีข่าวลือเรื่องการเสียชีวิตและอาการแพ้ภายหลังฉีดวัคซีน และไม่เห็นประโยชน์ของการฉีดวัคซีน และการศึกษาของ โสภา อ่อนโอภาส (18) ในการศึกษาแนวทางการจัดระบบบริการสุขภาพของแรงงานนอกระบบ : หาบเร่ แผงลอย และซาเล้ง พบว่าความเชื่อในการดูแลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างเชื่อว่า ตนเองและครอบครัวยังอยู่ในวัยหนุ่มสาวแข็งแรง จึงไม่ตระหนักในพฤติกรรมป้องกันหรือส่งเสริมสุขภาพ หากเจ็บป่วยส่วนใหญ่ซื้อยารับประทานเองเพราะสะดวก ประหยัด และเชื่อว่าหายเร็วกว่าไปพบแพทย์ และ การศึกษาของโชคชัย หมั่นแวงทรัพย์ (19) ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสถานะระดับภูมิคุ้มกันโรคในแรงงานข้ามชาติสัญชาติพม่า อำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ประเทศไทย พบว่าระดับการศึกษาและการรับรู้ของมารดา มีผลต่อสถานะการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในบุตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ามารดาที่มีการศึกษาและการรับรู้เกี่ยวกับวัคซีนต่ำจะเพิ่มโอกาสที่บุตรจะได้รับวัคซีนไม่ครบตามเกณฑ์ 4.92 และ 4.22 เท่า ตามลำดับ

6. จากการสำรวจการเข้าถึงบริการวัคซีน พบร้อยละ 11.75 เคยได้รับบริการฉีดวัคซีนหรือพาบุคคลในครอบครัวไปใช้บริการ แสดงให้เห็นว่าแรงงานกลุ่มนี้เข้าถึงบริการสุขภาพไม่มากนัก และด้วยข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้ คือ อาจไม่ครอบคลุมกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่เข้าเมืองมาอย่างผิดกฎหมายและไม่กล้าที่จะเปิดเผยตนเองในที่สาธารณะ ผลการศึกษาที่ได้อาจไม่สะท้อนให้เห็นสภาพปัญหาโดยรวมของแรงงานทั้งหมด โดยเฉพาะกลุ่มที่ไม่ขึ้นทะเบียน ซึ่งจัดเป็นประชากรกลุ่มเสี่ยงและมีโอกาสนำโรคติดต่อที่สำคัญให้กับประชาชนชาวไทยได้ เนื่องจากไม่มีการตรวจคัดกรองโรคและเมื่อเจ็บป่วยก็ไม่สามารถเข้าถึงบริการสาธารณสุขได้ สอดคล้องกับการศึกษาของเนติ สารเรือน (20) ในการศึกษาการเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานต่างด้าวก่อนก้าวสู่เขตพัฒนาเศรษฐกิจและประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนชายแดนไทย-เมียนมาร์ จังหวัดตาก พบว่าปัญหาการเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานต่างด้าว ส่วนใหญ่มา

จากที่เข้ามาแบบผิดกฎหมาย ไม่มีเอกสารหลักฐาน ส่งผลต่อการไม่มีหลักประกันสุขภาพ และเมื่อแรงงานกลุ่มนี้เข้ามาอยู่ในประเทศไทย ก็จะมีสภาพความเป็นอยู่แบบแออัด ขาดแคลนแหล่งน้ำสะอาดเพื่อการบริโภคและอุปโภค หรือมีระบบสุขาภิบาลที่ไม่ดี ที่เอื้อต่อการเกิดโรคระบาดได้บ่อยครั้ง ดังที่พบได้จากเหตุการณ์การระบาดในกลุ่มแรงงานข้ามชาติในช่วงห้าปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ลี้ภัยหรือชาวประมง ซึ่งจากการศึกษาของ เสาวธารโพธิ์กล้า (21) ในการศึกษาปัญหาของแรงงานข้ามชาติกรณีศึกษาแรงงานข้ามชาติสัญชาติพม่า ในเขตพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า แรงงานข้ามชาติที่ถูกละเมิดสิทธิและการคุ้มครองทางกฎหมายมากที่สุดคือ แรงงานข้ามชาติที่ทำงานในภาคประมง (ลูกเรือประมง) โดยส่วนใหญ่แล้วจะไม่ได้รับการคุ้มครองตามพระราชบัญญัติคุ้มครองและไม่ได้รับสิทธิตามกฎหมายตามที่พวกเขาควรจะได้รับ

ข้อจำกัดของการศึกษา

กลุ่มศึกษาในการศึกษานี้คือ กลุ่มแรงงานข้ามชาติที่เข้ามาประกอบอาชีพในโรงงานและตลาดส่งสินค้าขนาดใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเข้าเมืองมาแบบถูกกฎหมายและมีใบอนุญาตให้ทำงาน (work permit) จึงไม่ครอบคลุมแรงงานเถื่อนและไม่ขึ้นทะเบียน ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้อาจไม่สะท้อนให้เห็นปัญหาโดยรวม โดยเฉพาะการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่แท้จริง

ข้อเสนอแนะ

1. สถานบริการสาธารณสุขทุกระดับทั้งภาครัฐและเอกชนต้องร่วมมือกันในการสร้างสุขภาพให้กับประชาชนและเพิ่มพื้นที่ปลอดภัยจากโรคติดต่อ โดยให้ความสำคัญกับการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค เพื่อเพิ่มและรักษาระดับความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนอย่างน้อยให้สูงกว่าระดับภูมิคุ้มกันโรคในชุมชน (herd immunity) ในทุกพื้นที่และทุกประชากรกลุ่มเสี่ยง โดยเฉพาะกลุ่มแรงงานข้ามชาติและผู้ติดตามที่อาศัยอยู่ในประเทศไทยที่เป็นเด็กให้ได้รับวัคซีนตามแผนการให้วัคซีนของไทย ร่วมกับจัดกิจกรรมรณรงค์สร้างแกนนำด้านสุขภาพในกลุ่มแรงงานต่างด้าว และเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อและสิ่งพิมพ์ต่างๆ ให้ทั่วถึงและครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายอย่างต่อเนื่อง ทั้งผ่านพบนหนังสือพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ หอกระจายข่าว อินเทอร์เน็ต หรือ กลุ่มบุคคลที่แรงงานข้ามชาติให้ความนับถือและไว้วางใจ เช่น บุคลากรทางการแพทย์หรือนายจ้าง เพื่อส่งเสริมให้แรงงานข้ามชาติมีความรู้มีเจตคติในทางบวก และมีพฤติกรรมสุขภาพที่ถูกต้อง รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกรับบริการฉีดวัคซีนให้กับตนเองและบุคคลอื่นในครอบครัว

2. หน่วยงานทุกภาคส่วนทั้งสาธารณสุข แรงงาน มหาดไทย และองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นควรบูรณาการบริหารแรงงานข้ามชาติร่วมกัน โดยเฉพาะกลุ่มที่เข้าเมืองมาอย่างผิดกฎหมาย โดยเริ่มจากประสานความร่วมมือกับนายจ้างที่มีแรงงานผิดกฎหมายให้ขึ้นทะเบียนแรงงาน และผลักดันให้เข้าสู่ระบบประกันสุขภาพมากที่สุด เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทั้งด้านคุณลักษณะประชากร สถานะ และพฤติกรรมสุขภาพของแรงงานข้ามชาติทุกคน สำหรับใช้วางแผนในการดำเนินงานสาธารณสุขเชิงรุกในอนาคต ขณะเดียวกันอาจต้องพิจารณาถึงความจำเป็นในการจัดตั้งหน่วยปฐมภูมิเพิ่มขึ้นในโรงพยาบาลของรัฐให้มีจำนวนเพียงพอและมีความพร้อมในการให้บริการ เพื่อให้คนกลุ่มนี้เข้าถึงบริการสุขภาพได้อย่างเหมาะสมตามความจำเป็น รวมถึงการขอรับบริการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค นอกเหนือจากการแสวงหาแนวทางที่จะมุ่งเน้นเพื่อการสร้างสุขภาพคนกลุ่มนี้ให้ดีขึ้น และมีความสามารถในการดูแลตนเองและคนรอบข้างแล้ว

อาจจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพชีวิตของแรงงานเหล่านี้ควบคู่ไปด้วย โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยและเอื้อต่อการมีสุขภาพดี ร่วมกับการสร้างสังคมที่ดีสามารถอยู่ร่วมกันอย่างมีสันติสุข

3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องนี้ในกลุ่มแรงงานข้ามชาติที่เข้าเมืองมาแบบผิดกฎหมายหรือไม่ได้ขึ้นทะเบียน

4. ควรมีการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการป่วยและการระบาดของโรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน เปรียบเทียบกับต้นทุนในการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในกลุ่มแรงงานข้ามชาติ

สรุป

การศึกษานี้ให้ข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับสถานะภูมิคุ้มกันที่แท้จริงของโรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีในกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานข้ามชาติ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวช่วยให้ผู้บริหารสามารถจัดลำดับความสำคัญในการให้ภูมิคุ้มกันโรคแก่บุคลากรนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้การใช้งบประมาณอย่างคุ้มค่า

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษานี้สำเร็จได้ด้วยความรู้และความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากผู้บริหาร ข้าราชการและเจ้าหน้าที่จากหลายหน่วยงาน ซึ่งประกอบด้วย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง (สปคม.) สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดปทุมธานี สำนักโรคบาตวิทยา และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลในพื้นที่ศึกษาที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการดำเนินงานจัดเก็บข้อมูลในพื้นที่ ประสานงานและให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล ทำให้งานชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ แรงงานข้ามชาติทุกท่านที่ได้กรุณาช่วยตอบแบบสอบถามจนทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

1. ธานีทร์ ศรีวรารณสกุล. ผลกระทบต่อระบบบริการสุขภาพจากการย้ายถิ่นแรงงานอาเซียนเมื่อประเทศไทยเข้าสู่ประชาคมอาเซียน : กรณีศึกษาเครือข่ายบริการสุขภาพ เครือข่ายที่ 4. [งานวิจัยการฝึกอบรมนักบริหาร การทูต รุ่นที่ 5]. กรุงเทพมหานคร: สถาบันการต่างประเทศเทวะวงศ์วโรปการ กระทรวงการต่างประเทศ; 2556
2. อภิชาติ จำรัสฤทธิ์รักษ์, จรัมพร ไหล่ยอง, ภัณฑุญา อภิพรชัยสกุล. ชีวิตความเป็นอยู่ของแรงงานข้ามชาติใน 11 จังหวัดสำคัญในประเทศไทยปีพ.ศ. 2553. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคมมหาวิทยาลัยมหิดล 2554; 137-157
3. แก้วภูธร กิตติพันธ์. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมของมารดาต่อการมารับบริการสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคในเด็ก อำเภอมืองเพ็ญ จังหวัดเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. [วิทยานิพนธ์ สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยมหิดล; 2556
4. World Health Organization. Coverage of vaccine. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2559: www.int/entity/immunization/monitoring_surveillance/data/coverage_estimates_series.xls

5. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. จังหวัดปทุมธานี.สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2559:
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%AB%E0%B8%A7%E0%B8%B1%E0%B8%94%E0%B8%9B%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B8%A1%E0%B8%98%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%B5>
6. สำนักบริหารแรงงานต่างด้าว. สถิติจำนวนคนต่างด้าวที่ได้รับอนุญาตทำงานคงเหลือทั่วราชอาณาจักร.สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559: <http://wp.doe.go.th/wp/index.php/th/2013-07-25-03-45-44/2013-07-25-03-50-28/2013-07-25-03-56-45>
7. ศิราภรณ์สวัสดิ์วร. การศึกษาระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบและบาดทะยักในเด็กก่อนและหลังการฉีดวัคซีนป้องกัน คอตีบ-บาดทะยัก และไอกรน. [งานวิจัยแพทย์ประจำบ้าน สถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี] กรุงเทพมหานคร: สถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินี ; 2557
8. Waraporn Techasena, Pongtep Wongwacharapiboon, Suwana Terawanich , Sirima Pattamadilok . A Comparison Study of Measles Antibody between Two Doses Vaccination at 9, 18 Months and Single Dose at 9 Months in Children 4-6 Years Old. J Med Assoc Thai 2011; 94 (3) : 309-315
9. Pustowoit B, Trauer H, Hofmann J. Aspects of antibody quantification in rubella and CMV serology. European Group for Rapid Viral Diagnosis, News Letter, Issue 26, June 1994.
10. Lemon SM, Murphy PC, Provost PJ, et al. Immunoprecipitation and virus neutralization assays demonstrate qualitative differences between protective antibody responses to inactivated hepatitis A vaccine and passive immunization with immune globulin. J Infect Dis. 1997;176:9 –19
11. ธนวัน ชาแสงบง, สุรนอง ใหญ่สูงเนิน, สาธิต ศรีธรรมานุสาร, ธนเดช สัจจาวัฒนา, นัชชา พรหมพันธุ์. การศึกษาระดับภูมิคุ้มกันโรคคอตีบของประชากรในพื้นที่สาธารณสุขเขต 5. วารสารวิชาการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 5 นครราชสีมา; 10(1)
12. สำนักสารนิเทศ กระทรวงสาธารณสุข. ข่าวเพื่อสื่อมวลชน. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2559:
http://pr.moph.go.th/iprg/include/admin_hotnew/show_hotnew.php?idHot_new=80865
13. ศศิวิมล ทองพั้ว, อารีวรรณ เชี่ยวชาญวัฒนา. ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อวัคซีนทางเลือกของผู้ปกครองโดยการสัมภาษณ์ศูนย์อนามัยที่ 6 ขอนแก่น. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน. พฤษภาคม-สิงหาคม 2556;9(2) : 37-49
14. ดนุ วศินเจริญ. ความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงข้อมูล (Digital Divide). คณะบริหารธุรกิจ, 2558:89-96
15. วิจิตรา ดวงขยาย, เทียนทอง ต๊ะแก้ว. ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้เรื่องโรคไข้เลือดออกกับพฤติกรรมการป้องกันโรคไข้เลือดออกของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตำบลสบง อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดพะเยา. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6. ก้าวสู่การวิจัยระดับโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 28-29 เมษายน 2558 : 431-440
16. สุภาพร เปี้ยทา. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการฉีดวัคซีนไวรัสตับอักเสบบีแก่บุตรหลานของผู้ปกครองในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. [วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต]. เชียงใหม่:มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551

17. วันดี วิรัสสะ, สมควรเสนา. การสำรวจความครอบคลุมของการได้รับวัคซีนคอตีบ-บาดทะยัก (dT) ในกลุ่มประชาชนไทย อายุ 20-50 ปี จังหวัดสิงห์บุรี ปี พ.ศ. 2558. วารสารกรมควบคุมโรค, ตุลาคม-ธันวาคม 2558;41(4): 309-319
18. โสภ อ่อนโอภาส, นุชนาฏ ยูอันเงาะ. แนวทางการจัดระบบบริการสุขภาพของแรงงานนอกระบบ : หาบเร่แผงลอย และซาเล้ง 2001วารสารพยาบาลสาธารณสุขกันยายน-ธันวาคม 2558 ปีที่ 29 ฉบับที่ 3
19. Chokchai Munsawaengsub, EiEi Hlaing, Sutham Nanthamongkolchai. Factors influencing immunization status of Myanmar migrant children among 1-5 years in Mahachai District, Samutsakorn Province, Thai. Journal of Medicine and Medical Science, September 2011; 2(9) :1093-1099.
20. เฉิด สารเรือน, นิทรา กิจธีระวุฒิมังษ์. การศึกษาการเข้าถึงบริการสุขภาพของแรงงานต่างด้าวก่อนก้าวสู่เขตพัฒนาเศรษฐกิจและประคมเศรษฐกิจอาเซียนชายแดนไทย-เมียนมาร์ จังหวัดตาก .วารสารพยาบาลสาธารณสุขกันยายน-ธันวาคม 2558 ปีที่ 29 ฉบับที่ 3
21. เสาวธาร โพธิ์กลัด, อุไรรัตน์ แยมชุติ. ปัญหาของแรงงานข้ามชาติกรณีศึกษาแรงงานข้ามชาติสัญชาติพม่าในเขตพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยธนบุรี, มกราคม-มิถุนายน 2555; 6(11) : 5-13

วัตถุประสงค์ที่ 3

To determine contact and movement patterns of migrant populations in Thailand

รายงานผลการดำเนินงานฉบับสมบูรณ์

วัตถุประสงค์ที่ 3

โครงการศึกษารูปแบบการติดต่อหรือการเคลื่อนย้ายของกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานข้ามชาติในประเทศไทย
ภายใต้โครงการ “การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในประเทศไทย: กรณีศึกษาของโรคคอตีบ โรคหัด
โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ”

โดย ดร.วิรัชดา ปานงาม และ ดร.ปิยะ หาญวรวงษ์ชัย

+++++

รายงานผลการศึกษารูปแบบการติดต่อสัมผัสในกลุ่มแรงงานต่างด้าวสัญชาติ พม่า กัมพูชา และลาวที่ทำงานในประเทศไทย

ตารางที่ 1 สรุปผลการเก็บข้อมูลร่วมกันภายใต้สองโครงการย่อย 1) การตรวจหาภูมิคุ้มกัน 4 โรคและ 2) การศึกษารูปแบบการติดต่อสัมผัสในเขตจังหวัดปทุมธานีแบ่งตามลักษณะและขนาดของสถานที่

	ลักษณะงาน	ขนาด	ชื่อโรงงาน	จำนวน ตัวอย่าง	พม่า	กัมพูชา	ลาว
1	อาหาร	กลาง	โกลดินทร์ฟู้ด	38	17	21	0
2	ตลาด	ใหญ่	ตลาดไท	145	36	38	71
3	ก่อสร้าง	ใหญ่	ลุมพินี	79	49	30	0
4	ก่อสร้าง	เล็ก	คลองสาม	22	22	0	0
5	อาหาร	ใหญ่	ซีพีแรม	28	13	15	0
6	อาหาร	เล็ก	ฟู้ดเบลชิ่ง	33	3	30	0
7	โลหะ	กลาง	แสงเจริญ	21	10	11	0
8	คัดแยกขยะ	เล็ก	ปทุมวิไลเคิล	10	10	0	0
9	ตลาด	ใหญ่	ตลาดสี่มุมเมือง	30	0	0	30
	รวม			406	160	145	101

ในการศึกษารูปแบบการติดต่อสัมผัส ทางทีมได้ลงพื้นที่ร่วมกับการศึกษาระดับภูมิคุ้มกันของ 4 โรคที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน อันได้แก่ โรคคอตีบ โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบีชนิดเอ โดยทางทีมวิจัยดำเนินการแจกสมุดบันทึกการติดต่อสัมผัสแล้วอธิบายวิธีการลงข้อมูลให้แก่ผู้ร่วมโครงการ โดยได้นัดวันมารับสมุดบันทึกหลังมีการบันทึกการติดต่อสัมผัสเป็นเวลา 24 ชม. ด้วยเหตุนี้จำนวนตัวอย่างที่ได้จากการศึกษานี้อาจจะมีจำนวนเท่ากันหรือน้อยกว่าการศึกษาในวัตถุประสงค์ที่ 1 ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการที่มาตามนัดตามเวลาดังกล่าว ทางทีมผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนตัวอย่างจากกลุ่มแรงงานชาตลาวที่โดยทั่วไปจะทำงานตามบ้านอีก 17 รายในการศึกษาด้วย

ตารางที่ 2 สรุปผลการเก็บข้อมูลรูปแบบการติดต่อสัมผัสในเขตจังหวัดปทุมธานีแบ่งเป็น 4 ลักษณะของงาน (โรงงานอาหาร, ตลาด, โรงงานชนิดอื่นๆได้แก่ ก่อสร้าง ชุบโลหะ คัดแยกขยะ เป็นต้นและ งานบ้าน)

ลำดับ	กลุ่ม	ขนาดสถานที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่างงาน seroprevalence (จุดประสงค์1)	พม่า	กัมพูชา	ลาว	ขนาดกลุ่มตัวอย่างงาน mixing contact (จุดประสงค์3)	กลุ่มงานในการวิเคราะห์
1	ตลาด	ใหญ่	145	36	38	71	122	กลุ่มงาน 1
2	ตลาด	ใหญ่	30	0	0	30	30	
3	โรงงานอาหาร	เล็ก	33	3	30	0	29	กลุ่มงาน 2
4	โรงงานอาหาร	ใหญ่	28	13	15	0	27	
5	โรงงานอาหาร	ใหญ่	38	17	21	0	37	
6	อื่นๆ	เล็ก	10	10	0	0	10	กลุ่มงาน 3
7	อื่นๆ	กลาง	21	10	11	0	13	
8	อื่นๆ	กลาง	22	22	0	0	5	
9	อื่นๆ	ใหญ่	79	49	30	0	79	
10	งานบ้าน						17	กลุ่มงาน 4
	รวม		406	160	145	101	369	

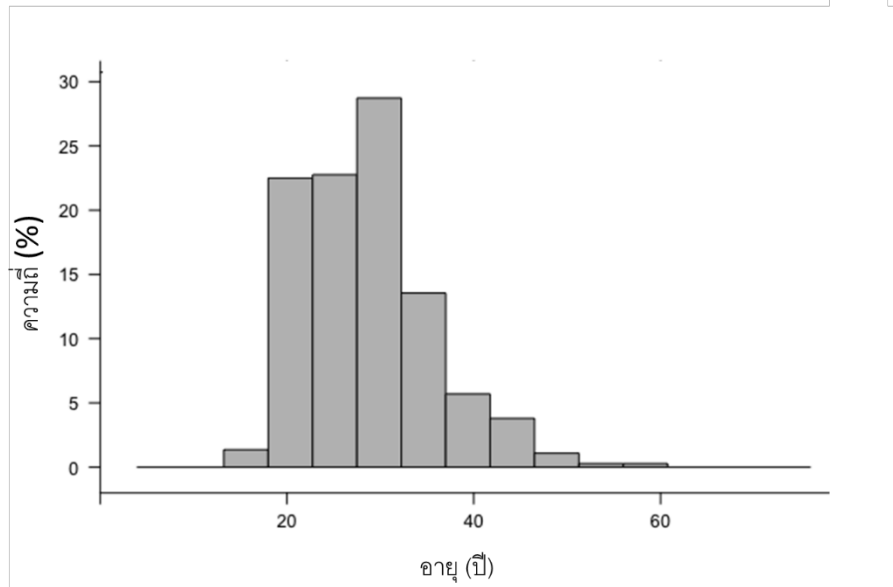
รวมจำนวนแรงงานต่างด้าวในโครงการได้ 369 คน โดยแบ่งเป็นคนพม่า 160 คนกัมพูชา 145 และ คนลาว 101 คน



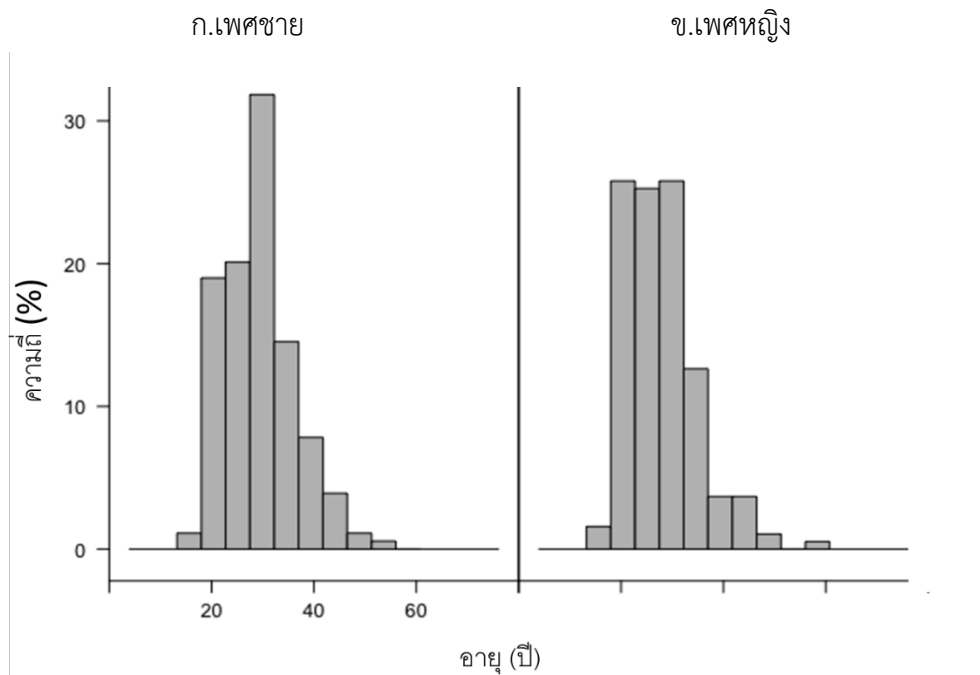
ภาพที่ 1 การลงพื้นที่เก็บข้อมูลการติดต่อสัมผัสในสถานที่ต่างๆในจังหวัดปทุมธานี

การศึกษามีช่องว่างในการที่ขาดกลุ่มช่วงอายุของเด็กและคนชรา เนื่องจากการเก็บข้อมูลสามารถทำได้กับกลุ่มแรงงานเท่านั้น โดยกลุ่มแรงงานนี้ส่วนใหญ่จะไม่ได้ใช้เวลาอยู่กับครอบครัว หรือสมาชิกที่เหลือของครอบครัวไม่ได้อาศัยอยู่ในประเทศไทย

การกระจายของอายุตามเพศไม่มีความแตกต่าง โดยอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 20 – 40 ปี โดยคิดเป็นเพศชายประมาณ 48.5% มีเพียงชาติลาวที่มีจำนวนเพศหญิงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (76%) (จากตาราง 3)



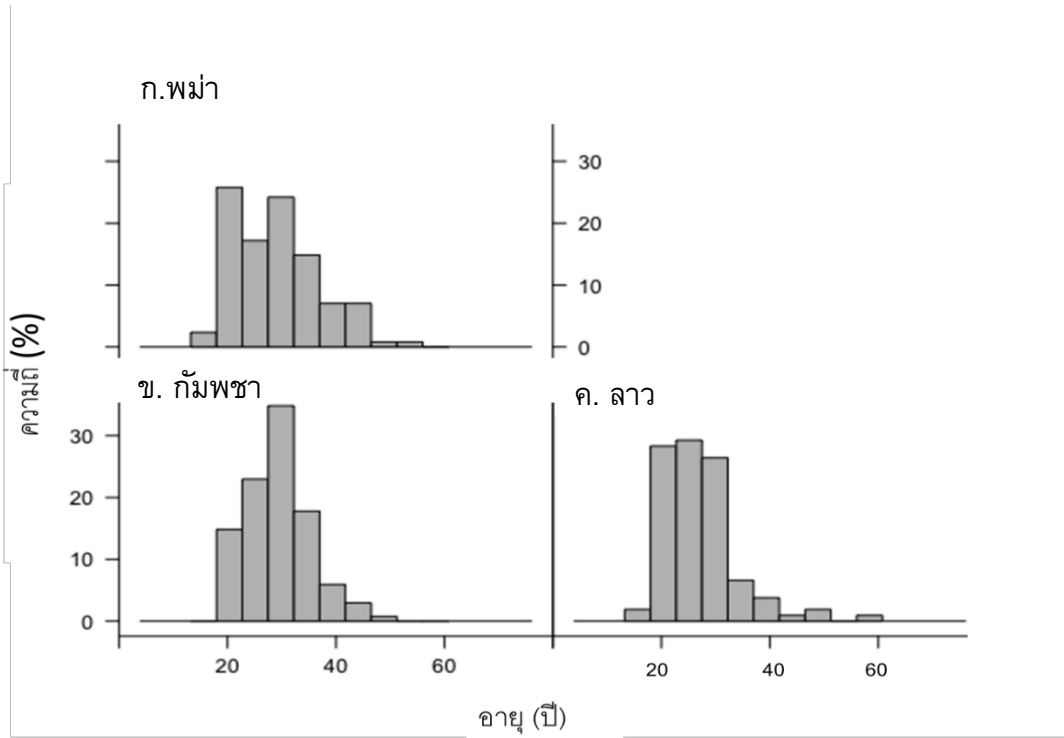
ภาพที่ 2 การกระจายข้อมูลของอายุของผู้เข้าร่วมโครงการ



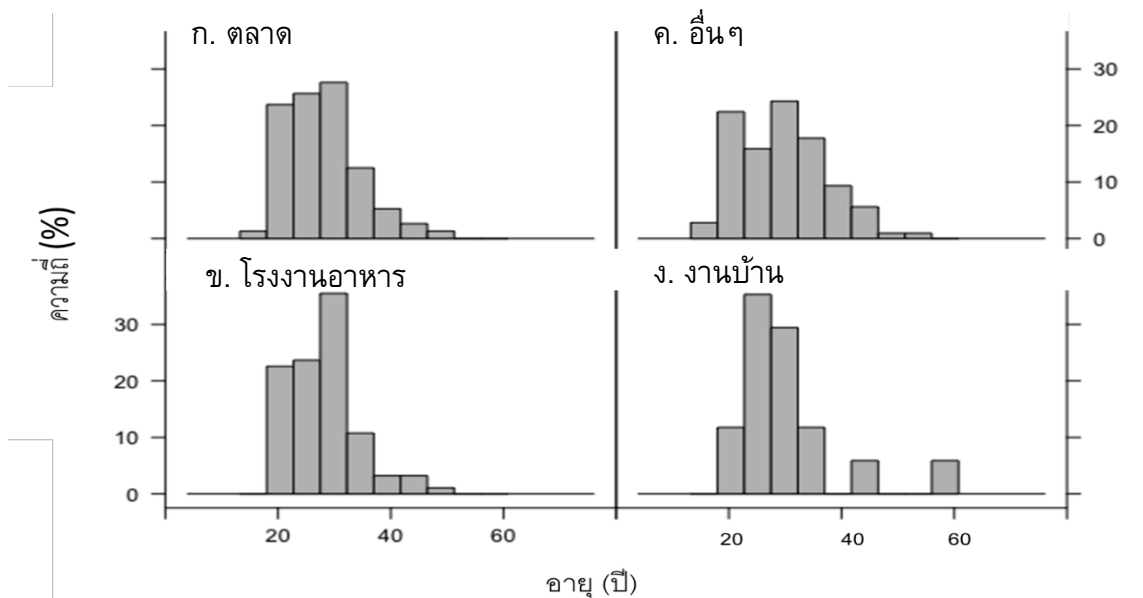
ภาพที่ 3 การกระจายของข้อมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามเพศ

การกระจายตัวของอายุในสามสัญชาติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยกัมพูชาจะมีฐานอายุที่แคบที่สุดเนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่จะทำงานก่อสร้างหรือโรงงาน โดยส่วนใหญ่เป็นงานที่ใช้เวลาและแรงงานเป็นเวลานาน ชนิดของงานในกลุ่มแรงงานพม่าและลาวจะมีความหลากหลายมากกว่า

การกระจายข้อมูลอายุมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน



ภาพที่ 4 การกระจายข้อมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามสัญชาติ



ภาพที่ 5 การกระจายของข้อมูลอายุของผู้เข้าร่วมโครงการตามลักษณะของงาน

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มแรงงานในโครงการ

	พม่า (128)	กัมพูชา (135)	ลาว (106)	โดยรวม (369)
อายุเฉลี่ย (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD)	28.95 (7.90)	29.34 (6.22)	26.95 (7.16)	28.52 (7.16)
เพศชาย (%)	63.28	54.07	23.58	48.51
ระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า (%)	33.59	46.67	54.72	50.14
แรงงานรับจ้าง (%)	87.50	90.37	77.36	91.33
รายได้ต่อวัน บาท(sd)	315.87 (54.98)	304.73 (27.81)	360.57 (76.68)	323.02 (58.19)
วันหยุด 1 วันต่ออาทิตย์ (%)	72.66	64.44	19.81	54.47
มีรายได้พอเพียงหรือไม่ใช่:ไม่ใช่	33:94	113:15	23:64	194:198
กลับภูมิลำเนา 1 ครั้งต่อปี (%)	25.78	77.78	44.34	50.14
กลับในช่วงปีใหม่ไทยหรือปีใหม่สากล	40 vs 14	87 vs 26	42 vs 12	169 vs 52

สรุปโดยย่อ คือ แรงงานส่วนใหญ่มีช่วงอายุระหว่าง 25-35 ปี โดยอายุเฉลี่ยคือ 28.5 ปี คิดเป็นเพศชาย 48.5% ประชากรส่วนใหญ่จบเพียงการศึกษาในระดับประถม ทำงานรับจ้างโดยมีรายได้วันละ 320 บาท โดยเฉลี่ย 50 % จะมีการเดินทางกลับภูมิลำเนาหนึ่งครั้งต่อปีในช่วงวันสงกรานต์ ยกเว้นชาติพม่าที่มีการเดินทางกลับบ้านน้อยกว่าชาติอื่นๆ

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการติดต่อสัมผัสทั่วไปของกลุ่มแรงงานในโครงการ

	พม่า (128)	กัมพูชา (135)	ลาว (106)	โดยรวม (369)
จำนวนครั้งการติดต่อ	3128	2574	2654	8356
การติดต่อกับเพศชาย (%)	64.87	55.83	45.48	55.92
การติดต่อแบบสัมผัส (%)	37.79	26.92	17.75	
ค่าเฉลี่ยจำนวนการติดต่อ/คน(ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD)	16.19 (11.61)	12.62 (9.40)	15.68 (11.35)	14.93 (11.00)
การติดต่อกับเด็กอายุ น้อยกว่า 5 ปี	59	53	137	249
การติดต่อกับเด็กอายุ 5 - ต่ำกว่า 15 ปี	117	81	326	524
การติดต่อกับผู้ใหญ่ อายุ 15 - ต่ำกว่า 40 ปี	2649	2109	1518	6276
การติดต่อกับผู้ใหญ่ อายุ 40 ปีขึ้นไป	303	331	673	1307

จำนวนการติดต่อสัมผัสรวมทั้งสิ้น 8356 ครั้ง โดย การติดต่อกันมากที่สุดในกลุ่มแรงงานพม่าคิดเป็น 37% ของการติดต่อสัมผัสทั้งหมด โดยเฉลี่ยคนหนึ่งๆมีการติดต่อสัมผัสประมาณ 15 ครั้งต่อวัน โดยติดต่อกับสัมผัสกับกลุ่มคนในช่วงอายุ 14 – 40 ปีสูงถึง 75% รองลงมาคือกลุ่มอายุ 40ปีขึ้นไป (16%) 5 – 15 ปี (6%) และ น้อยกว่า 5 ขวบ (3%)

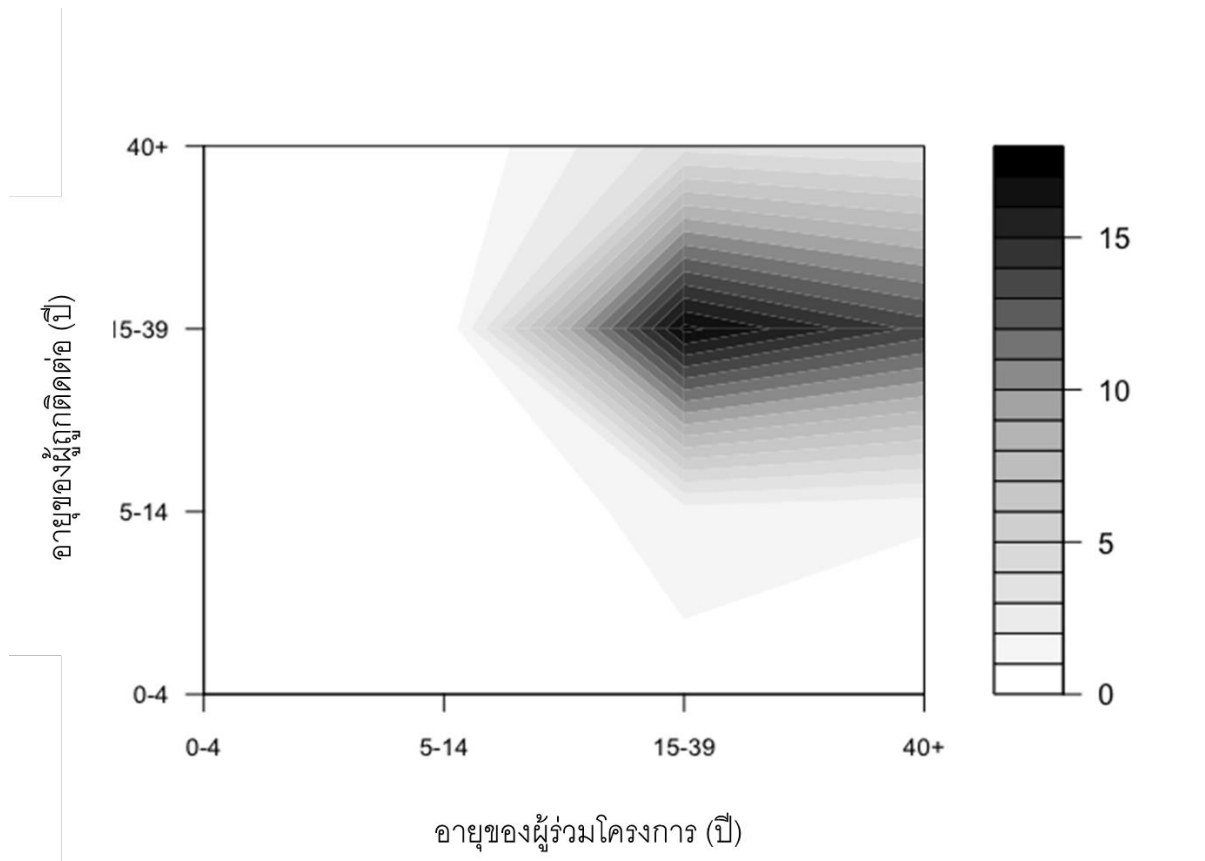
การติดต่อแบบมีการสัมผัสตัวแปรผันระหว่าง 17 – 37% ขึ้นกับชนชาติโดย พม่ามีการติดต่อแบบมีการสัมผัสมากที่สุด ส่วนชาติลาวจะน้อยที่สุด

ตารางที่ 5 แสดงสถานที่ของการติดต่อสัมผัสของกลุ่มแรงงานในโครงการ

	พม่า (128)	กัมพูชา (135)	ลาว (106)	โดยรวม (369)
จำนวนครั้งการติดต่อ	3128	2574	2654	8356
จำนวนการติดต่อจากที่พัก (%)	42.39	40.95	28.15	
จำนวนการติดต่อจากสถานที่ทำงาน (%)	67.30	56.06	68.61	
จำนวนการติดต่อจากที่อื่นๆ (%)	8.31	7.78	12.17	

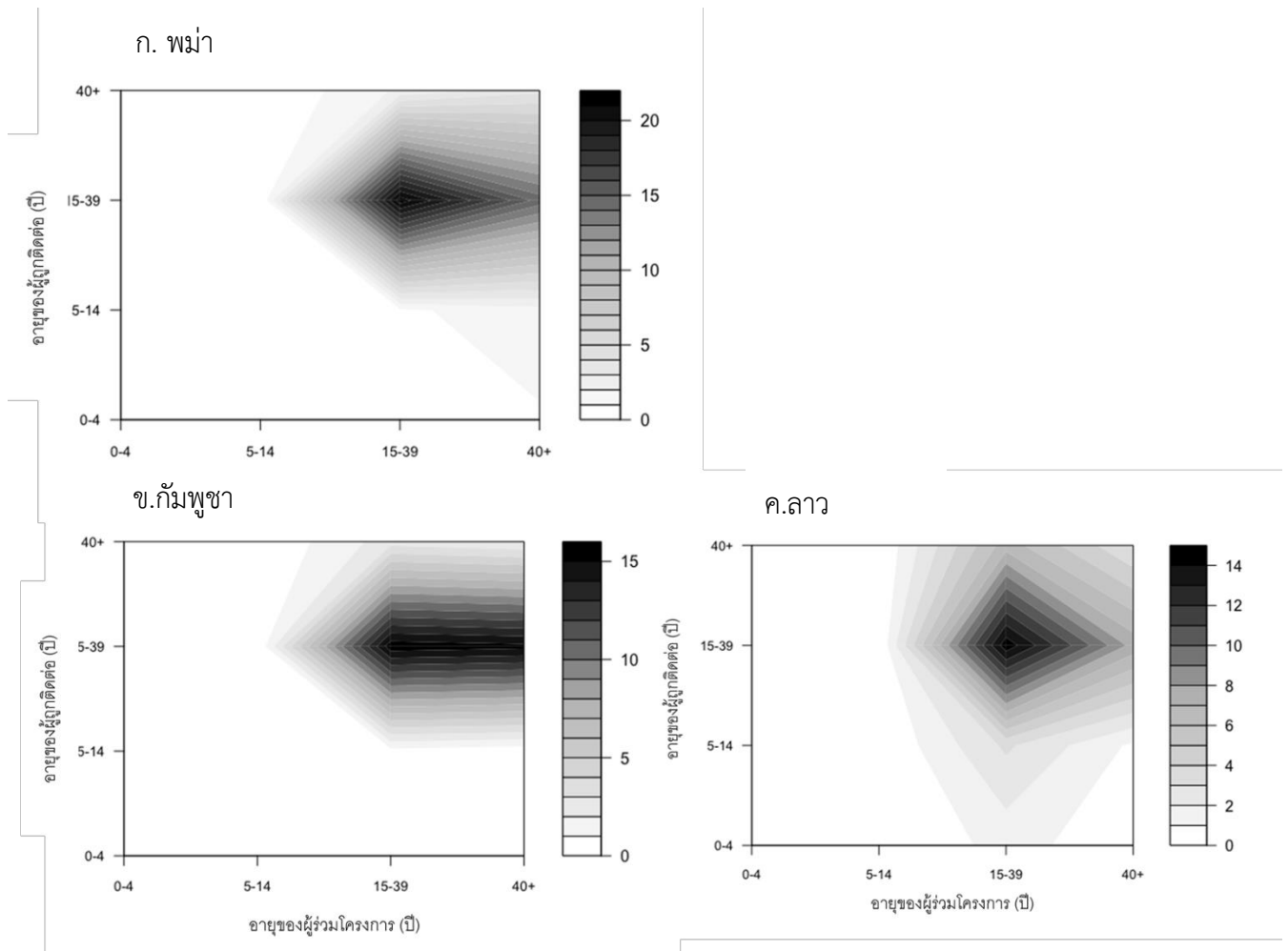
การติดต่อสัมผัสมากกว่า 50% เกิดขึ้นในที่ทำงานในทั้งสามกลุ่มชาติ กลุ่มแรงงานพม่าและกัมพูชาจะมีรูปแบบที่เหมือนกันมากกว่าชาตลาว ซึ่งอธิบายได้จากลักษณะของงานที่คนลาวส่วนใหญ่ทำ ได้แก่ งานบ้านที่มีสถานที่ทำงานกับบ้านเป็นที่เดียวกัน และลักษณะของงานนอกโรงงานเช่น ตลาด โดยกลุ่มแรงงานจะสามารถออกไปตามสถานที่ต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้น

เมื่อนำข้อมูลการติดต่อสัมผัสมาสร้างเป็น contact matrix จะสามารถแสดงภาพเป็น contour plots ดังต่อไปนี้



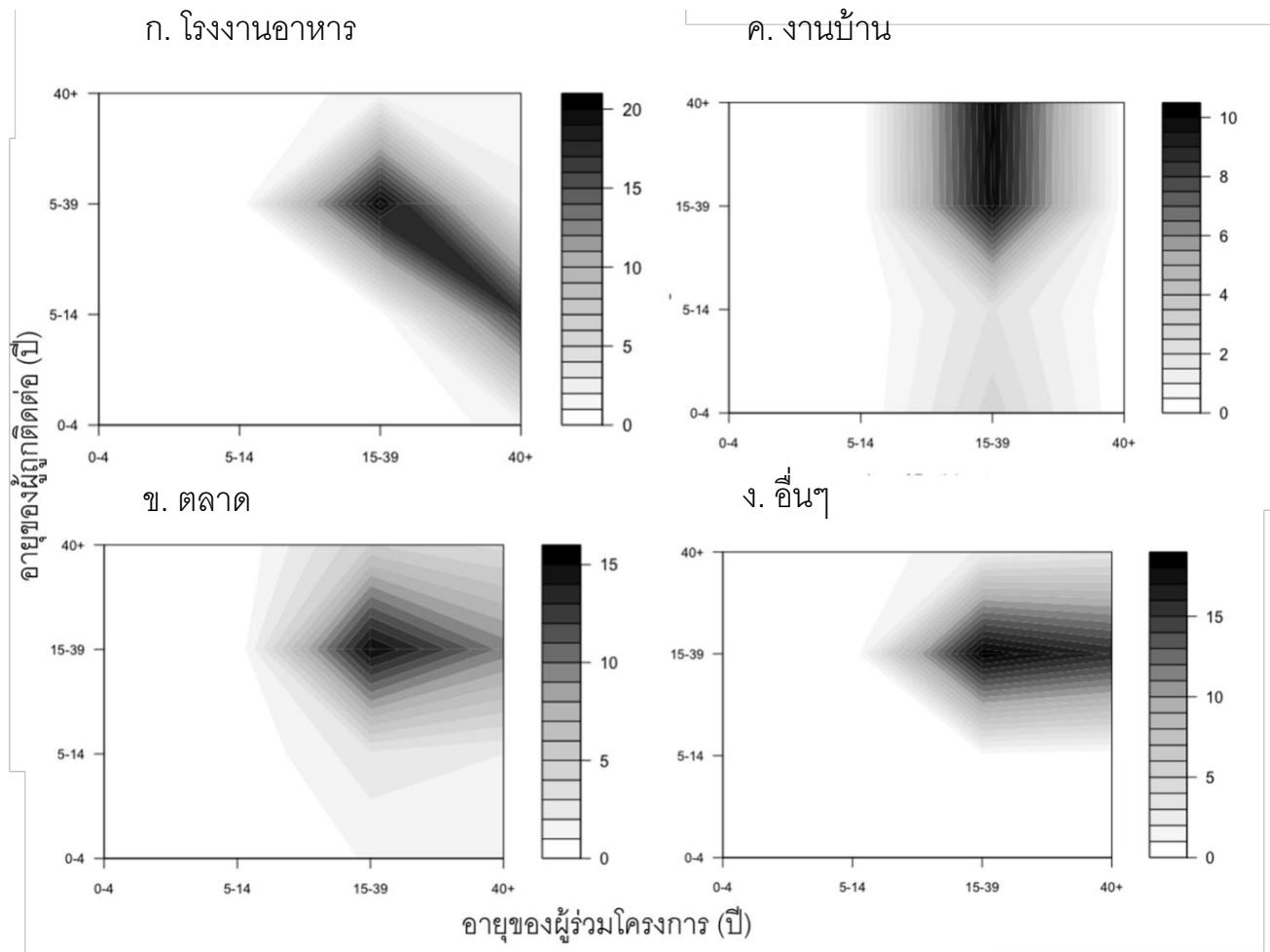
ภาพที่ 6 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสในภาพรวม

การติดต่อสัมผัสของแรงงานในโครงการมีความหนาแน่นที่สุดกับช่วงกลุ่มอายุ 15 – 39 ปี ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถทำการศึกษากลุ่มเด็กและคนแก่ จึงอาจจะไม่เห็นภาพรวมของประชากรทุกช่วงอายุ



ภาพที่ 7 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสแบ่งตามสัญชาติ

รูปแบบการติดต่อสัมผัสตามอายุในแต่ละสัญชาติมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งทางทีมวิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียดต่อไป



ภาพที่ 8 การติดต่อสัมผัสจากกลุ่มอายุผู้สัมผัสกับกลุ่มอายุผู้ถูกสัมผัสแบ่งตามลักษณะของงาน

เมื่อทำการแสดงภาพการติดต่อสัมผัสตามลักษณะของงาน เราสามารถเห็นความแตกต่างของรูปแบบได้ชัดเจนโดยในกลุ่มของตลาดจะมีการเกาะกลุ่มของข้อมูลการติดต่อในช่วงอายุ 15 – 39 ปีมากที่สุด ในขณะที่รูปแบบของโรงงานผลิตอาหารและงานบ้านจะแตกต่างไปอย่างมาก นอกจากการนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหา contact matrix เพื่อใช้ในการคาดประมาณการแพร่กระจายของโรคติดต่อชนิดใดชนิดหนึ่งผ่านการใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แล้ว เรายังสามารถใช้ข้อมูลการติดต่อสัมผัสแยกตามความสนใจในการประมาณความเป็นไปได้ในการระบาดของโรคได้ ยกตัวอย่างเช่น

สถานการณ์ที่ 1 :จากการศึกษาพบว่าสภาวะภูมิคุ้มกันของโรคคอตีบและไวรัสตับอักเสบนิดเอในกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานข้ามชาติจากลาวไม่อยู่ในปริมาณที่ป้องกันโรคได้สูงถึง 27 และ 38% ตามลำดับ ในขณะที่ข้อมูลการติดต่อสัมผัสของแรงงานชาวลาวมีวงกว้างครอบคลุมทุกช่วงอายุ และมีการติดต่อข้ามสัญชาติมากกว่าเป็นสองเท่าของการติดต่อกับคนลาวด้วยกัน (ในขณะที่แรงงานชาติอื่นจะมีการติดต่อกับชนชาติอื่นเพียงประมาณครึ่งเดียวของการติดต่อกับชนชาติตัวเอง) รวมถึงลักษณะของงานที่แรงงานลาวนิยม เช่น งานบ้านและขายของใน

ตลาด จุดนี้อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การระบาดของโรคติดต่อในกลุ่มคนลาวอาจจะแพร่ระบาดได้ง่ายกว่าการในกลุ่มแรงงานชาติอื่นๆ

สถานการณ์ที่ 2: จากการศึกษาพบว่าสภาวะภูมิคุ้มกันของโรคหัดเยอรมันในกลุ่มผู้อพยพหรือแรงงานข้ามชาติจากทั้งสามสัญชาติไม่อยู่ในปริมาณที่ป้องกันโรคได้สูงเกิน 20% ถ้าเกิดการระบาดของโรคนี้ในกลุ่มแรงงานต่างด้าว น่าจะมีความเสี่ยงการติดโรคสูงในทุกชาติและการติดเชื้อในสถานที่ทำงานเป็นไปได้สูงเนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่ใช้เวลามากกว่าร้อยละ 50 ที่ทำงานและหลายๆแห่งมีแรงงานต่างด้าวมากกว่าหนึ่งชาติขึ้นไป และรวมไปถึงแรงงานไทยที่ปะปนอยู่ด้วย

Manuscript (draft1)

Mixing contact pattern and population movement of migrant workers in the urban setting, Thailand

Wirichada Pan-ngum¹, Somkid Kongyu², Panithee Thammawijaya², Wiriya Mahikul¹, Piya Hanvoravongchai³, Aronrag Cooper Meeyai⁴, Sapon Iamsirithaworn⁵, Prasert Auewarakul⁶

¹Department of Tropical Hygiene, Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University, Bangkok, Thailand

²Bureau of Epidemiology Department of Disease Control, Bangkok, Thailand

³Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

⁴Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok, Thailand

⁵Department of Disease Control, Ministry of Public Health, Bangkok, Thailand

⁶Institute of Molecular Biosciences (MB), Mahidol University, NakhonPathom, Thailand

Abstract

Background

The contact patterns between humans and humans or human and domestic animal/ livestock are important information for modeling disease transmission dynamics. Often simple assumptions such as homogenous or proportional mixing are assumed when constructing mathematical models to study disease epidemiology and short-term impact of some interventions. Moreover, sensitivity analysis often makes a remark on the importance of these contact parameters to the model outcomes such as the rate of spread of an infection, the magnitude of an epidemic curve or the effectiveness of the intervention strategies. In this study we collected data to describe contact pattern and movement of migrant workers in the urban setting of Thailand.

Method

Three hundred and sixty-nine migrant workers from three major nationalities included Cambodia, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR) and Myanmar were participated in the survey between September and November 2015. Over eight thousand and three hundred contacts were recorded on paper diary with information on all contacts made within a chosen day. On return of the paper diary card, 10% of all participants were randomly chosen for an interview to fill in any missing contacts as much as possible. The demographic data of participants including age, sex, nationality, workplace, income and education were reported. The characteristics of contacts recorded include age, sex and nationality of person contacted, location of contacts and occurrence of physical contact.

Results

Over 75% of all the contacts occurred from the migrants aged group 15 – 39 years old. The contacts were highly cluster in this age class in all three nations. However, the contacts of migrant workers to the younger and elder age groups were very low. The pattern varied slightly among different nations, mostly depend on the type of job reflected in the workplace. Most worker did not travel far during the working days, mainly commuting between home and workplace. They often went back to the country at most once a year on seasonal basis e.g. Thai or Western new year period.

Conclusion

The study findings helped to gain better understanding of the mixing pattern among the migrant worker in the urban setting. This information is useful when simulate disease epidemics in this specific population and guide optimal disease control strategies among this sensitive and venerable group of population.

Introduction

Many epidemiological models of infectious diseases usually assume simple structure of population mixing pattern because data on this subject are not widely available. Several non-random mixing patterns such as proportional and non-proportional mixing have been incorporated into a mathematical model to represent sufficient heterogeneous contacts among population. Objectives of mathematical models can be ranged from just studying how a disease spread to how to design control strategy. Good models will require validation and sensitivity analysis. Sensitivity analysis often claimed that model outputs such as spreading pattern or total cases were sensitivity to uncertainty in model parameters such as contact matrix, qualitative measure of the contact pattern. More studies have focused on sexually mixing patterns (Aral et al., 1999; Ghani and Garnett, 1998; Laumann and Youm, 1999; Youm and Laumann, 2002), but only few have looked at closed contact patterns which are element of airborne infections (Beutels et al., 2006; Edmunds et al., 1997, 2006; Wallinga et al., 2006). The contact patterns of Thai population from all age ranges living in four different regions, central, north, northeast and south were looked at in a previous study in 2009. The results showed a similar pattern to those found from previous studies in Europe i.e. the human contact patterns were highly age dependent. The contact frequency was the highest in age categories between 5 and 15 years old. Almost 80% of all contacts were physical in the younger groups and this figure dropped by half to below 40% in teenagers and adults. Around 50% of all contacts occurred at home, higher percentage among infants and elderly people. The findings from the previous study showed a similar pattern of mixing contact to the European setting with greater frequency and slightly some variations among the regions of the country partly explained by the culture differences.

Up to date there was no study of mixing contact pattern in Thailand. A study on migrants proved challenging because of some issues including international politics, legal entry and work permit for example. This study was conducted as part of the main project entitled “Resurgence of vaccine preventable disease in Thailand: Diphtheria, Measles, Rubella, and Hepatitis A as case studies”. The sero-prevalence with the questionnaire survey on knowledge, attitude and practice regarding these 4 vaccine preventable diseases were assessed in parallel to the study of mixing contact pattern and population movement.

Method

Contact pattern study

The survey was separated into two processes, the questionnaire with an interview was performed to collect the demographic data of the participants. This part was including in the seroprevalence study where the participants were informed about the study by reading the participant sheet and ask the research team any question. The participants who signed the informed consent would be recruited to the study. Trained research staff and the translators would conduct the interview with the translated questionnaire. The second process was after the questionnaire was completed and the participants were blood drawn for the seroprevalence survey, the participants who were willing to participate in the mixing contact study would be explained about the diary and how to record the contacts through communications with the trained translators. The date would be arranged for the research team to pick up the diary cards later.

The contact patterns were extracted from the survey on the social contacts and mixing patterns in various workplaces in Pathum Thani, Thailand conducted during September to November 2015. The target population were migrant worker from Myanmar, Lao PDR and Cambodian who were willing to participate and signed the informed consent. A contact was defined as either skin-to-skin contact or a two-way conversation within the distance of approximately one meter without skin-to-skin contact. For each contact, the participant would be asked to record information on age (in groups) and sex of the contact person, nationality (same or different from the participant), type of contact (physical or non-physical) and location where the contact was made. The template daily card was modified from the one used for POLYMOD study to characterize contact pattern in Europe [Mossong 2008]. The information asked was simplified and minimized the use of any alphabets as some migrants were illiterate. The questionnaire and diary card were translated from English into three different languages, Myanmar, Cambodian and Lao by the international students working in related to health research. The translators in all three nationalities were trained to become

familiar with the forms and understand the purposes of the study before the recruitment started.

Pathum Thani was at the boundary with Bangkok with the area of 1,525 meter² and the population of over one million people registered. The province is a mixture of agricultural and industrial areas with the rapid growth in industrial business in the country. Pathum Thani represents an urban setting for the migrant worker who live and work in a big city around Thailand. The other major setting for migrant worker would be the cross-border areas where we would not be focusing in this study. The number of registered migrants in this province in 2015 was 138,373 or approximately 9.5% of all migrant workers in that year. The ratio of male to female migrant worker was 1.67. By nationalities, 60% were Myanmar, 12% were Lao PDR, and 28% were Cambodian.

(http://www.doe.go.th/prd/assets/upload/files/alien_th/cea979ea00fbb2f2ad2b6d5e53d5dde8.pdf)

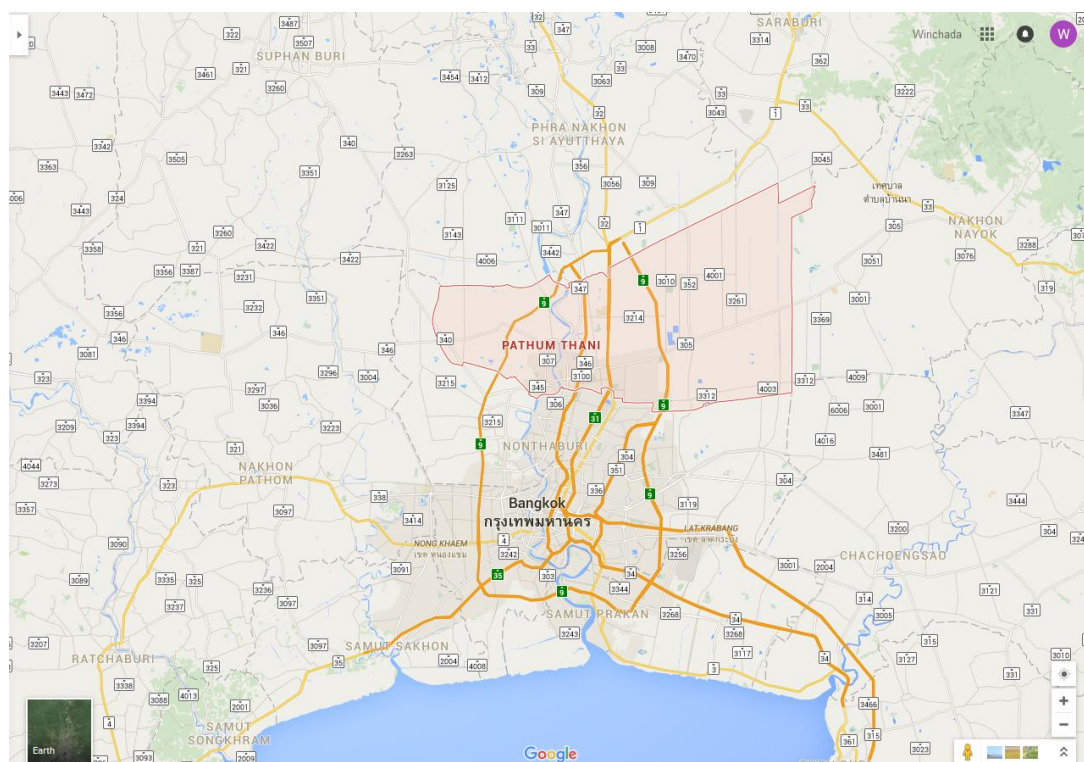


Figure 1: Pathum Thani, the study site

Multistage sampling with purposive sampling was applied to select the suitable study sites focusing on industrial factories and wholesale vegetable markets located in four districts in Pathum Thani (Klong Luang, Lum Look Ka, Lad Loom Kaew, and Klong Sam). The sampling was done to make sure that migrant workers from all three sizes of the factories were covered i.e. small size (up to 20 workers), medium size (up to 50 workers) and large size (over 50 worker).

Inclusion/Exclusion Criteria

Inclusion criteria:

- 1) One of these nationalities: Lao PDR, Myanmar, Cambodia
- 2) Staying in Thailand for more than 3 months
- 3) Aged over 18 years old
- 4) Present at the study on the day of recruitment
- 5) Signed the informed consent

Exclusion criteria:

- 1) Do not willing to answer questions
- 2) Do not willing to have the blood drawn
- 3) Pregnant
- 4) Those with underlying diseases including immunosuppression, kidney, liver failure and cancer for example.

Results

While total sample size was 406 for the seroprevalence study, the response on the mixing contact study was 369 i.e. response rate of 90% . Of that, there were 160 Myanmar, 145 Cambodian and 101 Laos.

No.	Type	Size	For seroprevalence	Myanmar	Cambodia	Laos	For Mixing contact
1	Market	L	145	36	38	71	122
2	Market	L	30	0	0	30	30
3	Food	S	33	3	30	0	29
4	Food	L	28	13	15	0	27
5	Food	L	38	17	21	0	37
6	Others	S	10	10	0	0	10
7	Others	M	21	10	11	0	13
8	Others	M	22	22	0	0	5
9	Others	L	79	49	30	0	79
10	Housework						17
	Total		406	160	145	101	369

Table 1: Summary of the survey for two parallel projects 1) seroprevalence study and 2) Mixing contact pattern study. The study sites were classified by type of product and the size of the workplace



Figure 2: The photos showed different study sites and different types of work taken by migrant worker

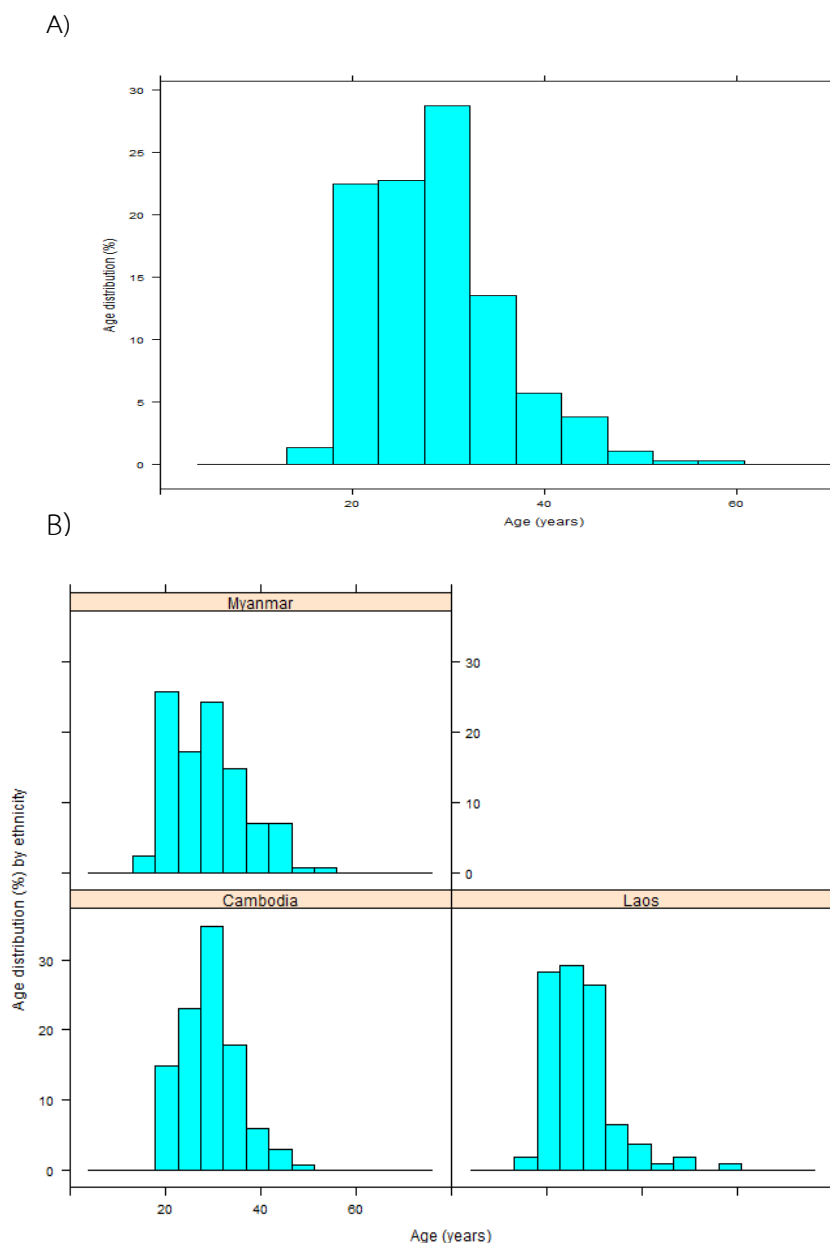


Figure 3: A) The age distribution of all participants. B) The age distribution split by nationalities

การศึกษามีช่องว่างในการที่ขาดกลุ่มช่วงอายุของเด็กและคนชรา เนื่องจากการเก็บข้อมูลสามารถทำได้กับกลุ่มแรงงานเท่านั้น โดยกลุ่มแรงงานนี้ส่วนใหญ่จะไม่ได้ใช้เวลาอยู่กับครอบครัว หรือสมาชิกที่เหลือของครอบครัว ไม่ได้อาศัยอยู่ในประเทศไทย

การกระจายตัวของอายุในสามสัญชาติไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยกัมพูชาจะมีฐานอายุที่แคบที่สุด เนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่จะทำงานก่อสร้างหรือโรงงาน โดยส่วนใหญ่เป็นงานที่ใช้เวลาและแรงงานเป็นเวลานาน ชนิดของงานในกลุ่มแรงงานพม่าและลาวจะมีความหลากหลายมากกว่า

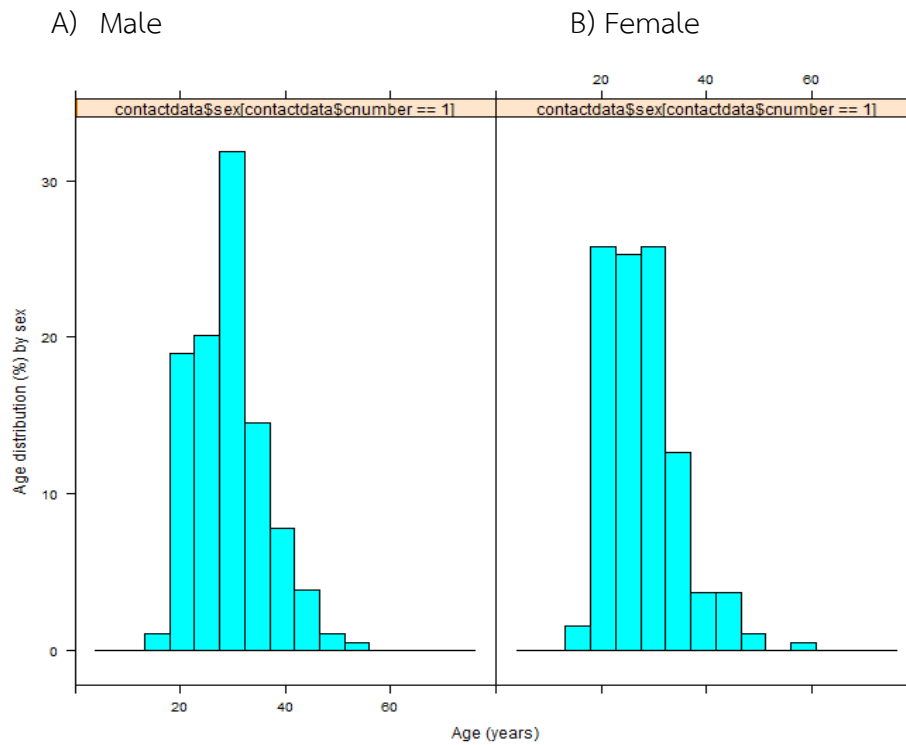


Figure 4: The sex distribution of all participants

การกระจายของอายุตามเพศไม่มีความแตกต่าง โดยอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 20 – 40 ปี โดยคิดเป็นเพศชายประมาณ 48.5% มีเพียงชาติลาวที่มีจำนวนเพศหญิงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (76%) (จากตาราง 3)

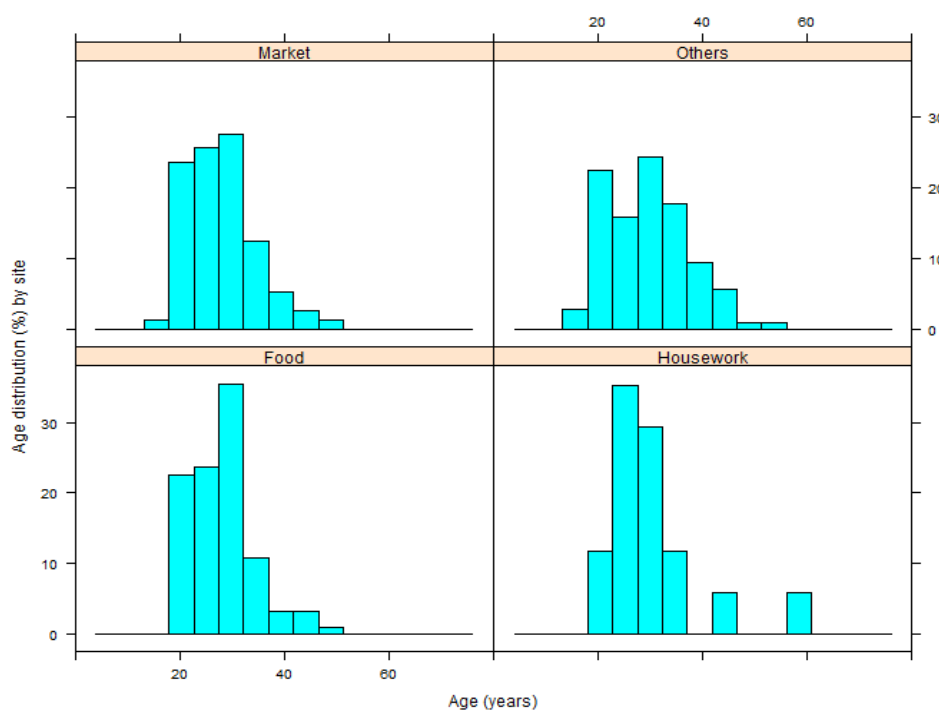


Figure 5: Age distribution by type of work

การกระจายข้อมูลอายุมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

	Myanmar (128)	Cambodia (135)	Laos (106)	Overall (369)
Mean age (sd)	28.95 (7.90)	29.34 (6.22)	26.95 (7.16)	28.52 (7.16)
Male (%)	63.28	54.07	23.58	48.51
Primary school only (%)	33.59	46.67	54.72	50.14
Laboring work (%)	87.50	90.37	77.36	91.33
Income in THB (sd)	315.87 (54.98)	304.73 (27.81)	360.57 (76.68)	323.02 (58.19)
One-day off (%)	72.66	64.44	19.81	54.47
Sufficient income Y:N	33:94	113:15	23:64	194:198
Going back home every year (%)	25.78	77.78	44.34	50.14
Thai VS Standard new year	40 vs 14	87 vs 26	42 vs 12	

Table 2: General information of participants by nationalities

สรุปโดยย่อคือแรงงานส่วนใหญ่มีช่วงอายุระหว่าง 25-35 ปี โดยอายุเฉลี่ยคือ 28.5 ปี คิดเป็นเพศชาย 48.5% ประชากรส่วนใหญ่จบเพียงการศึกษาระดับประถม ทำงานรับจ้างโดยมีรายได้วันละ 320 บาท โดยเฉลี่ย 50 % จะมีการเดินทางกลับภูมิลำเนาหนึ่งครั้งต่อปีในช่วงวันสงกรานต์ ยกเว้นชาติพม่าที่มีการเดินทางกลับบ้านน้อยกว่าชาติอื่นๆ

	Myanmar (128)	Cambodia (135)	Laos (106)	Overall (369)
Total contacts	3128	2574	2654	8356
Contact with males (%)	64.87	55.83	45.48	55.92
Physical contacts (%)	37.79	26.92	17.75	
Mean number of contacts/person (sd)	16.19 (11.61)	12.62 (9.40)	15.68 (11.35)	14.93 (11.00)
[1] no. contacts < 5 yrs	59	53	137	249
[2] no. contacts 5 - < 15yrs	117	81	326	524
[3] no. contacts 14 - < 40 yrs	2649	2109	1518	6276
[4] no. contacts 40 plus	303	331	673	1307

Table 3: Contact information reported on diary cards by nationalities

จำนวนการติดต่อสัมผัสรวมทั้งสิ้น 8356 ครั้ง โดย การติดต่อกันที่สุดในกลุ่มแรงงานพม่าคิดเป็น 37% ของการติดต่อสัมผัสทั้งหมด โดยเฉลี่ยคนหนึ่งๆมีการติดต่อสัมผัสประมาณ 15 ครั้งต่อวัน โดยติดต่อกับกลุ่มคนในช่วงอายุ 14 – 40 ปี สูงถึง 75% รองลงมาคือกลุ่มอายุ 40ปีขึ้นไป (16%) 5 – 15 ปี (6%) และ น้อยกว่า 5 ขวบ (3%)

การติดต่อแบบมีการสัมผัสตัวแปรผันระหว่าง 17 – 37% ขึ้นกับชนชาติโดย พม่ามีการติดต่อแบบมีการสัมผัสมากที่สุด ส่วนชาติลาวจะน้อยที่สุด

	Myanmar (128)	Cambodia (135)	Laos (106)	Overall (369)
Total contacts	3128	2574	2654	8356
Contacts from home (%)	42.39	40.95	28.15	
Contacts from work (%)	67.30	56.06	68.61	
Contacts from other places (%)	8.31	7.78	12.17	

Table 4: Locations of contacts reported by nationalities

การติดต่อสัมผัสมากกว่า 50% เกิดขึ้นในที่ทำงานในทั้งสามกลุ่มชาติ กลุ่มแรงงานพม่าและกัมพูชาจะมีรูปแบบที่เหมือนกันมากกว่าชาติลาว ซึ่งอธิบายได้จากลักษณะของงานที่คนลาวส่วนใหญ่ทำ ได้แก่ งานบ้านที่จะมีสถานที่ทำงานกับบ้านเป็นที่เดียวกัน และลักษณะของงานนอกโรงงาน เช่น ตลาด โดยกลุ่มแรงงานจะสามารถออกไปตามสถานที่ต่างๆได้มากยิ่งขึ้น

เมื่อนำข้อมูลการติดต่อสัมผัสมาสร้างเป็น contact matrix จะสามารถแสดงภาพเป็น contour plots ดังต่อไปนี้

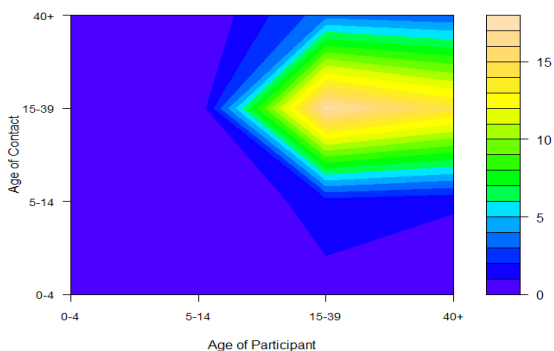
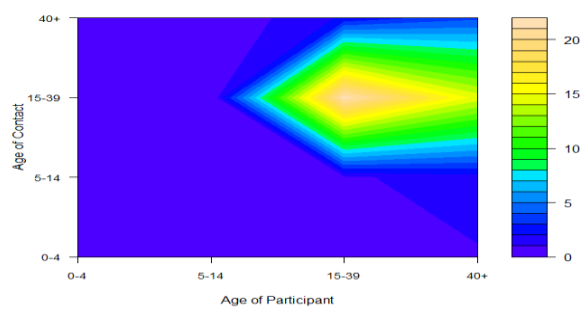


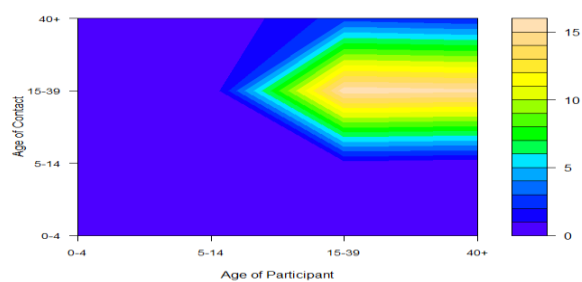
Figure 6 Overall contour plot of mixing contact pattern by age

การติดต่อสัมผัสของแรงงานในโครงการมีความหนาแน่นที่สุดกับช่วงกลุ่มอายุ 15 – 39 ปี ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถทำการศึกษากลุ่มเด็กและคนแก่ จึงอาจจะไม่เห็นภาพรวมของประชากรทุกช่วงอายุ

A) Myanmar



B) Cambodia



C) Lao PDR

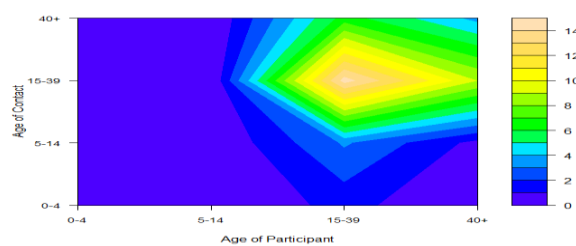


Figure 7 Contour plot of the mixing contact pattern by age, by nationalities of the participants

รูปแบบการติดต่อสัมผัสตามอายุในแต่ละสัญชาติมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งทางทีมวิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียดต่อไป

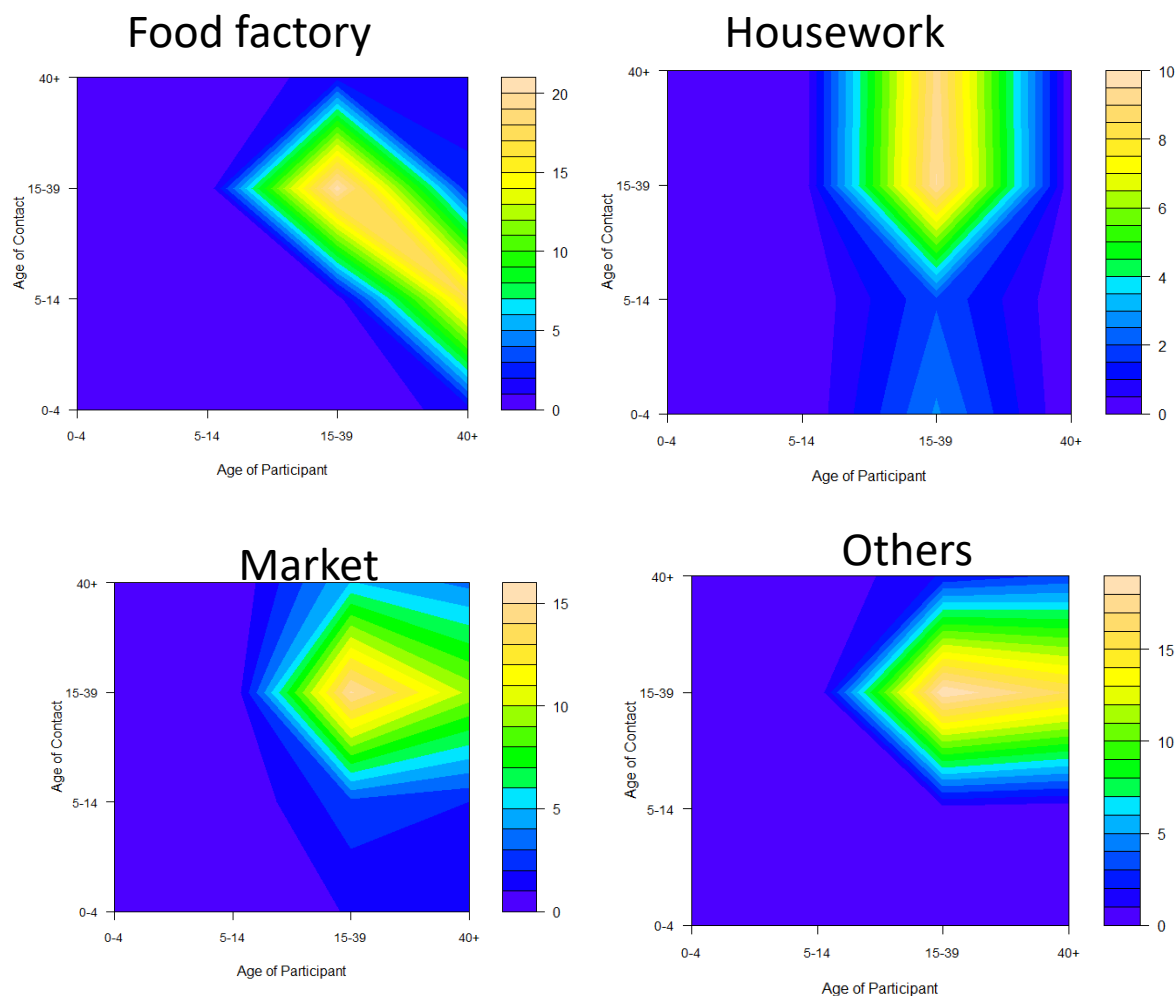


Figure 8 The contour plot of the mixing contact pattern by age, by type of work

เมื่อทำการแสดงภาพการติดต่อสัมผัสตามลักษณะของงาน เราสามารถเห็นความแตกต่างของรูปแบบได้ชัดเจน โดยในกลุ่มของตลาดจะมีการเกาะกลุ่มของข้อมูลการติดต่อในช่วงอายุ 15 – 39 ปีมากที่สุด ในขณะที่รูปแบบของโรงงานผลิตอาหารและงานบ้านจะแตกต่างกันอย่างมาก ทางทีมวิจัยจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในรายละเอียดต่อไป

Conclusion

There were significant differences among the contact pattern, by nationalities this was not so obvious, however, by the type of work it clearly showed the differences (Figure 8) . Cambodians and Myanmar people had the more similar contact pattern compared to Laos. Their contacts were heavily among the age class 15 – 39, with cluster of contacts among their nationality. Laos people had more diverse contacts with different age groups and nationalities. This is mainly explained by the type of work they were in. Laos had the least language and culture barriers to be mixed with the Thai population. They often take up the work where communication and human interaction skills are more required. The types of

work are shop sellers, vegetable and fruit sellers, housework and children caretaker. While the Cambodia and Myanmar often operate on machines in factories and industries or construction worker. It is possible for them to work in the markets, often on a job where no interaction with people are required i.e. vegetable preparing.

วัตถุประสงค์ที่ 4

To use mathematical models to demonstrate possible scenarios for the spread of vaccine preventable diseases among migrants and Thai nationals taking into account the effect of population movement patterns and to suggest optimal control strategies

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบและโรคหัด

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประโยชน์ต่อการหามาตรการในการป้องกันและควบคุมโรค เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้ข้อคาดการณ์พฤติกรรมและการแพร่ระบาดของโรค ช่วงเวลาของการระบาด ปัจจัยที่มีผลต่อระบาดของโรค และปัจจัยที่มีผลต่อการป้องกันและควบคุมโรค ผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองเป็นการคาดการณ์ข้อมูลในอนาคตได้แก่ ช่วงเวลาการระบาด ปัจจัยที่มีผลต่อการระบาด และจำนวนผู้ป่วย เพื่อให้หน่วยงานทางด้านสาธารณสุขได้ใช้ประกอบการพิจารณาหาแนวทางควบคุมและป้องกันการระบาดของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันการฉีดวัคซีนเป็นวิธีการที่ใช้ในการป้องกันและควบคุมโรค แต่ในความเป็นจริงภูมิคุ้มกันที่ได้จากการฉีดวัคซีนสำหรับโรคติดเชื้อหลายๆชนิดอาจมีการเสื่อม [1,2] ซึ่งส่งผลให้การป้องกันและควบคุมโรคไม่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอ ทำให้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการฉีดวัคซีนได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหามาตรการการฉีดวัคซีนและปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมโรคด้วยวิธีการฉีดวัคซีน [3-5]

องค์การสหประชาชาติทำนายว่า ในศตวรรษที่ 21 นี้การย้ายถิ่นระหว่างประเทศจะมีมากขึ้น อันเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านประชากร การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และการเมืองในประเทศต่างๆที่ทวีความแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีแรงงานที่เข้าเมืองอย่างต่อเนื่อง ในทางสังคมวิทยาและประชากรศาสตร์ได้กล่าวว่า ความสัมพันธ์ระหว่างแรงงานข้ามชาติมีประเด็นที่ต้องพิจารณาว่าถ้ามีจำนวนประชากรต่างถิ่นเข้ามาจำนวนมาก ระบบสุขภาพของประชากรในประเทศปลายทางอาจต้องเผชิญกับความเสี่ยงที่เกิดจากการแพร่กระจายโรคที่ผู้ย้ายถิ่นอาจนำติดตัวมา ในทางกลับกันแรงงานอพยพเองอาจต้องประสบปัญหาสุขภาพที่มีอยู่ในประเทศปลายทางซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มอัตราป่วยและอัตราตายในกลุ่มผู้อพยพย้ายถิ่น ดังนั้นจึงได้มีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากรมาคาดการณ์การแพร่กระจายของโรคติดเชื้อในภูมิภาค [6-8]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบและโรคหัดเพื่อหาอัตราการฉีดวัคซีน ช่วงเวลาที่ทำให้วัคซีนซ้ำและเพื่อศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนย้ายประชากรที่มีผลต่อการการแพร่กระจายโรค

3. ขอบเขตของการวิจัย

1. หาระดับความครอบคลุมการได้รับวัคซีน (vaccination coverage level) ของโรคคอตีบและโรคหัดที่เหมาะสมต่อการควบคุมโรค
2. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลการระบาดของโรคคอตีบและโรคหัด การย้ายถิ่นฐานของแรงงานของประเทศไทย ปี 2554-2558

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบ (Mathematical model of diphtheria)

ตามที่กระทรวงสาธารณสุข โดยกรมควบคุมโรคมีนโยบายในการเร่งรัดและรักษาความครอบคลุมวัคซีนให้สูงเพียงพอที่จะป้องกันโรคติดต่อที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีนตามที่ทราบกันแล้วนั้น โรคคอตีบเป็นโรคหนึ่งที่เป็นเป้าหมายสำคัญ เนื่องจากเริ่มมีสัญญาณการกลับมาระบาดของอีกครั้ง ในปี พ.ศ. 2552 โดยพบผู้ป่วยจำนวนมากใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นเด็ก สาเหตุเกิดจากไม่ได้รับวัคซีนครบถ้วนตามเกณฑ์จากปัญหาความไม่สงบในภาคใต้ต่อมาในปี พ.ศ. 2555 ได้มีการระบาดของโรคคอตีบเกิดขึ้นในผู้ใหญ่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนล่างและมีแนวโน้มขยายไปยังจังหวัดอื่นๆ ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นผู้ใหญ่จากการประเมินความเสี่ยงและสาเหตุของการระบาดในประชากรกลุ่มนี้พบว่าเกิดจากการที่ประชาชนยังไม่มีภูมิคุ้มกันโรคหรือมีภูมิคุ้มกันโรคในระดับที่ไม่เพียงพอ ผู้ป่วยส่วนใหญ่เป็นผู้ใหญ่ที่เกิดก่อนหรือเกิดในช่วงต้นของแผนงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคและเด็กที่ไม่ได้รับวัคซีนครบถ้วนตามเกณฑ์ซึ่งมักเป็นกลุ่มแรงงานย้ายถิ่นหรืออยู่ในพื้นที่ทุรกันดาร อีกทั้งเมื่อทบทวนผลการศึกษาระดับภูมิคุ้มกันหลายการศึกษาให้ผลตรงกันว่า ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบในประชากรไทยกลุ่มอายุต่างๆ มีแนวโน้มลดลงในกลุ่มอายุที่มากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มอายุ 20 - 50 ปี [6]

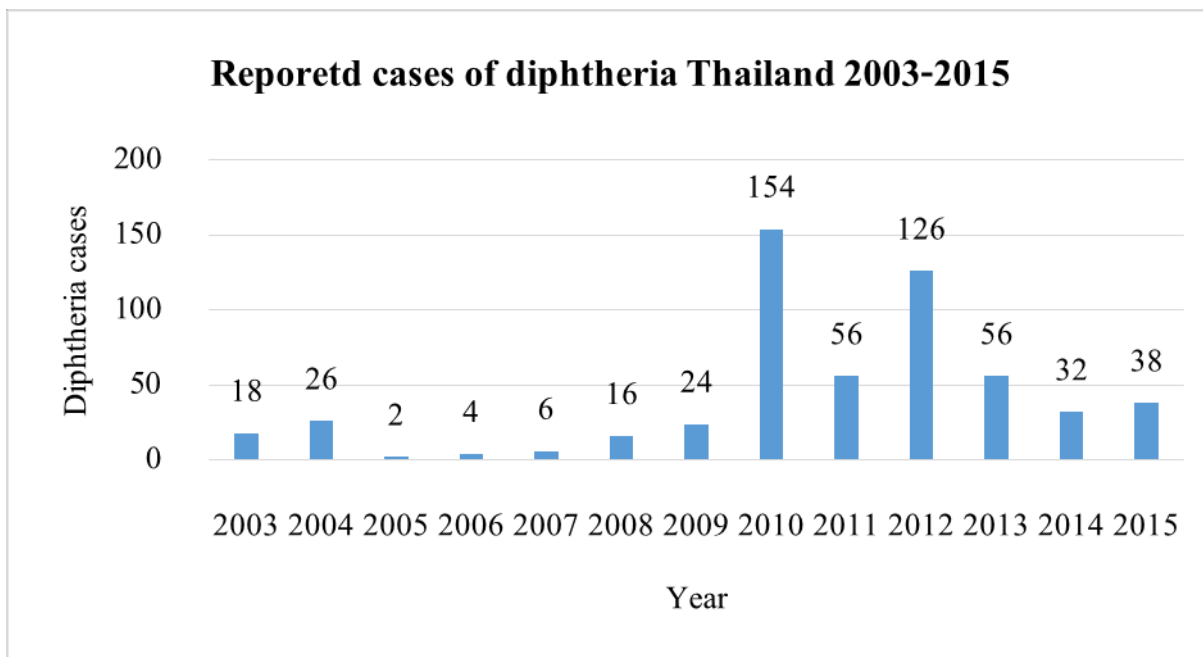
ในการศึกษาการแพร่ระบาดของโรคคอตีบและแนวทางการป้องกันโรคด้วยการฉีดวัคซีนของโรคคอตีบ จะพิจารณาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์โดยเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยสะสมที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลผู้ป่วยสะสมจริง วิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฉีดวัคซีนและปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมโรค

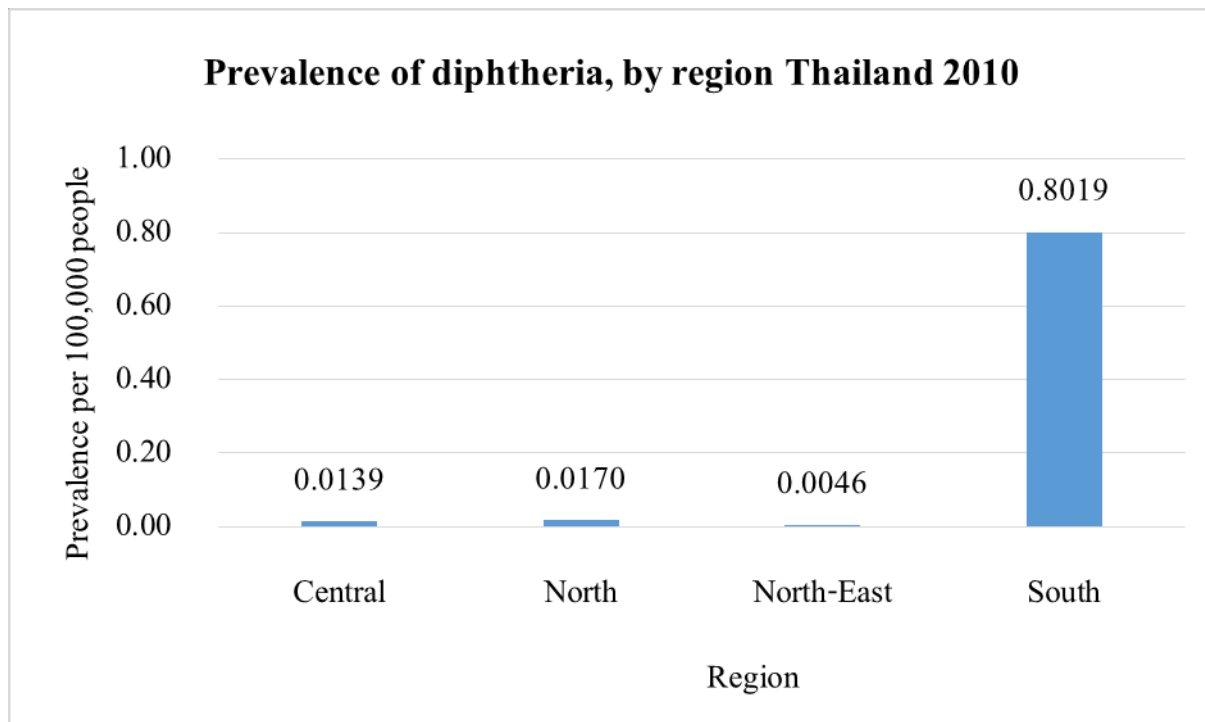
2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการฉีดวัคซีนแบบเป็นช่วงเวลา เพื่อหาอัตราการฉีดวัคซีนและช่วงเวลาที่ทำให้วัคซีนซ้ำ
3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากร เพื่อศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนย้ายประชากรที่มีผลต่อการการแพร่กระจายโรค

4.1.1 กำหนดพื้นที่ที่ศึกษา (Area study)

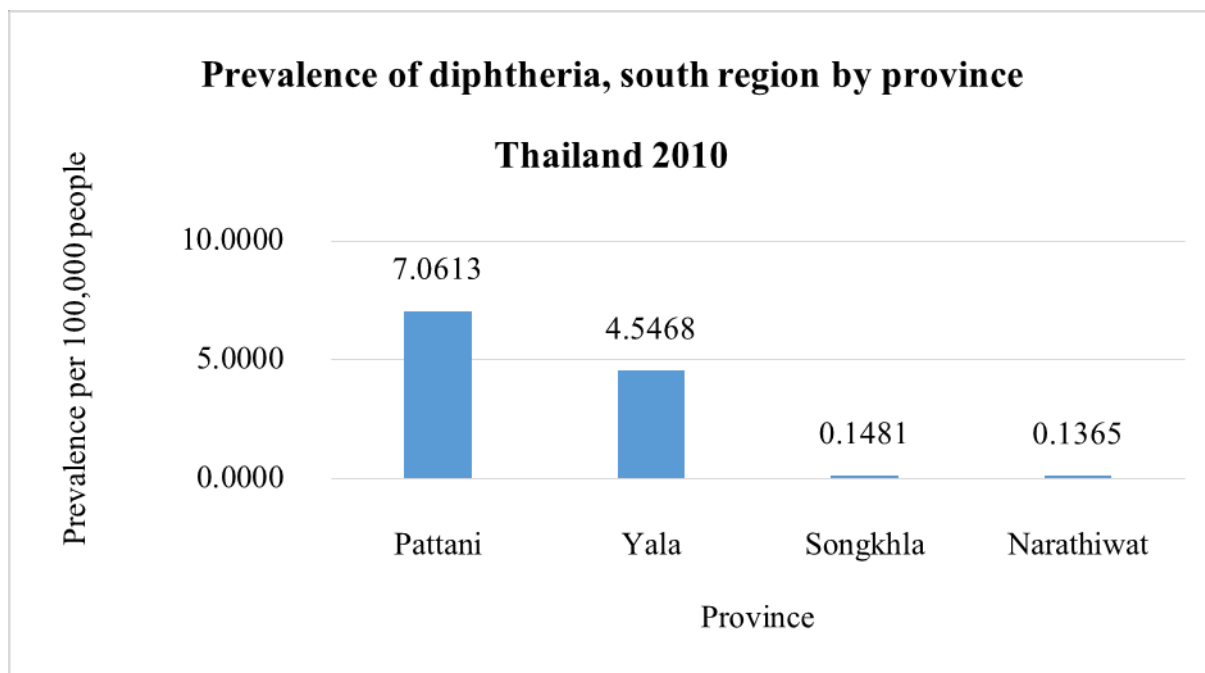
จากรายงานจำนวนผู้ป่วยโรคคอตีบในปี พ.ศ.2546–2558 พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยสูงในปี พ.ศ. 2553 และปี พ.ศ.2555 และมีจำนวนผู้ป่วยลดลงในปี พ.ศ.2556-2557 ส่วนในปี พ.ศ. 2558 มีแนวโน้มสูงขึ้น (ดังรูปที่ 1) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 และ 2555 พบว่าภาคใต้มีความชุกของโรคคอตีบสูงสุด (ดังรูปที่ 2 และ 4) นอกจากนี้ยังพบว่า จังหวัดที่มีความชุกของโรคคอตีบสูงสุด คือ ปัตตานี รองลงมาคือยะลา (ดังรูปที่ 3 และ 5)



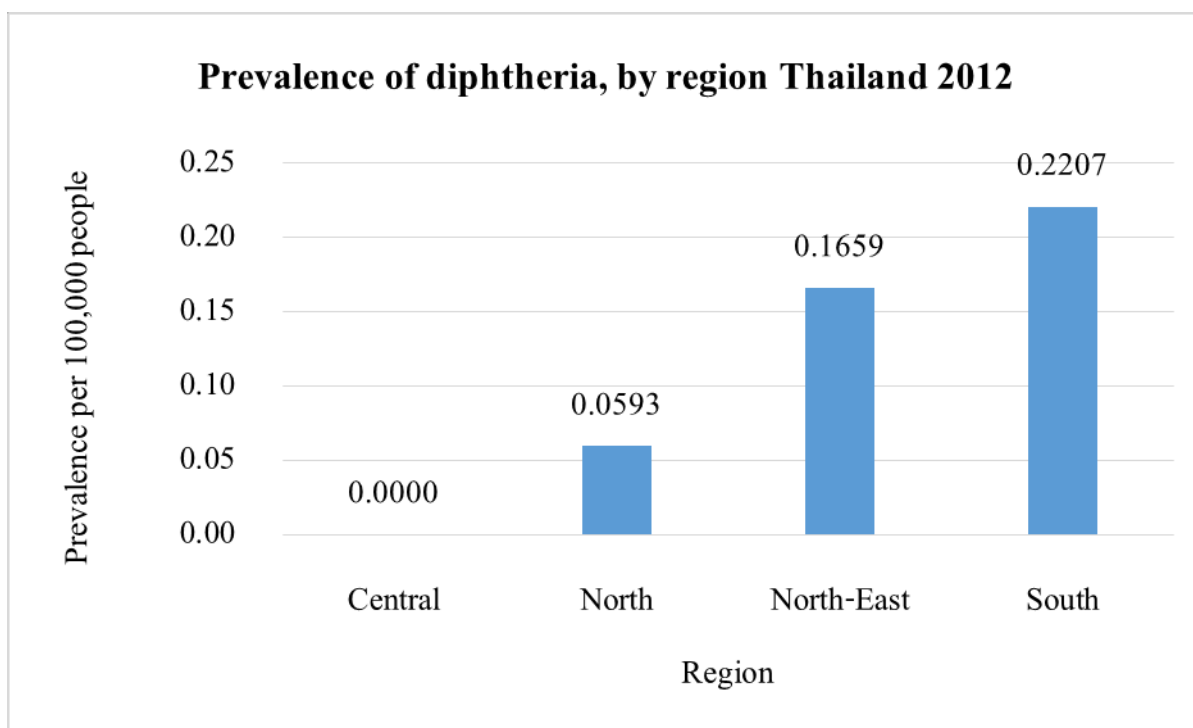
รูปที่ 1 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคคอตีบ ในช่วงปี พ.ศ. 2546-2558



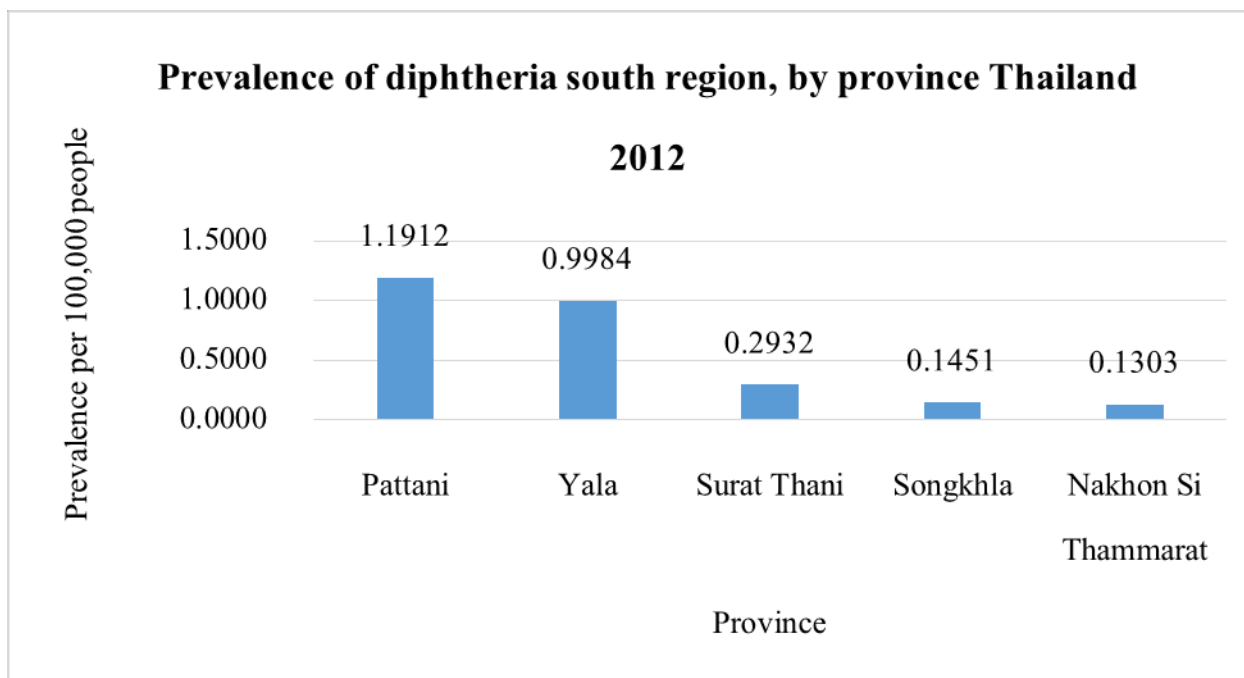
รูปที่ 2 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย ปี พ.ศ. 2553



รูปที่ 3 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2553
(แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)

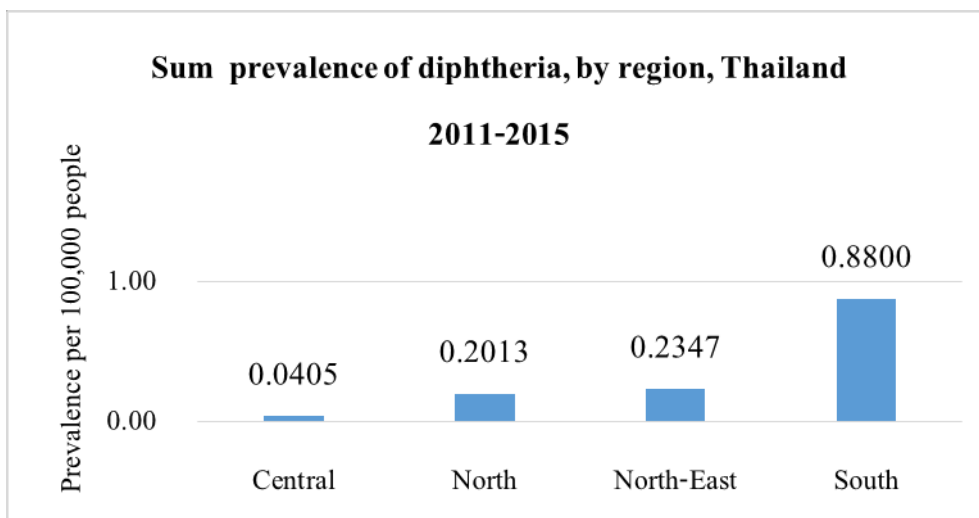


รูปที่ 4 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย ปี พ.ศ. 2555

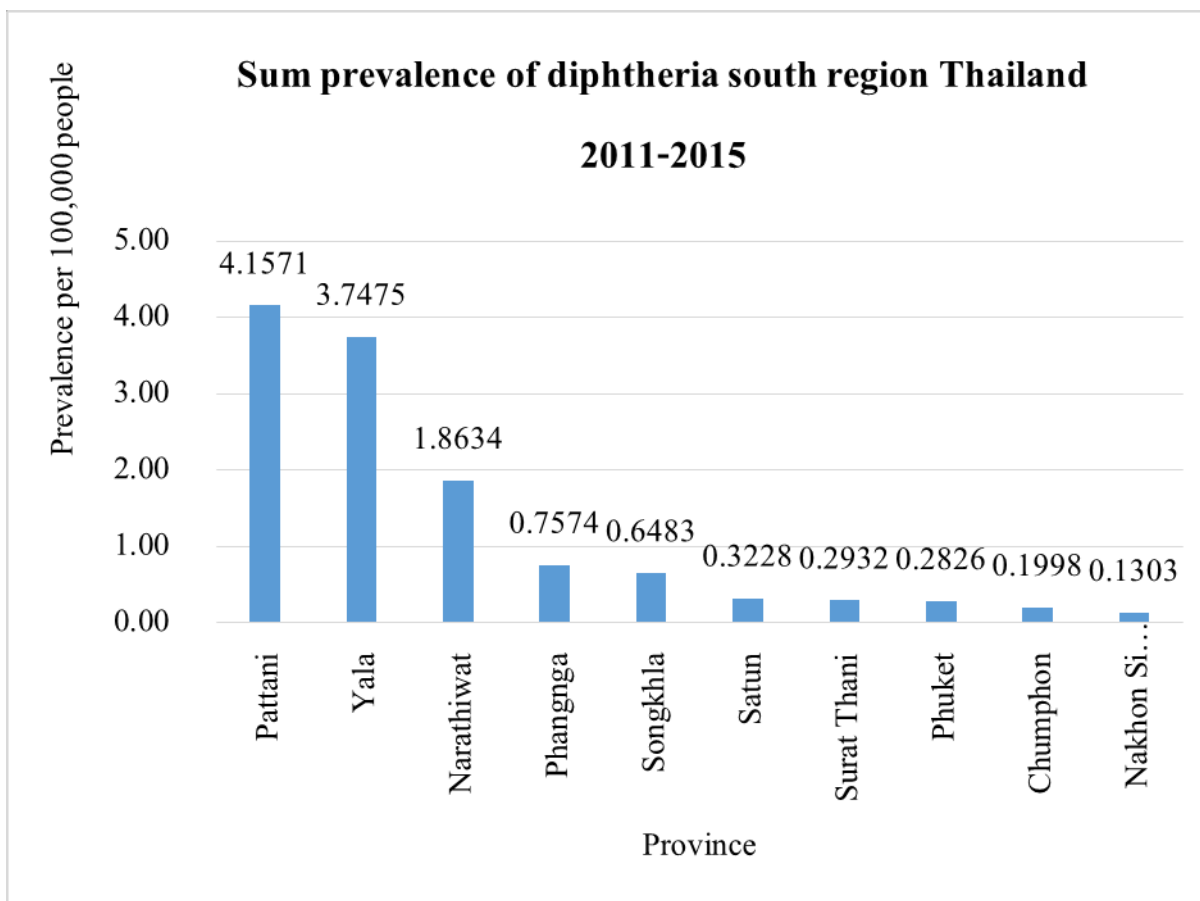


รูปที่ 5 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยในภาคใต้ ปี พ.ศ. 2555 (แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)

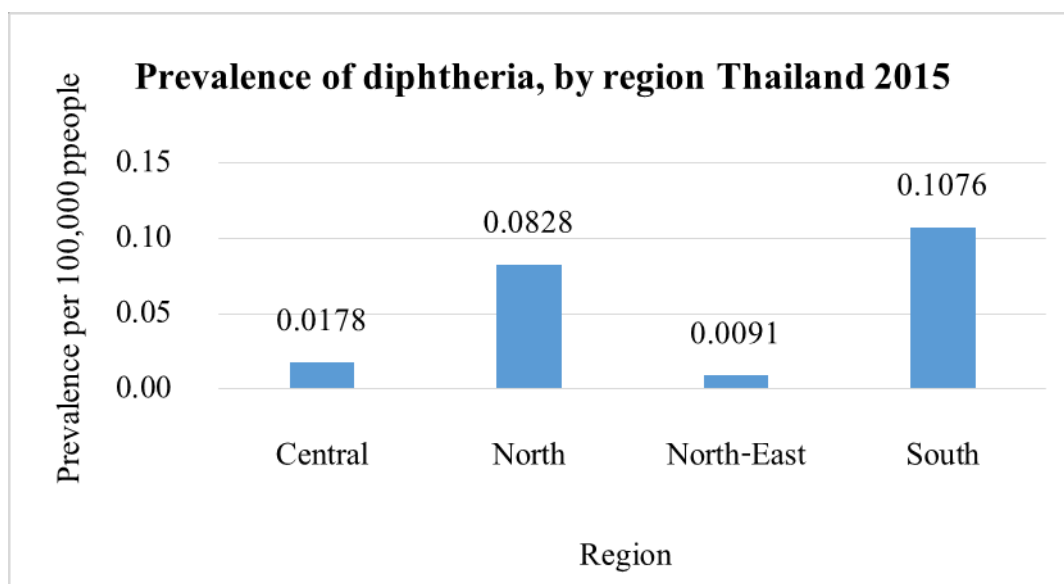
จากข้อมูลความชุกรวมของโรคคอตีบในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 พบว่า ภาคใต้มีความชุกสูงสุด รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ ดังที่รูปที่ 6 และจังหวัดที่มีความชุกของโรคคอตีบสูงสุดในภาคใต้ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 คือ จังหวัดปัตตานี รองลงมาคือ ยะลา นราธิวาส พังงา สงขลา สตูล สุราษฎร์ธานี ภูเก็ต ชุมพร และนครศรีธรรมราช ดังรูปที่ 7 รวมทั้งเมื่อพิจารณาความชุกของโรคคอตีบในปีพ.ศ.2558 พบว่าภาคใต้มีความชุกของโรคสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 8 และจังหวัดที่มีความชุกสูงสุด คือ จังหวัดยะลา (0.9650 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน) รองลงมา คือ พังงา (0.7574 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน) ดังรูปที่ 9 และดังตารางที่ 4.1.1



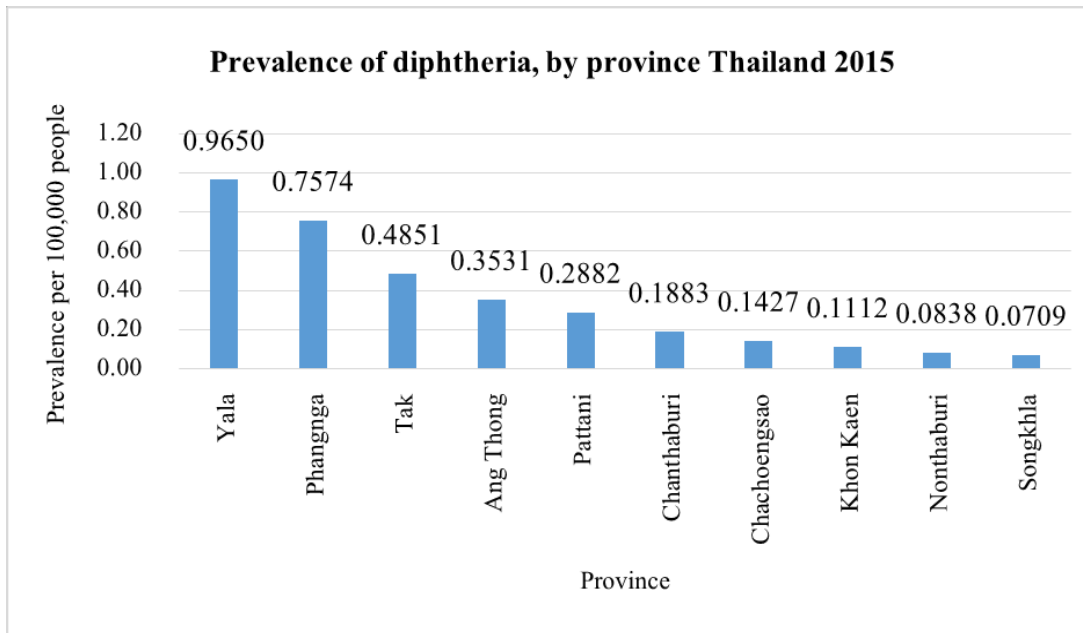
รูปที่ 6 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย โดยแบ่งตามภูมิภาครวม 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558



รูปที่ 7 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย รวม 5 ปี ในช่วงปี พ.ศ.2554-2558 ในภาคใต้ (แสดงเฉพาะจังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วย)



รูปที่ 8 อัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทย แบ่งตามภาค ปี พ.ศ. 2558

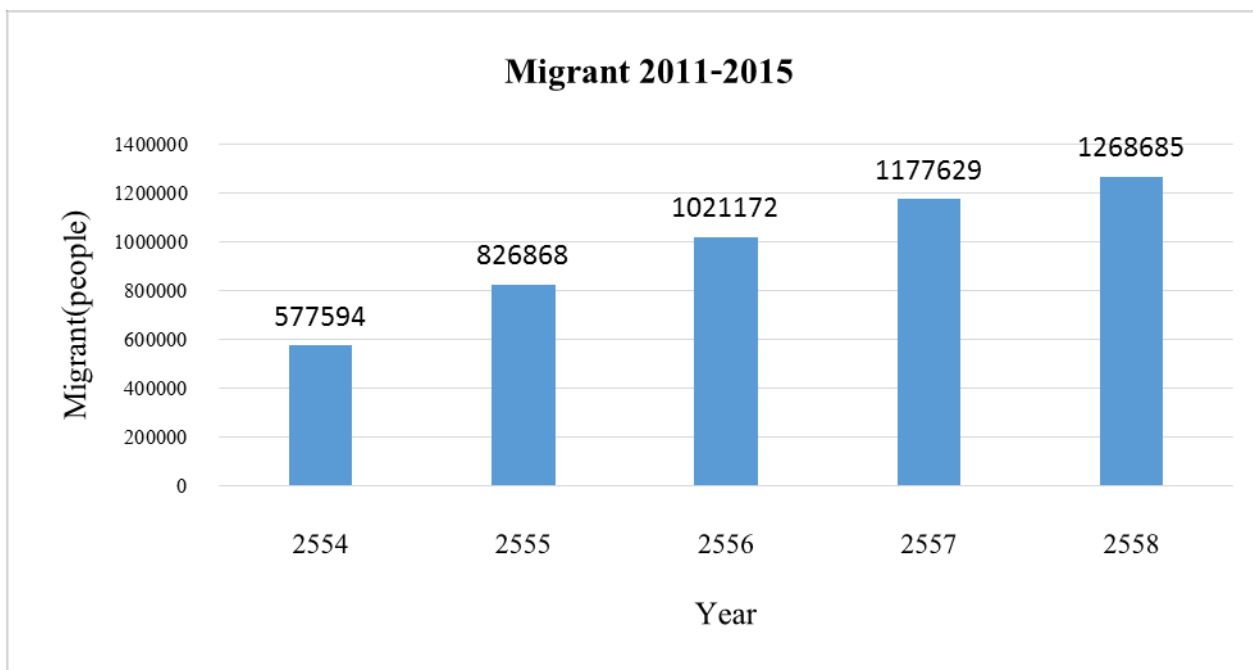


รูปที่ 9 10 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยสูงสุดปี พ.ศ. 2558

จังหวัด	2558	ความชุกต่อประชากรแสนคน
ยะลา	5	0.9650
พังงา	2	0.7574
ตาก	3	0.4851
อ่างทอง	1	0.3531
ปัตตานี	2	0.2882
จันทบุรี	1	0.1883
ฉะเชิงเทรา	1	0.1427
ขอนแก่น	2	0.1112
นนทบุรี	1	0.0838
สงขลา	1	0.0709

ตารางที่ 4.1.1 10 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคคอตีบต่อ 100,000 ประชากรไทยสูงสุด ปี พ.ศ. 2558

จากรายงานสำนักงานบริหารแรงงานต่างด้าว จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ที่เข้าประเทศต้นทางตาม MOU ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2558 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นและมีจำนวนแรงงานข้ามชาติ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคคอตีบตั้งแต่ ปี พ.ศ.2554-2558 โรคคอตีบถือเป็นโรคติดต่อเฉียบพลันที่เป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญในอดีต ในปีพ.ศ.2520 กรมควบคุมโรคได้เริ่มใช้วัคซีนป้องกันโรคคอตีบในแผนงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคระดับประเทศ ทำให้อุบัติการณ์ของโรคคอตีบลดลงอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าอุบัติการณ์ของโรคคอตีบจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับอดีต แต่ยังคงพบรายงานการระบาดของโรคคอตีบอยู่เสมอ เช่น บริเวณที่ติดกับชายแดนระหว่างประเทศ บริเวณที่มีความยากลำบากในการดำเนินงานสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรค[26] ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบจึงจำเป็นต้องมีค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ความจริงของโรค ซึ่งการเลือกข้อมูลที่มีสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับเหตุการณ์ปัจจุบันจึงเหมาะสมมากที่สุด จากข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาทั้งหมด ในงานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยโรคคอตีบในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากผลการศึกษาของหลายสถาบันพบว่า กลุ่มผู้ใหญ่อายุ 20 ปีขึ้นไป มีภูมิคุ้มกันไม่เพียงพอต่อการป้องกันโรคคอตีบในสัดส่วนสูง ทำให้มีมาตรการการให้วัคซีนป้องกันโรคคอตีบแก่ประชากรกลุ่มอายุ 20 - 50 ปี ในปี พ.ศ. 2557 ถึง 2558 และคงต้องมีมาตรการให้วัคซีนต่อเนื่องต่อไปอีก[25] เพื่อให้สร้างความมั่นใจว่าผู้ใหญ่จะมีภูมิคุ้มกัน อย่างเพียงพอในการป้องกันโรค สำหรับในกลุ่มเด็ก ยังคงต้องเร่งรัดมาตรการการให้วัคซีนตามระบบปกติ ให้ครบถ้วน พร้อมให้ความสำคัญและเร่งพัฒนาฐานข้อมูลในการรายงานความครอบคลุมการได้รับวัคซีน เพื่อให้มีฐานข้อมูลที่สามารถใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยง [24]

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความชุกในการเกิดโรคคอตีบสูงสุดในปี 2558 พบว่า จังหวัดมีความชุกการเกิดโรคคอตีบสูงสุด คือ จังหวัดยะลา (0.9650 ต่อประชากรหนึ่งแสนคน) ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงเลือก จังหวัดยะลาและจังหวัดใกล้เคียงได้แก่ ปัตตานี นราธิวาส และสงขลา ในการศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนย้ายประชากรต่อการแพร่กระจายของโรคคอตีบ

4.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่

(Mathematical model of diphtheria with constant vaccination)

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ จะพิจารณาจากกลไกการเกิดโรค การควบคุมและป้องกันโรคตามแผนการฉีดวัคซีน พบว่าโรคคอตีบเป็นโรคติดเชื้อแบคทีเรียแบบเฉียบพลันของระบบทางเดินหายใจ ผู้ติดเชื้ออาจไม่มีอาการ หรือมีอาการรุนแรงซึ่งอาจทำให้พิการหรือถึงแก่ชีวิตได้ อาการของโรคนั้นแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะฟักตัว ประมาณ 2 – 5 วัน และระยะแสดงอาการ เชื้อจะอยู่ในลำคอผู้ป่วยที่สามารถแสดงอาการได้นานถึง 2 สัปดาห์ แต่ถ้าได้รับการรักษาจะแพร่เชื้อจะหมดไปภายใน 1 สัปดาห์ และผู้ป่วยจะได้รับการฉีดป้องกันโรค ด้วยเหตุนี้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบได้รับการออกแบบโดยแบ่งประชากรที่ศึกษาทั้งหมด (แทนด้วยสัญลักษณ์ N) ออกเป็น 6 กลุ่มประชากรย่อย (ดังแสดงในตารางที่ 4.1.2) ได้แก่ ประชากรกลุ่มเสี่ยง (แทนด้วยสัญลักษณ์ S) คือ ประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับเชื้อ ประชากรที่ได้รับวัคซีน (แทนด้วยสัญลักษณ์ V) คือ ประชากรกลุ่มที่ได้รับวัคซีนตามเกณฑ์และเกิดภูมิ ประชากรที่เชื้ออยู่ในระยะฟัก (แทนด้วยสัญลักษณ์ E) คือ ประชากรที่ได้รับเชื้อและอยู่ในระยะฟักตัวของโรค ประชากรที่ติดเชื้อและไม่แสดงอาการ (แทนด้วยสัญลักษณ์ A) คือ ประชากรที่ได้รับเชื้อแต่ยังไม่แสดงอาการและสามารถแพร่เชื้อได้ ประชากรที่ติดเชื้อ (แทนด้วยสัญลักษณ์ I) คือ ประชากรที่ได้รับเชื้อ แสดงอาการของโรค และสามารถแพร่เชื้อได้ ประชากรที่ได้รับการรักษา (แทนด้วยสัญลักษณ์ R) คือ ประชากรที่ได้รับการรักษาและต้องฉีดวัคซีนป้องกันโรคเมื่อหายจากอาการของโรค ดังนั้นประชากรรวม ณ เวลา t ใดๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ N และคำนวณจากสมการ

$$N(t) = S(t) + V(t) + E(t) + A(t) + I(t) + R(t)$$

โดยที่การเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มสามารถอธิบายได้ ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม S

ประชากรกลุ่ม S คือ เด็กที่ยังไม่เคยได้รับการฉีดวัคซีนหรือฉีดวัคซีนไม่ครบ ผู้ใหญ่ที่ไม่ได้รับการฉีดวัคซีนกระตุ้นและการย้ายถิ่นฐานและกลุ่มแรงงานเคลื่อนย้าย ทำให้ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่อธิบายด้วยสมการโลจิสติกส์ นั่นคือ

$$\text{Recruitment rate} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

เมื่อ $N(t)$ แทนจำนวนประชากรรวม ณ เวลา t ใดๆ พารามิเตอร์ r แทนอัตราการเพิ่มของประชากรกลุ่มเสี่ยง (the intrinsic growth rate) และ K แทนจำนวนประชากรสูงสุดที่สอดคล้องกับ growth rate (carrying capacity)

นอกจากนี้ประชากรกลุ่ม S จะเพิ่มขึ้นในกรณีวัคซีนเกิดความเสื่อม (vaccine wane) ทำให้ประชากรกลุ่ม V ย้ายเข้ามาในประชากรกลุ่ม S ด้วยอัตรา ε ในขณะที่ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนลดลง ในกรณีที่ประชากรกลุ่ม S ได้รับการฉีดวัคซีนและย้ายไปประชากรกลุ่ม V ด้วยอัตรา ϕ ประชากรกลุ่ม S ได้รับเชื้อโรคคอตีบจะย้ายไปเป็นประชากรกลุ่ม E ด้วยอัตรา $\frac{\beta S(I + \delta A)}{N}$ และเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม V

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ประชากรในกลุ่ม S ได้รับวัคซีนและย้ายเข้ามาในอัตรา ϕ และมีจำนวนลดลงในกรณีต่อไปนี้ ถ้าวัคซีนเสื่อมประชากรกลุ่ม V จะย้ายกลับไปเป็นประชากรกลุ่ม S ด้วยอัตรา ε ประชากรกลุ่ม V เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ประชากรกลุ่ม R เมื่อได้รับการรักษาให้หายจากโรคตามอาการแล้วจะต้องได้รับ ถ้าได้รับการฉีดวัคซีนอีก จะย้ายกลับเข้ามาเป็นประชากรกลุ่ม V

การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม E

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ประชากรกลุ่ม S ได้รับเชื้อและย้ายเข้ามาด้วยอัตรา $\frac{\beta S(I + \delta A)}{N}$ เมื่อพ้นระยะฟักตัวของเชื้อประชากรกลุ่มนี้สามารถแพร่เชื้อได้แต่ยังไม่แสดงอาการของโรคจะย้ายไปเป็นประชากรกลุ่ม A ด้วยอัตรา $(1-a)\sigma$ และถ้าแสดงอาการของโรคจะย้ายไปเป็นประชากรกลุ่ม I ด้วยอัตรา $a\sigma$ และประชากรกลุ่มนี้เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม A

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ประชากรในกลุ่ม E สามารถแพร่เชื้อได้แต่ยังไม่แสดงอาการของโรคได้ย้ายเข้ามาในประชากรกลุ่ม A ด้วยอัตรา $(1-a)\sigma$ ในขณะที่ประชากรกลุ่ม A มีจำนวนลดลงเมื่อประชากรกลุ่มนี้ได้รับการรักษาและย้ายไปกลุ่ม R ด้วยอัตรา γ และเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

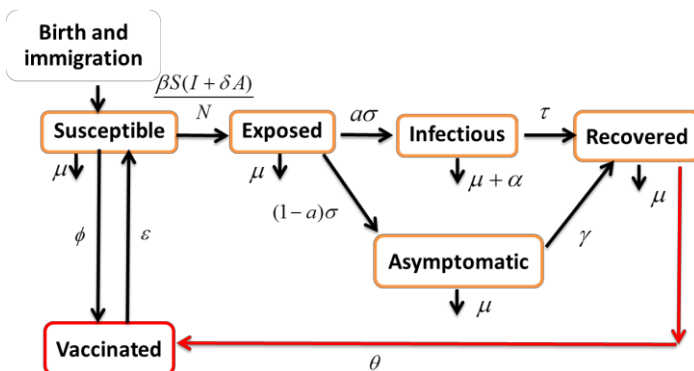
การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม I

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ประชากรในกลุ่ม E แสดงอาการของโรคได้ย้ายเข้ามาในอัตรา $a\sigma E$ ประชากรกลุ่ม I มีจำนวนลดลงเมื่อประชากรกลุ่มนี้ได้รับการรักษาและย้ายเข้าประชากรกลุ่ม R ด้วยอัตรา τ เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ และเสียชีวิตด้วยโรคคอติบด้วยอัตรา α

การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม R

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ประชากรกลุ่ม I ได้รับการรักษาและเมื่อได้รับการฉีดวัคซีนหลังการรักษาจะย้ายไปเป็นประชากรกลุ่ม V ด้วยอัตรา θ ประชากรนี้มีจำนวนลดลงเมื่อเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่ม R

จากที่กล่าวข้างต้น การเปลี่ยนแปลงของประชากรในแต่ละกลุ่มสามารถอธิบาย ดังแผนภาพที่ 4.1.6



รูปที่ 4.1.6 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอติบที่มีการฉีดวัคซีน

จากแผนภาพในรูปที่ 4.1.6 สามารถเขียนในรูประบบสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \frac{dS}{dt} &= rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) - \beta S \left(\frac{I + \delta A}{N} \right) - (\mu + \phi) S + \varepsilon V \\
 \frac{dV}{dt} &= \phi S + \theta R - (\mu + \varepsilon) V \\
 \frac{dE}{dt} &= \frac{\beta S (I + \delta A)}{N} - (\mu + \sigma) E \\
 \frac{dA}{dt} &= (1 - a) \sigma E - (\mu + \gamma) A \\
 \frac{dI}{dt} &= a \sigma E - (\mu + \alpha + \tau) I \\
 \frac{dR}{dt} &= \gamma A - \tau I - (\mu + \theta) R
 \end{aligned} \tag{4.1.1}$$

สมการที่ (4.1.1) เรียกว่า แบบจำลอง SVEAIR ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่

หมายเหตุ สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม พารามิเตอร์ ความหมายและขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง SVEAIR ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ แสดงในตารางที่ 4.1.2-4.1.3

ตารางที่ 4.1.2 สัญลักษณ์ และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม

สัญลักษณ์	ความหมาย
S	ประชากรกลุ่มเสี่ยง ณ เวลา t ใดๆ
V	ประชากรกลุ่มที่ได้รับการฉีดวัคซีนและกักกัณ ณ เวลา t ใดๆ
E	ประชากรกลุ่มระยะฟักตัวของโรค ณ เวลา t ใดๆ
A	ประชากรกลุ่มที่ไม่แสดงอาการ ณ เวลา t ใดๆ
I	ประชากรกลุ่มที่แสดงอาการ ณ เวลา t ใดๆ
R	ประชากรกลุ่มที่หายจากโรคและต้องได้รับวัคซีน ณ เวลา t ใดๆ
N	ประชากรรวม ณ เวลา t ใดๆ

ตารางที่ 4.1.3 พารามิเตอร์ ความหมายและขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลอง

Parameter	Meaning	Value/ unit per	Reference
β	Contact rate	(14-17)	-
r	Birth or immigration rate	(0-0.04)	[9]
σ	Incubation period	6 month ⁻¹	[10]
γ	Rate of Recovery from asymptomatic	15/7 month ⁻¹	[11]
μ	Natural death rate	1/(73x12) month ⁻¹	[12]
α	Diphtheria induced mortality rate	2×10^{-7} month ⁻¹	[13]
a	Ratio of infected	0.6	-
δ	Ratio of infected by asymptomatic	0.7	-
ϕ	Rate of vaccination	(0-0.1)	-
ε	Rate of vaccine wane	1/(10x12) month ⁻¹	[14]
θ	Rate of recover become vaccinated	1/2 month ⁻¹	[11]
τ	Recovered from infected	15/7 month ⁻¹	[11]
K	Carrying capacity	varied	[9]
R_0	Basic reproduction number	(6-7)	[10]
T	The time between two consecutive	varied	-
θ	The fraction of susceptible subjects to whom the vaccine is inoculated.	0.95	-
m	Rate that individuals of city i leave to city j ($i \neq j$)	0.0135	[11]
d	Transport-related transmission rate	100	-
R_{vac}	Reproductive number associated vaccination	varied	-

4.1.2 การวิเคราะห์แบบจำลอง SVEAIR

1. ค่า basic reproduction number ของแบบจำลอง

ในคำนวณหาค่า basic reproduction number ของแบบจำลอง (4.1.1) จะคำนวณจากการวิเคราะห์เสถียรภาพของแบบจำลอง SVEAIR ที่ disease-free equilibrium โดยใช้วิธี Next generation

ที่นำเสนอโดย van den Driessche และ Watmough [14] พบว่า ค่า basic reproduction number ของแบบจำลอง (4.1.1) คือ

$$R_{vac} = \frac{\mu + \varepsilon}{\mu + \phi + \varepsilon} R_0 \quad (4.1.2)$$

โดยที่

$$R_0 = \frac{\beta\sigma(\delta(\mu + \alpha + \tau)(1 - a) + a(\mu + \gamma))}{(\mu + \sigma)(\mu + \gamma)(\mu + \alpha + \tau)} \quad (4.1.3)$$

คือ ค่า basic reproduction number ของโรค (กรณีที่ไม่มีกรณีติดเชื้อ)

เมื่อวิเคราะห์เสถียรภาพของแบบจำลอง (4.1.1) โดยใช้ ทฤษฎีบท 2 ที่นำเสนอโดย van den Driessche และ Watmough [14] พบว่า แบบจำลอง (4.1.1) มีเสถียรภาพภายใต้เงื่อนไขของค่า basic reproduction number (R_{vac}) ดังทฤษฎีบท ต่อไปนี้

ทฤษฎีบท 4.1.1 ถ้า $R_{vac} < 1$ หมายความว่า การระบาดของโรคลดลงหรือไม่มีการแพร่ระบาดของโรคในอาณาบริเวณที่ศึกษา แต่ถ้า $R_{vac} > 1$ หมายความว่า โรคมีโอกาสกลับมาระบาดอีกครั้ง เนื่องจากจำนวนเฉลี่ยของการติดเชื้อต่อเนื่องจากผู้ป่วยแต่ละคนมีจำนวนเพิ่มขึ้นเพียงพอที่จะทำให้บริเวณที่ศึกษาเกิดการระบาดของโรคอีกครั้ง

ทฤษฎีบท 4.1.1 ซึ่งให้เห็นว่า ค่า R_{vac} เป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่สำคัญ (threshold value) ในการทำนายการระบาด

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า basic reproduction number ของแบบจำลองที่มีการติดเชื้อ (ดูสมการ (4.1.2)) กับค่า basic reproduction number ของโรค (ดูสมการ (4.1.3)) พบว่า ค่า basic reproduction number ของแบบจำลอง (4.1.1) ที่มีการติดเชื้อมีค่าน้อยกว่า ค่า basic reproduction number ของโรค แสดงว่า การติดเชื้อมีผลต่อการลดค่า basic reproduction number ของโรค ดังนั้นจึงใช้ค่านี้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของโรค โดยมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

2. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่า basic reproduction number

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฉีดวัคซีนโดยพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า basic reproduction number (R_{vac}) เทียบกับอัตราการฉีดวัคซีน (Rate of vaccination) และอัตราที่วัคซีนเสื่อม (rate of vaccine wane) พบว่า

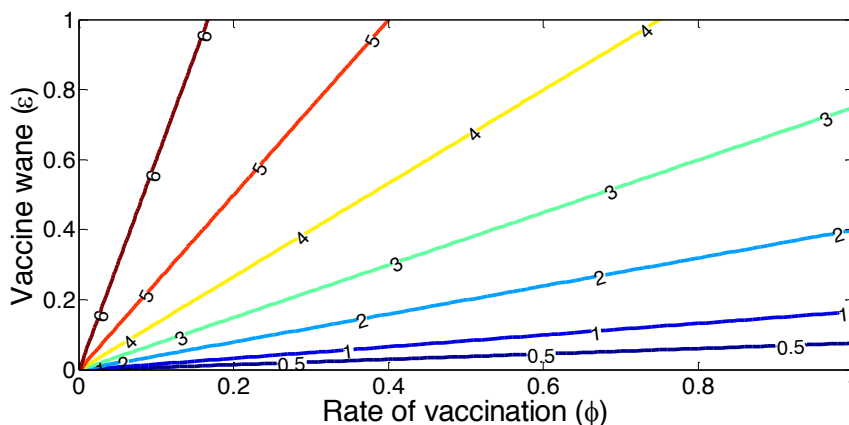
$$\frac{\partial R_{vac}}{\partial \phi} = -\frac{(\mu + \varepsilon)}{(\mu + \varepsilon + \phi)^2} R_0 < 0 \quad \text{และ} \quad \frac{\partial R_{vac}}{\partial \varepsilon} = \frac{\phi}{(\mu + \varepsilon + \phi)^2} R_0 > 0$$

ซึ่งตีความได้ว่า การเพิ่มอัตราการฉีดวัคซีน (ϕ) หรืออัตราที่วัคซีนเสื่อมจะส่งผลให้ค่า basic reproduction number (R_{vac}) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง และเมื่อกำหนด $R_{vac} = 1$ จะได้สูตรในการคำนวณค่าความครอบคลุมการได้รับวัคซีน (optimal vaccine coverage) เขียนแทนด้วย ϕ_c คือ

$$\phi_c = (\mu + \varepsilon)(R_0 - 1) \quad (4.1.4)$$

ในการวิเคราะห์ค่าความไวของ R_{vac} เทียบกับอัตราการฉีดวัคซีน (ε) และอัตราที่วัคซีนเสื่อม จะพิจารณาจากกราฟ Contour plots ของค่า R_{vac} ดังแสดงในรูปที่ 4.1.7 ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้าอัตราการฉีดวัคซีนครอบคลุมการได้รับวัคซีนและอัตราที่วัคซีนเสื่อม (ε) ต่ำ จะทำให้ค่า R_{vac} น้อยกว่าหนึ่ง (ดูรูปที่ 4.1.7 ทุกเส้นกราฟที่อยู่ใต้เส้นสีน้ำเงิน)

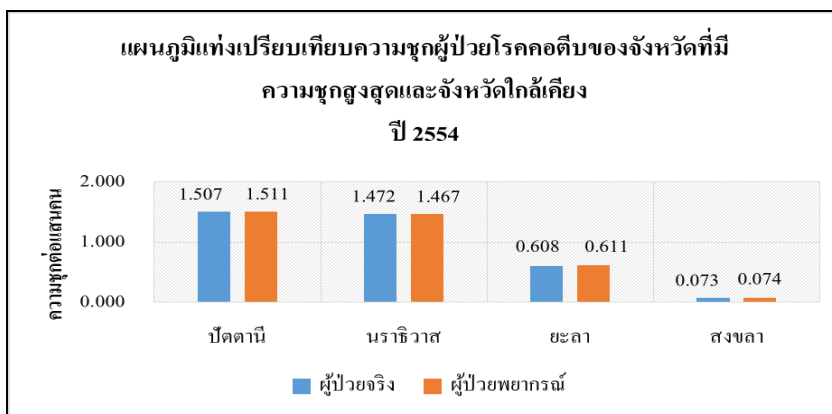
จากการวิเคราะห์ข้างต้นชี้ให้เห็นว่า เพื่อให้การควบคุมโรคมีประสิทธิภาพจะต้องเพิ่มอัตราการฉีดวัคซีนและลดอัตราที่วัคซีนเสื่อมให้มีค่าน้อย



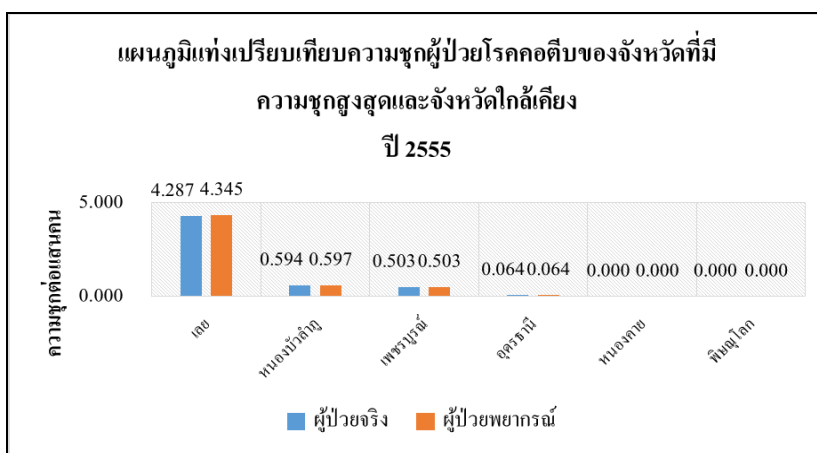
รูปที่ 4.1.7 กราฟ Contour plot ของ R_{vac} ดูสมการ (4.1.2) เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการฉีดวัคซีน (ϕ) และอัตราที่วัคซีนเสื่อม (ε)

4.2.3 การเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยจริงกับผู้ป่วยที่ได้จากแบบจำลอง

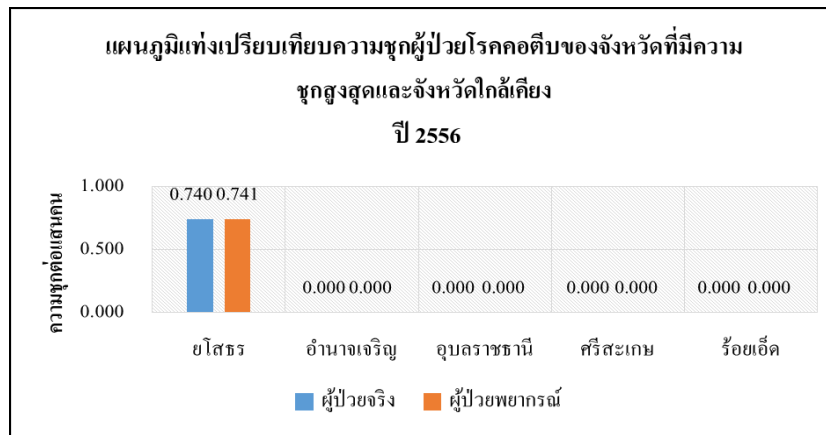
จากการพยากรณ์โดยนำข้อมูลจำนวนผู้ป่วยสะสมที่ได้จากแบบจำลอง เปรียบเทียบกับจำนวนผู้ป่วยสะสมจากข้อมูลจริงของจังหวัดมีความชุกของโรคสูงสุดและจังหวัดใกล้เคียงในปี 2554-2558 พบว่าแบบจำลอง SVEAIR (4.1.1) สามารถพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยสะสมในแต่ละปีได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงดังแสดงในรูปที่ 4.1.8 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาโรคคอตีบ แสดงดังตารางที่ 4.1.3-4.1.4 นอกจากนี้ จังหวัดยะลาเป็นจังหวัดที่มีความชุกของโรคคอตีบสูงสุด ในปี 2558 ดังนั้นในการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฉีดวัคซีนเข็มแรกกับเข็มที่สองจะใช้จังหวัดยะลาเป็นพื้นที่ที่ศึกษา และการศึกษาการเคลื่อนย้ายประชากรต่อการกระจายของโรคจะใช้จังหวัดยะลาและจังหวัดใกล้เคียงได้แก่ปัตตานี สงขลาและนราธิวาสเป็นพื้นที่ที่ศึกษา



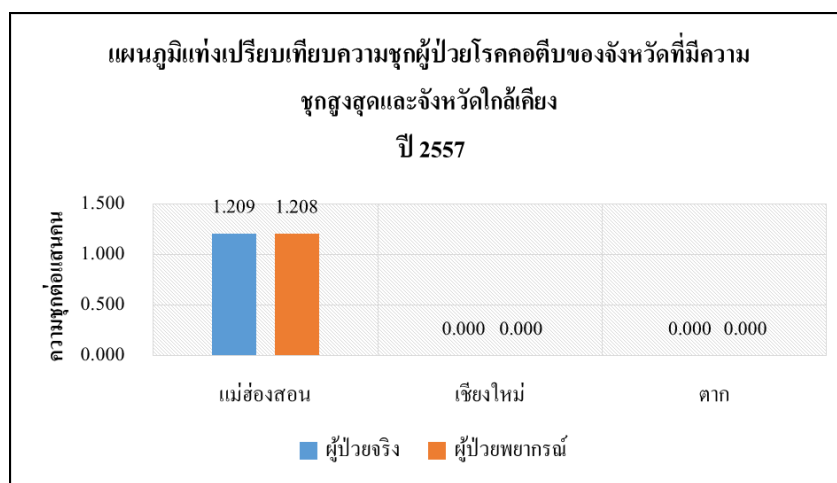
(ก)



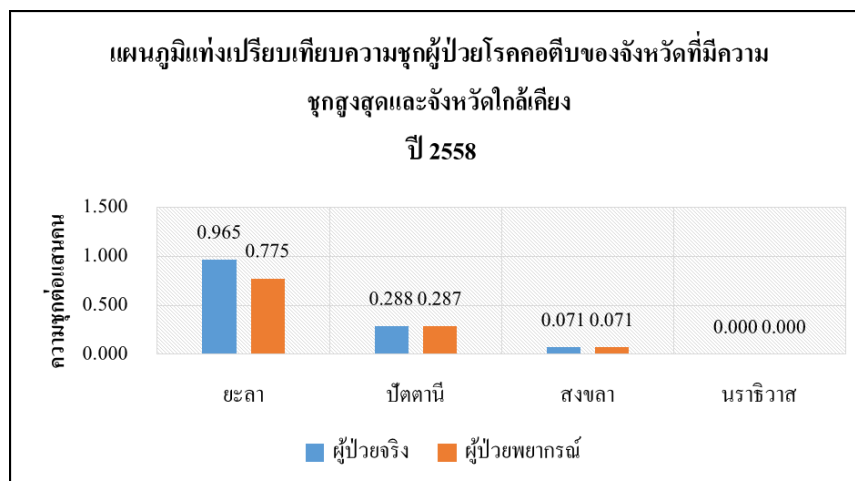
(ข)รูปที่ 4.1.8 แสดงการเปรียบเทียบความชุกของโรคที่ได้จากข้อมูลจริงกับความชุกของโรคที่ได้จากแบบจำลอง



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 4.1.8 (ต่อ)

ตารางที่ 4.1.4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้การศึกษาโรคคอตีบปี 2558

จังหวัด	จำนวน ผู้ป่วย (คน)	ความ ชุกต่อ แสนคน	ϕ	r	K	β	R_0	R_{vac}	ϕ_c
ยะลา	5	0.9649	0.02	0.031	5.1×10^5	16.001	6.864	2.206	0.056
ปัตตานี	2	0.2881	0.02	0.027	6.9×10^5	14.530	6.233	2.001	0.049
สงขลา	1	0.0708	0.02	0.025	1.4×10^6	14.023	6.016	1.933	0.048
นราธิวาส	0	0	0.05	0.026	7.8×10^5	14.001	6.001	0.957	0.047

จากตารางที่ 4.1.4 พบว่า อัตราการฉีดวัคซีน ϕ ของจังหวัดนราธิวาสจะมีค่าสูงกว่า ค่าความครอบคลุมการได้รับวัคซีน ϕ_c ส่งผลให้จังหวัดนราธิวาสไม่พบจำนวนผู้ป่วย ในขณะที่จังหวัดยะลา ปัตตานี สงขลา พบว่ามีผู้ป่วยเนื่องจาก อัตราการฉีดวัคซีน ϕ มีค่าต่ำกว่า ϕ_c

4.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา

(Mathematical model of measles and rubella with pulse vaccination)

แบบจำลอง (4.1.1) แสดงกระบวนการฉีดวัคซีนตามแผนการป้องกันที่มีการจัดระเบียบอย่างดีจากรัฐบาลและมีการกระทำตามฤดูกาลหรือในบางเวลาอย่างคงที่ เพื่อกำจัดการติดเชื้อโรคคอตีบ การฉีดวัคซีนซ้ำมักจะทำสำหรับกลุ่มเป้าหมายในช่วงอายุที่กำหนดไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลอง (4.1.1) ให้มีการฉีดวัคซีนซ้ำ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ T ($T > 0$) แทนสองช่วงเวลาที่ต้องการฉีดวัคซีนซ้ำและพารามิเตอร์ θ (โดยที่ $0 \leq \theta \leq 1$) แทนสัดส่วนของประชากรกลุ่มเป้าหมายที่ควรฉีดวัคซีนซ้ำ ดังนั้นแบบจำลองที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา (Pulse Vaccination) ที่อธิบายได้ในรูประบบสมการ

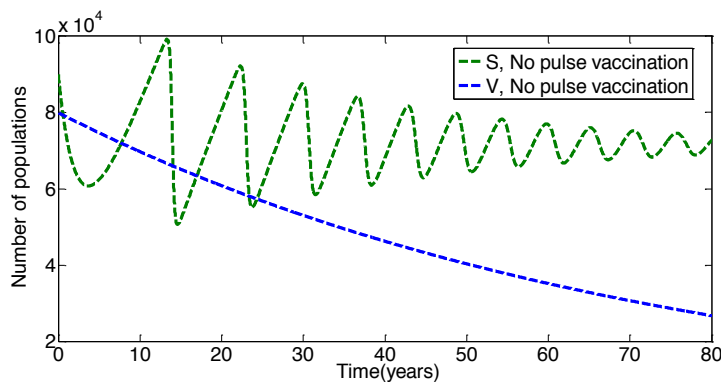
$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \beta S \left(\frac{I + \delta A}{N}\right) - \mu S, \\ \frac{dV}{dt} &= -\mu V, \\ \frac{dE}{dt} &= \frac{\beta S (I + \delta A)}{N} - (\mu + \sigma) E, \\ \frac{dA}{dt} &= (1 - a) \sigma E - (\mu + \gamma) A, \\ \frac{dI}{dt} &= a \sigma E - (\mu + \alpha + \tau) I, \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma A + \tau I - R, \end{aligned} \right\} t \neq nT, n \in \mathbb{N} \quad (4.1.5)$$

$$\left. \begin{aligned} S(t^+) &= (1 - \theta) S(t) \\ V(t^+) &= V(t) + \theta S(t) \\ E(t^+) &= E(t) \\ A(t^+) &= A(t) \\ I(t^+) &= I(t) \\ R(t^+) &= R(t) \end{aligned} \right\} nT, n \in \mathbb{N} \quad (4.1.6)$$

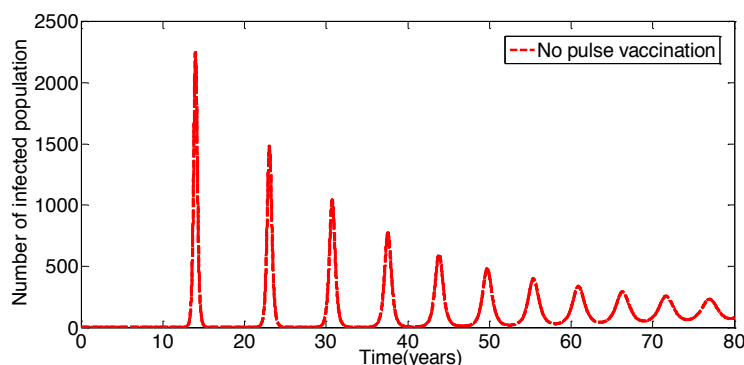
โดยที่ $\mathbb{N} = 1, 2, 3, \dots$ สัญลักษณ์และพารามิเตอร์อื่นในสมการ (4.1.5)-(4.1.6) มีความหมายเหมือนในตารางที่ 4.1.2-4.1.3

การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการฉีดวัคซีนซ้ำจะคำนวณผลเชิงตัวเลขของแบบจำลอง (4.1.5)-(4.1.6) โดยใช้ค่า พารามิเตอร์ของจังหวัดยะลา ดังตารางที่ 4.1.2-4.1.3 ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.1.9-4.1.12



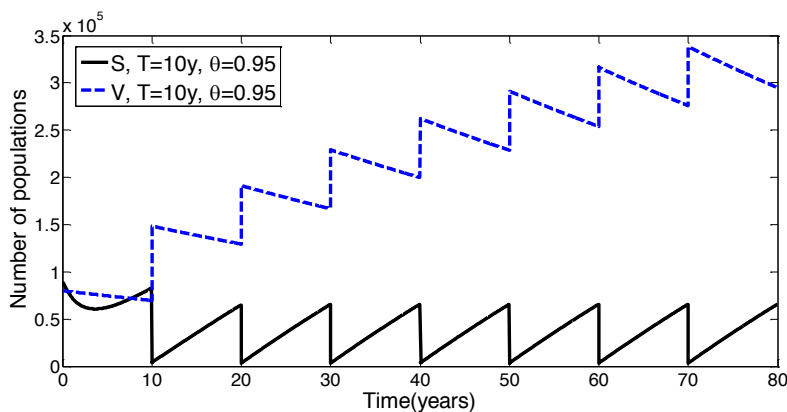
(ก) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มเสี่ยงและประชากรกลุ่มที่ได้รับวัคซีน



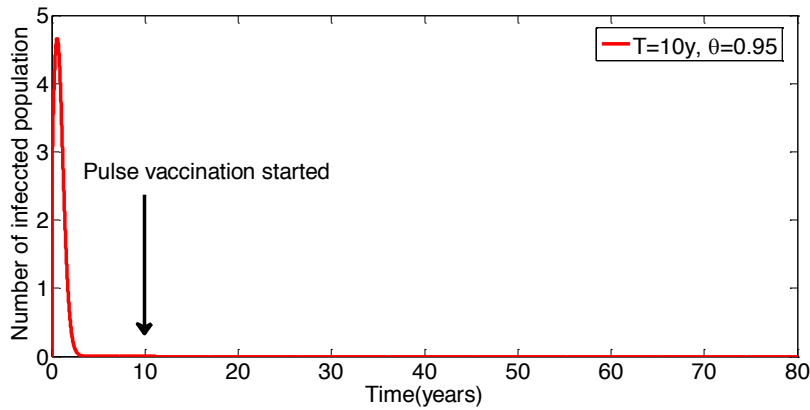
(ข) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มติดเชื้อ

รูปที่ 4.1.9 การฉีดวัคซีนตามแผนที่ไม่มีการกระตุ้น ค่าพารามิเตอร์เป็นของจังหวัดยะลา (ตารางที่ 4.1.4)

ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ไม่มีวัคซีนฉีดซ้ำ แสดงดังรูปที่ 4.1.9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ประชากรกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับการฉีดวัคซีนครบตามเกณฑ์และครอบคลุมการได้รับวัคซีน จะทำให้ประชากรกลุ่มเสี่ยงมีจำนวนน้อยกว่าประชากรกลุ่มที่ได้รับวัคซีนในช่วง 10 ปี แรก ดังแสดงในรูปที่ 4.1.9 (ก) ทำให้ประชากรกลุ่มเป้าหมายมีภูมิคุ้มกันครอบคลุมตามแผนการให้วัคซีนทำให้สามารถกำจัดโรคได้อย่างน้อย 10 ปี และจะพบผู้ป่วยเพิ่มถ้าไม่มีการฉีดกระตุ้นหลัง 10 ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.1.9 (ข)



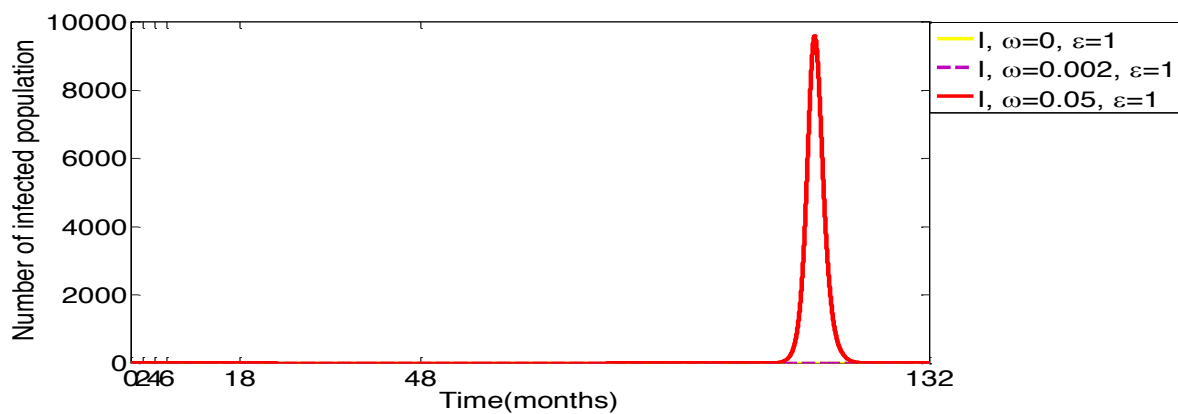
(ก) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มเสี่ยงและประชากรที่ได้รับวัคซีน



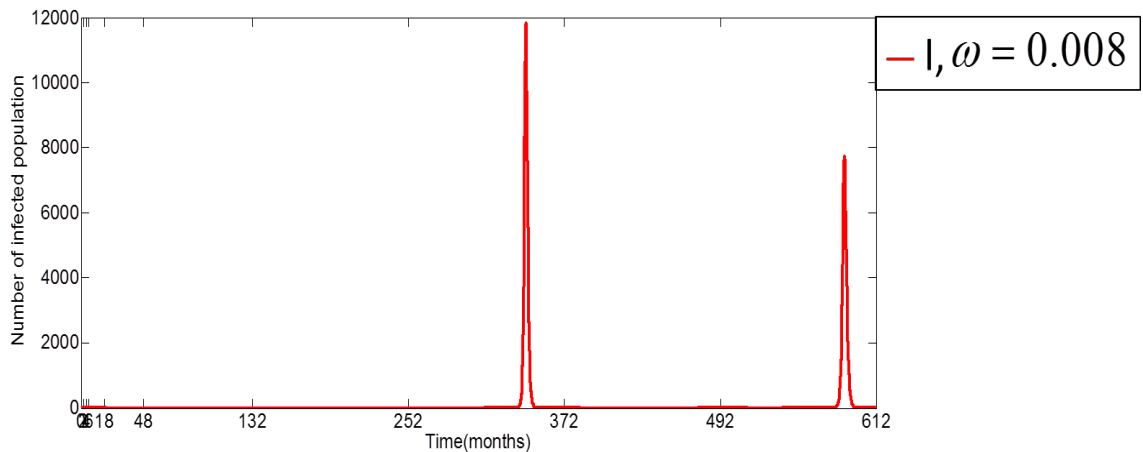
(ข) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มติดเชื้อ

รูปที่ 4.1.10 การฉีดวัคซีนตามแผนที่มีการกระตุ้นทุก 10 ปี

ในกรณีที่มีคิดผลกระทบของ vaccine wane ต่อการควบคุมโรคในแต่ละช่วงอายุ 2 เดือน 4 เดือน 6 เดือน 18 เดือน 4 ปี และ 11 ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.1.11 พบว่า อาจพบผู้ป่วยในช่วงอายุระหว่าง 4-10 ปี ซึ่งการพบผู้ป่วยในช่วงอายุดังกล่าวจะส่งผลให้พบผู้ป่วยในช่วงอายุระหว่าง 20-30 ปี และ 40-50 ปี ในเวลาต่อมา ดังแสดงในรูปที่ 4.1.12

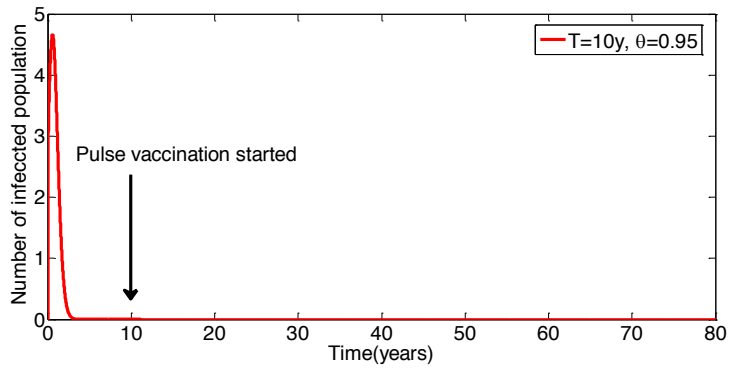


รูปที่ 4.1.11 การฉีดวัคซีนตามแผนในช่วงอายุ 2-11 ปี

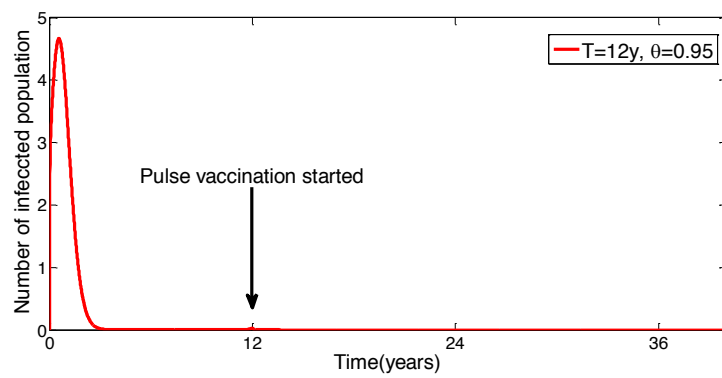


รูปที่ 4.1.12 การฉีดวัคซีนตามแผนในช่วงอายุ 2-11 ปี

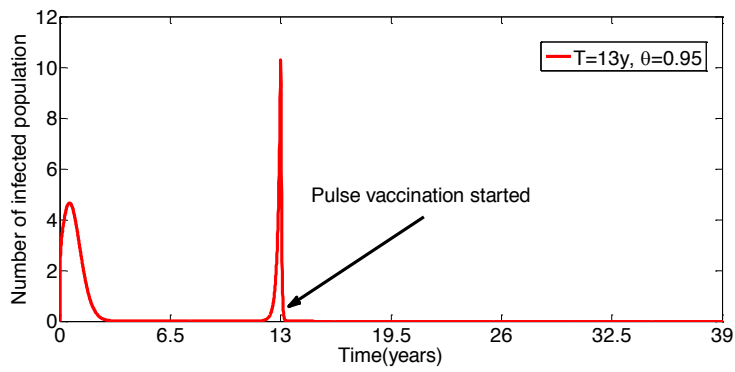
ในกรณีที่มีการฉีดวัคซีนซ้ำในวัยผู้ใหญ่โดยที่ช่วงเวลาของเข็มแรกและเข็มที่สองอย่างต่อเนื่อง โดยวิเคราะห์ที่การกระตุ้นทุก 10 ปี 12 ปี และ 13 ปี ดังแสดงในรูปที่ 4.1.13 พบว่า เมื่อมีการฉีดวัคซีนให้ประชากรกลุ่มเป้าหมายอย่างครอบคลุมและมีการฉีดวัคซีนซ้ำทุก 10 ปี หรือ 12 ปี จะส่งผลให้ไม่พบผู้ป่วยก่อนการฉีดวัคซีนซ้ำหลัง 10 ปี หรือ 12 ปี แสดงว่าสามารถรักษาระดับความครอบคลุมการได้รับวัคซีนในกลุ่มเป้าหมายได้ (ดูรูปที่ 4.1.13 (ก)-(ข)) ในขณะที่ การฉีดวัคซีนกระตุ้นทุก 13 ปี หรือ 15 ปี (ดูรูปที่ 4.1.13 (ค) และ รูปที่ 4.1.14) จะทำให้พบผู้ป่วยก่อนที่จะมีการฉีดวัคซีนซ้ำในปีที่ 15 ทั้งนี้เป็นเพราะว่า จำนวนผู้ได้รับวัคซีนสูงกว่าจำนวนประชากรกลุ่มเสี่ยงในช่วงก่อน 15 ปี (ดูรูปที่ 4.1.14 (ก)) และมีแนวโน้มลดลงหลังปีที่ 15 ซึ่งส่งผลให้ระดับภูมิคุ้มกันต่อโรคคอตีบในประชากรต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดในปีที่ 15 (ดูรูปที่ 4.1.14 (ข))



(ก)

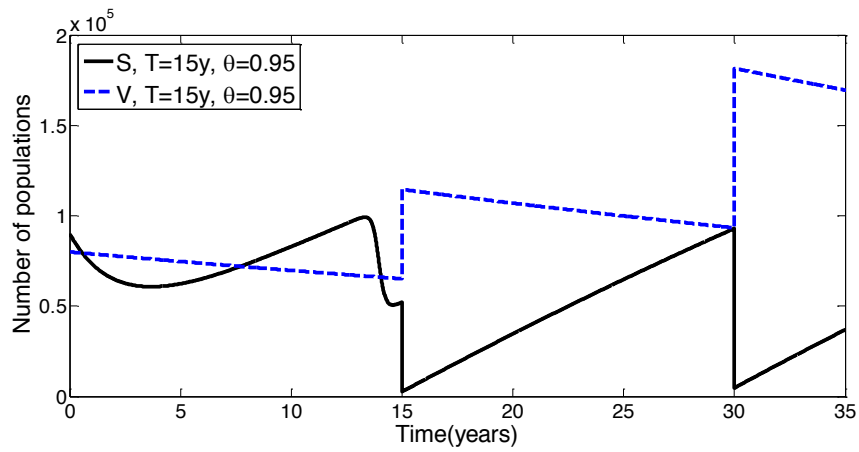


(ข)

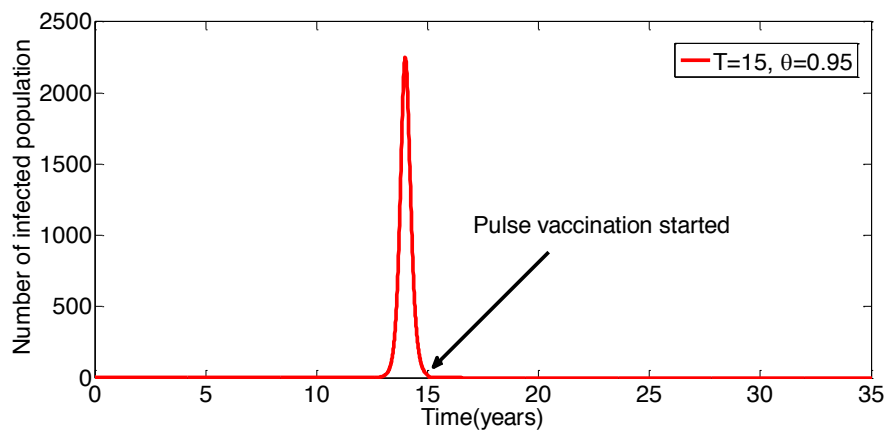


(ค)

รูปที่ 4.1.13 เปรียบเทียบการฉีดวัคซีนที่มีการกระตุ้น ทุก 10 ปี 12 ปี และ 13 ปี



(ก) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มเสี่ยงและประชากรที่ได้รับวัคซีน



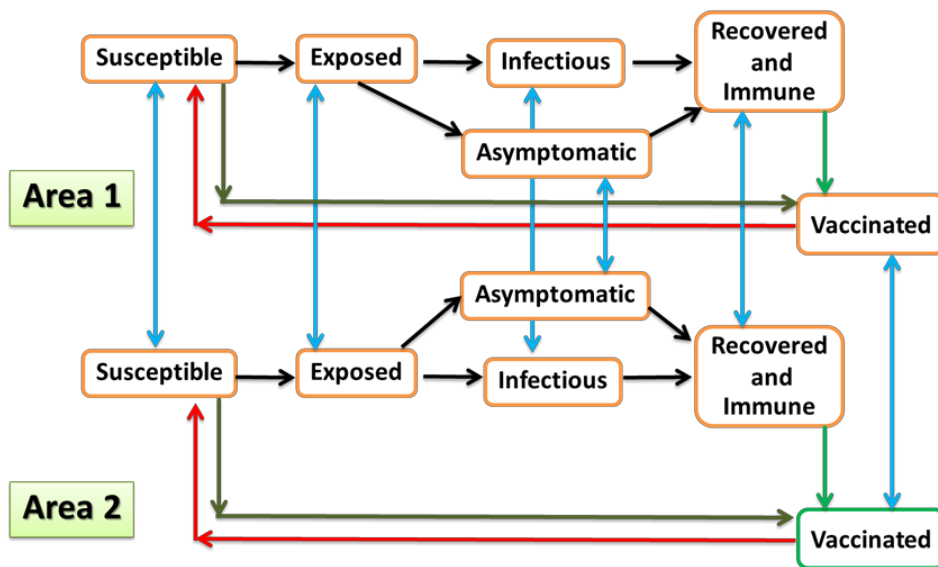
(ข) การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มติดเชื้

รูปที่ 4.1.14 การฉีดวัคซีนตามแผนที่มีการกระตุ้นทุก 15 ปี

4.1.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบที่ประชากรมีการเคลื่อนย้ายระหว่างพื้นที่

(Mathematical model of diphtheria with transport-related infection)

เนื่องจากเคลื่อนย้ายของประชากรเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของโรค ดังนั้น แบบจำลอง SVEAIR ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ (4.1.1) ได้ถูกขยายให้เป็นแบบจำลองที่การติดเชื้อเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของประชากรเพื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายของประชากรต่อการแพร่กระจาย ดังแสดงในรูปที่ 4.1.13 และสามารถเขียนในรูประบบสมการคณิตศาสตร์ ดังนี้



รูปที่ 4.1.13 แผนภาพแสดงแบบจำลองของโรคคอตีบที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากรระหว่างพื้นที่

$$\begin{aligned}
\frac{dS_i}{dt} &= r_i N_i \left(1 - \frac{N_i}{K_i}\right) - \beta S_i \left(\frac{I_i + \delta A_i}{N_i}\right) - (\mu + \phi + m) S_i + \varepsilon V_i + m S_j - dm S_j \left(\frac{I_j + \delta A_j}{N_j}\right), \\
\frac{dV_i}{dt} &= \phi S_i + \theta R_i - (\mu + \varepsilon + m) V_i + m V_j, \\
\frac{dE_i}{dt} &= \frac{\beta S_i (I_i + \delta A_i)}{N_i} - (\mu + \sigma + m) E_i + m E_j + dm S_j \left(\frac{I_j + \delta A_j}{N_j}\right), \\
\frac{dA_i}{dt} &= (1-a) \sigma E_i - (\mu + \gamma + m) A_i + m A_j, \\
\frac{dI_i}{dt} &= a \sigma E_i - (\mu + \alpha + \tau + m) I_i + m I_j, \\
\frac{dR_i}{dt} &= \gamma A_i - \tau I_i - (\mu + \theta + m) R_i + m R_j, \\
\frac{dS_j}{dt} &= r_j N_j \left(1 - \frac{N_j}{K_j}\right) - \beta S_j \left(\frac{I_j + \delta A_j}{N_j}\right) - (\mu + \phi + m) S_j + \varepsilon V_j + m S_i - dm S_i \left(\frac{I_i + \delta A_i}{N_i}\right), \\
\frac{dV_j}{dt} &= \phi S_j + \theta R_j - (\mu + \varepsilon + m) V_j + m V_i, \\
\frac{dE_j}{dt} &= \frac{\beta S_j (I_j + \delta A_j)}{N_j} - (\mu + \sigma + m) E_j + m E_i + dm S_i \left(\frac{I_i + \delta A_i}{N_i}\right), \\
\frac{dA_j}{dt} &= (1-a) \sigma E_j - (\mu + \gamma + m) A_j + m A_i, \\
\frac{dI_j}{dt} &= a \sigma E_j - (\mu + \alpha + \tau + m) I_j + m I_i, \\
\frac{dR_j}{dt} &= \gamma A_j - \tau I_j - (\mu + \theta + m) R_j + m R_i.
\end{aligned} \tag{4.1.7}$$

โดยที่ $i=1,2$ สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.1.5

ตารางที่ 4.1.5 สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม

สัญลักษณ์	ความหมาย
S_i	ประชากรกลุ่มเสี่ยงพื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
V_i	ประชากรกลุ่มที่ได้รับการฉีดวัคซีนพื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
E_i	ประชากรกลุ่มที่ได้รับเชื้อแต่ยังไม่สามารถแพร่เชื้อได้พื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
A_i	ประชากรกลุ่มที่ไม่แสดงอาการแต่สามารถแพร่เชื้อได้พื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
I_i	ประชากรกลุ่มที่แสดงอาการและสามารถแพร่เชื้อได้พื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
R_i	ประชากรกลุ่มที่หายจากโรคและมีภูมิคุ้มกันโรคพื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ
N_i	ประชากรรวมพื้นที่ i ณ เวลา t ใดๆ

S_j	ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อพื้นที่ j ณ เวลา t ใดๆ
V_j	ประชากรกลุ่มที่ได้รับการฉีดวัคซีนเมือง j ณ เวลา t ใดๆ
E_j	ประชากรกลุ่มที่ได้รับเชื้อแต่ยังไม่สามารถแพร่เชื้อได้เมือง j ณ เวลา t ใดๆ
A_j	ประชากรกลุ่มที่ไม่แสดงอาการแต่สามารถแพร่เชื้อได้เมือง j ณ เวลา t ใดๆ
I_j	ประชากรกลุ่มที่แสดงอาการและสามารถแพร่เชื้อได้เมือง j ณ เวลา t ใดๆ
R_j	ประชากรกลุ่มที่หายจากโรคและมีภูมิคุ้มกันโรคเมือง j ณ เวลา t ใดๆ
N_j	ประชากรรวมเมือง j ณ เวลา t ใดๆ

การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากรายงาน 506 พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 จังหวัดที่มีความชุกการเกิดโรคสูงสุดคือ จังหวัดยะลา จึงได้กำหนดให้จังหวัดยะลาเป็นจุดศูนย์กลางในการกระจายโรคคอตีบไปยังจังหวัดใกล้เคียงนั้นคือ สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส เพื่อศึกษาปัจจัยการเคลื่อนย้ายของประชากรต่อการแพร่กระจายของโรค ในจังหวัดยะลาและจังหวัดใกล้เคียง ในการวิเคราะห์ผลการทดลองจะนำแบบจำลอง (4.1.7) มาพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยสะสมและหาค่าความชุกของโรคในกรณีที่ไม่มี การเคลื่อนย้ายของประชากรและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบความชุกของโรคที่ได้จากข้อมูลจริง ผลการทดลองพบว่า ค่าความชุกของโรคที่ได้จากแบบจำลองจะมีค่าใกล้เคียงข้อมูลจริง (ดังรูปที่ 4.1.8) จากนั้นจึงนำค่าความชุกนี้มาเปรียบเทียบความชุกของโรคที่ได้จากแบบจำลองในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากรระหว่างจังหวัดในภาคใต้เท่ากับ 0.0135 ผลการทดลอง พบว่า การเคลื่อนย้ายของประชากรมีผลทำให้จังหวัดยะลาและจังหวัดใกล้เคียงมีความชุกเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.1.6 ในขณะที่ตารางที่ 4.1.7 และ 4.1.8 แสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนย้ายของประชากรระหว่างจังหวัดยะลาและสงขลาพบความชุกของจังหวัดยะลาลดลงแต่ความชุกของจังหวัดสงขลาเพิ่มขึ้น ในขณะที่ ตารางที่ 4.1.8 แสดงให้เห็นว่าจังหวัดนราธิวาสไม่มีความชุกของโรคแต่เมื่อมีการเคลื่อนย้ายของประชากรมีผลต่อการเพิ่มค่าความชุกในจังหวัดยะลาและนราธิวาส

ตารางที่ 4.1.6 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและปัตตานี

อัตราการย้าย ถิ่น ใน ภาค เดียวกัน(m)	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดยะลา	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดปัตตานี	หมายเหตุ
0	0.9649	0.2881	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.0135	1.0245	0.4314	มีการเคลื่อนย้าย
0.0203	1.0956	0.5173	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 4.1.7 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและสงขลา

อัตราการย้าย ถิ่น ใน ภาค เดียวกัน(m)	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดยะลา	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดสงขลา	หมายเหตุ
0	0.9649	0.0708	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.0135	0.7952	0.0965	มีการเคลื่อนย้าย
0.0203	0.7601	0.1068	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 4.1.8 แสดงความชุกของโรคในกรณีที่มีประชากรเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดยะลาและนราธิวาส

อัตราการย้าย ถิ่น ใน ภาค เดียวกัน(m)	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดยะลา	ความชุกต่อแสนคนใน จังหวัดนราธิวาส	หมายเหตุ
0	0.9649	0	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.0135	0.9606	0.1202	มีการเคลื่อนย้าย
0.0203	0.9862	0.2532	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัด

ในการศึกษาการแพร่ระบาดของโรคหัดและแนวทางการป้องกันโรคด้วยการฉีดวัคซีนของโรคหัด มีลำดับการวิเคราะห์ดังนี้

4.2.1 กำหนดพื้นที่ที่ศึกษา

4.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฉีดวัคซีนที่มีผลต่อการควบคุมโรคและหาค่าความครอบคลุมการได้รับวัคซีน (the optimal vaccine coverage)

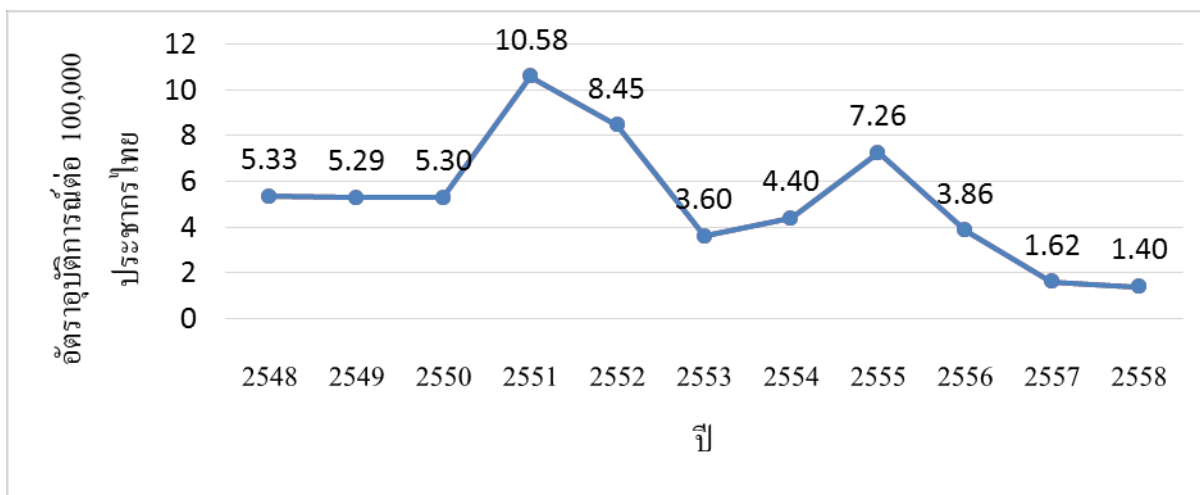
4.2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดและหัดเยอรมันที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลาที่ผลต่อการแพร่กระจายโรค

4.2.1 กำหนดพื้นที่ที่ศึกษา (Area study)

ประเทศไทยเริ่มมีการเฝ้าระวังโรคหัด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2514 และเริ่มให้วัคซีนป้องกันโรคหัดในโปรแกรมสร้างเสริมภูมิคุ้มกันโรคแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 โดยเริ่มให้หนึ่งครั้งแก่เด็กอายุ 9 – 12 เดือน ต่อมาในปี พ.ศ. 2539 จึงเพิ่มให้ครั้งที่สองแก่เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงปี พ.ศ. 2540 ได้เปลี่ยนวัคซีนหัดสำหรับเด็กนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นวัคซีนรวม หัด-คางทูม-หัดเยอรมัน (MMR) และใน ปี พ.ศ. 2553 ได้เปลี่ยนวัคซีนหัด สำหรับเด็กอายุ 9-12 เดือนเป็นวัคซีนรวม หัด-คางทูม-หัดเยอรมัน พบว่าในระยะแรกอัตราป่วยมีแนวโน้มสูงขึ้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา อุบัติการณ์ของโรคหัดจึงลดลง [28,29]

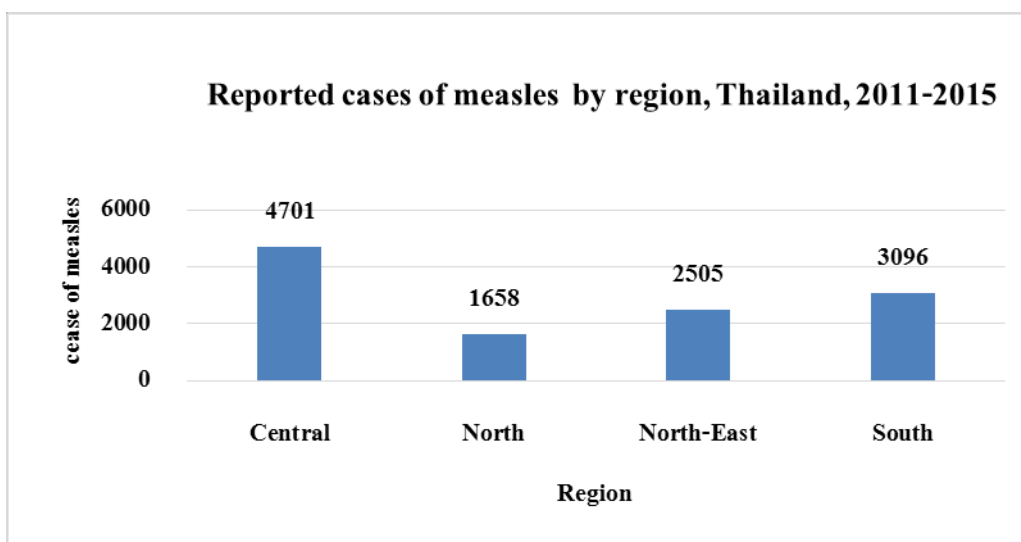
จากการศึกษา แนวโน้มการเกิดโรคในช่วง 11 ปีย้อนหลัง พ.ศ. 2548 – 2558 พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2548 – 2551 อัตราป่วยของโรคหัดมีแนวโน้มสูงขึ้น และลดลงในปี พ.ศ. 2552 – 2553 กลับลดลงในปี พ.ศ. 2555 – 2558 พบอัตราป่วยโรคหัดสูงขึ้นในปี พ.ศ. 2555 และลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่

4.2.1

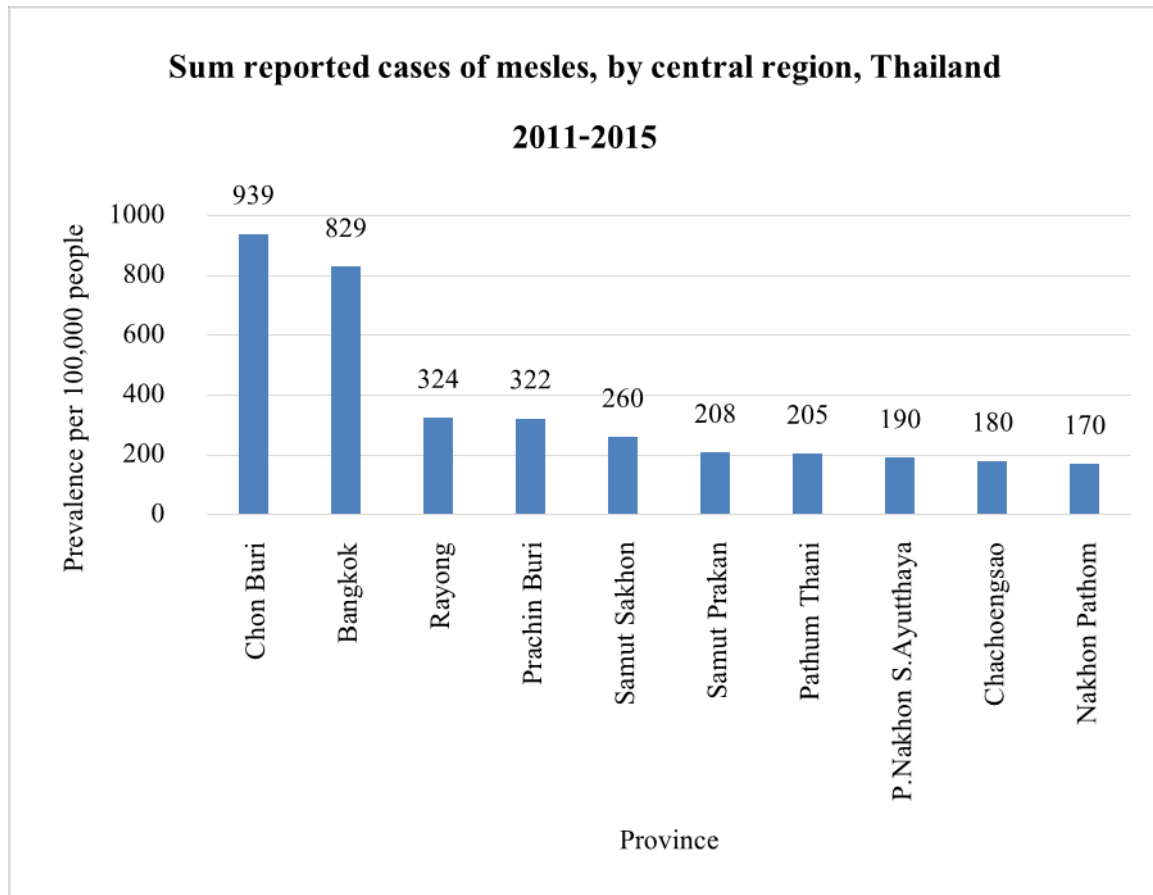


รูปที่ 4.2.1 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2558

เมื่อวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วยโรคหัดในช่วง 5 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2554 – 2558) ในแต่ละภาคและแต่ละจังหวัด พบว่า ภาคกลางมีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด รองลงมาคือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ดังรูปที่ 4.2.2 และ 10 จังหวัดที่มีจำนวนผู้ป่วยสูงสุด คือ จังหวัดชลบุรี รองลงมาคือ กรุงเทพฯ ระยอง ปราจีนบุรี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ฉะเชิงเทรา และ นครปฐม ดังรูปที่ 4.2.3

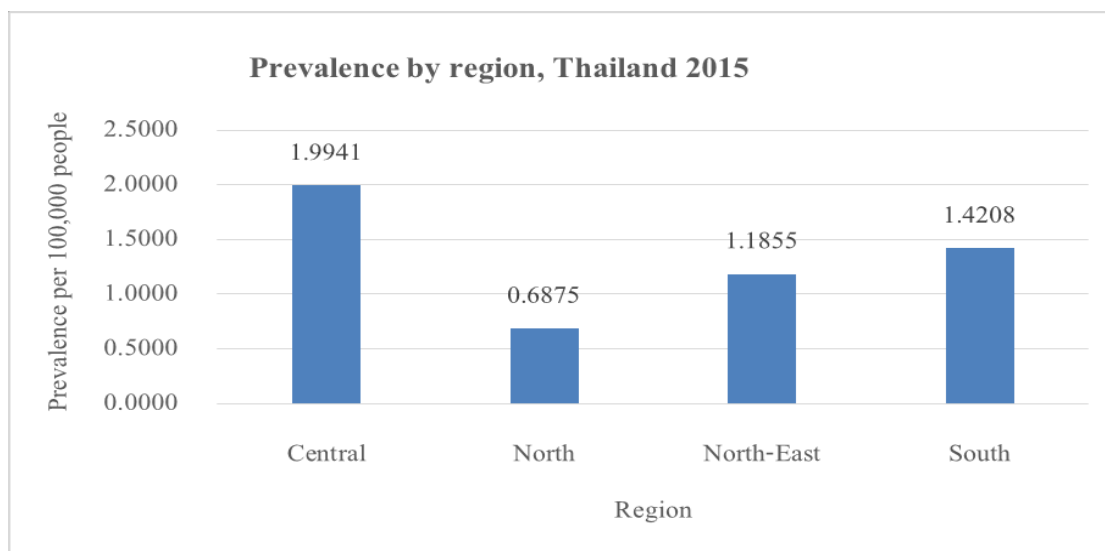


รูปที่ 4.2.2 จำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัด โดยแบ่งตามภาค ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558

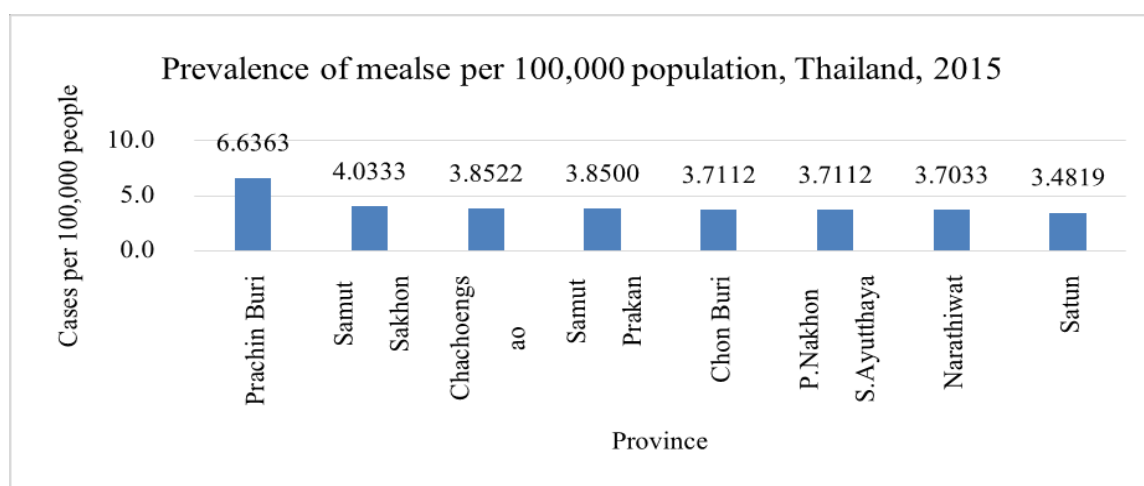


รูปที่ 4.2.3 10 จังหวัดแรกที่มีจำนวนผู้ป่วยรวมของโรคหัดสูงสุดในภาคกลางในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558

ในปี พ.ศ. 2558 สำนักระบาดวิทยาได้รับรายงานผู้ป่วยโรคหัดในระบบเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา รวม 994 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 1.52 ต่อประชากรแสนคนและไม่มีผู้ป่วยเสียชีวิต [20] โดยภาคกลางมีอัตราป่วยสูงสุด รองลงมา คือ ภาคใต้ ภาคตะวันออก เชียงเหนือ และภาคเหนือ ดังรูปที่ 4.2.4 และ 8 จังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุดคือจังหวัดปราจีน รองลงมาคือ สมุทรสาคร ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ ชลบุรี อุทัยธานี นราธิวาส และสตูล ดังรูปที่ 4.2.5

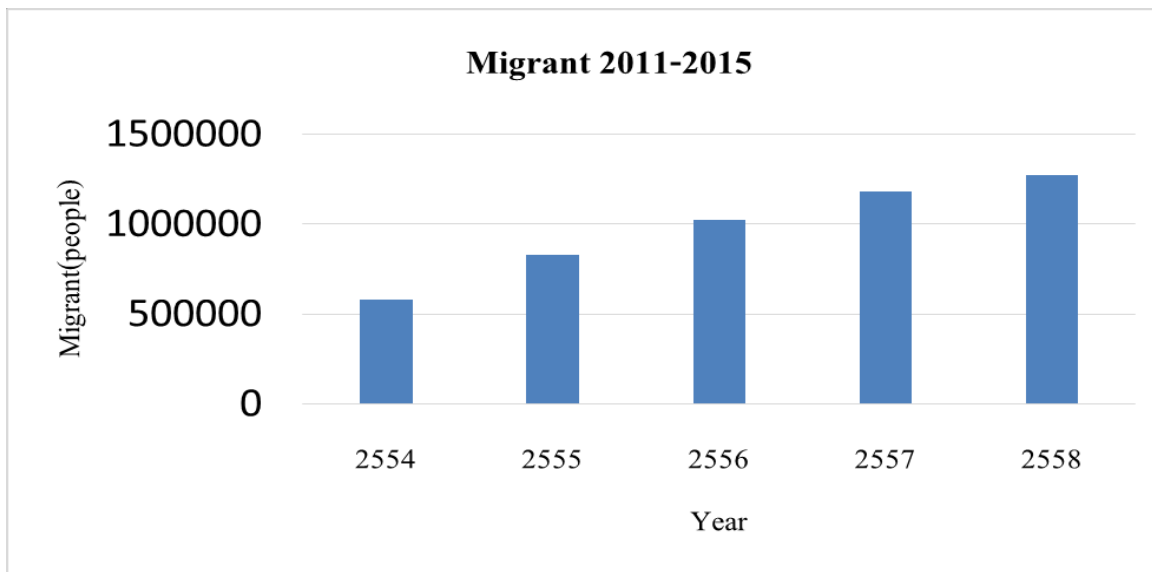


รูปที่ 4.2.4 อัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทย แบ่งตามภาค ปี พ.ศ. 2558

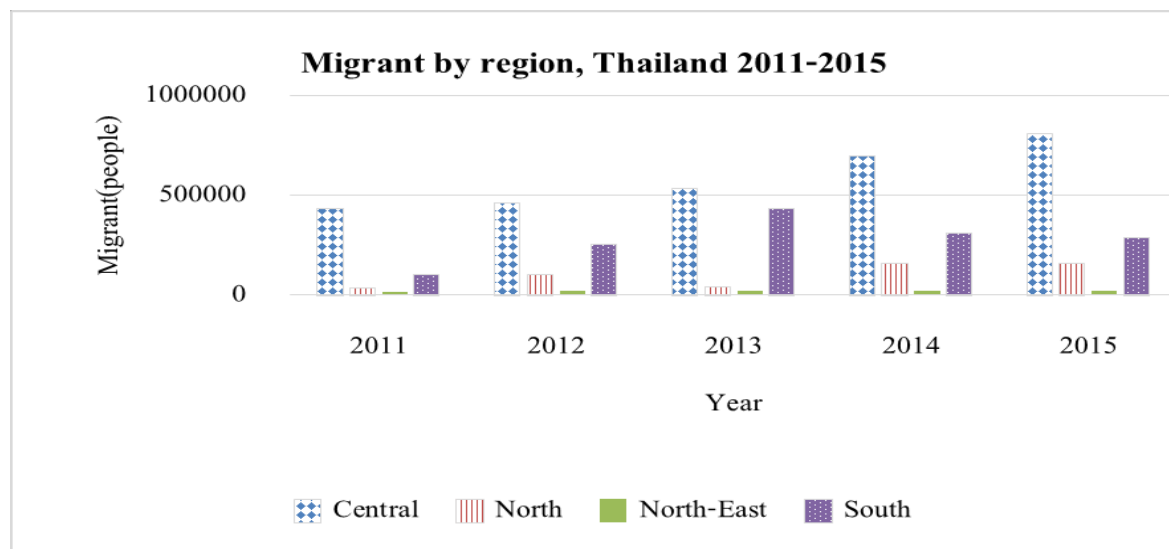


รูปที่ 4.2.5 8 จังหวัดแรกที่มีอัตราอุบัติการณ์ของโรคหัดต่อ 100,000 ประชากรไทยสูงสุด ปี พ.ศ. 2558

จากรายงานสำนักงานบริหารแรงงานต่างด้าว จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ที่เข้าประเทศต้นทางตาม MOU ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2558 ในแต่ละปี [30] พบว่าจำนวนแรงงาน มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 4.2.6 และเมื่อพิจารณาจำนวนแรงงานข้ามชาติ 3 สัญชาติ ในปี พ.ศ. 2554-2558 แบ่งตามภาค ตามปี พบว่าภาคกลางมีจำนวนแรงงานข้ามสัญชาติมากที่สุด รองลงมา คือ ภาคใต้ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังรูปที่ 4.2.7



รูปที่ 4.2.6 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558



รูปที่ 4.2.7 จำนวนแรงงานข้ามสัญชาติ 3 สัญชาติ (พม่า กัมพูชา ลาว) แบ่งตามภาค ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558

จากข้อมูลข้างต้น เพื่อให้การพยากรณ์สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับปัจจุบันมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลสถานการณ์จำนวนผู้ป่วยโรคหัดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 เนื่องจากมีจำนวนผู้ป่วยโรคหัดน้อยซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสำรวจความครอบคลุมการได้รับวัคซีนเมื่อปี 2558 [20] ว่า ในภาพรวมความครอบคลุมการได้รับวัคซีนทุกชนิด ทั้งในเด็กก่อนวัยเรียน และวัยเรียนมีระดับสูงเกินกว่าร้อยละ 90 แต่ยังพบผู้ป่วยโรคหัด (ดังรายงานความชุกการเกิดโรคหัดในปี 2554-2558 ข้างต้น) ทั้งนี้เป็นเพราะว่า พบเด็กกลุ่มเป้าหมายไม่ได้รับวัคซีนหรือได้รับวัคซีนไม่ครบตามเกณฑ์ ปัญหาความครอบคลุมการได้รับวัคซีนต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดในบางพื้นที่ ซึ่งมักพบใน

กลุ่มชุมชนแออัด กลุ่มแรงงานเคลื่อนย้าย กลุ่มที่อาศัยในพื้นที่จังหวัดชายแดนภาคใต้ ถิ่นทุรกันดารหรือชายขอบ ซึ่งทำให้ประเทศไทยยังมีความเสี่ยงที่จะเกิดการระบาดของโรคติดต่อที่ป้องกันได้ด้วยวัคซีน

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความชุกในการเกิดโรคหัดสูงสุดในปี 2558 พบว่า จังหวัดมีความชุกการเกิดโรคหัดสูงสุด คือ จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดปราจีนบุรีได้รับการพัฒนาจนกลายเป็นหัวเมืองรองในด้านเศรษฐกิจที่สำคัญ อีกทั้งพื้นที่ด้านตะวันออกของปราจีนบุรีติดกับพื้นที่จังหวัดสระแก้ว ซึ่งจังหวัดสระแก้วเป็นพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษ มีการเคลื่อนย้ายแรงงานเข้าออกจากพื้นที่ตลอดเวลา [31] ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงเลือก จังหวัดปราจีนบุรีและจังหวัดใกล้เคียงได้แก่ นครราชสีมา นครนายก ฉะเชิงเทรา และสระแก้ว ในการศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนย้ายประชากรต่อการแพร่กระจายของโรค

4.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่มีการฉีดวัคซีน

(Mathematical model of measles with vaccination)

โรคหัด

โรคหัดเกิดจากเชื้อไวรัสหัด (Measles virus) สามารถติดต่อได้โดยการหายใจสูดเอาละอองเสมหะที่ผู้ป่วยไอหรือจาม หรือติดต่อโดยการสัมผัส นอกจากนี้ เชื้อหัดยังสามารถแพร่กระจายทางอากาศ (Airborne transmission) ได้เช่นเดียวกับโรคไข้หวัดใหญ่ เชื้อจะกระจายออกไปในระยะไกลและแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน เมื่อคนปกติมาสูดเอาอากาศที่มีละอองนี้เข้าไป หรือละอองสัมผัสกับเยื่อตาหรือเยื่อเมือกช่องปาก (ไม่จำเป็นต้องไอหรือจามรดใส่กันตรงๆ) ก็สามารถทำให้ติดโรคได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้โรคหัดสามารถแพร่ระบาดได้เร็ว (เชื้อที่อยู่ในอากาศหรือผิวของวัตถุจะยังคงติดต่อกับผู้อื่นได้ในช่วง 2-4 ชั่วโมง)

กลไกการเกิด

กลไกการเกิดโรคหัดพบว่าผู้ติดเชื้อหัดจะเกิดโรคเกือบทุกราย โดยมีระยะฟักตัวของโรค (ตั้งแต่ได้รับเชื้อจนแสดงอาการ) : เมื่อผู้ป่วยได้รับเชื้อหัดจะมีระยะฟักตัวของโรคจนเกิดอาการ (ระยะก่อนออกผื่น) ประมาณ 7-14 วัน (โดยเฉลี่ยประมาณ 8-12 วัน) หรือถ้านับตั้งแต่ได้รับเชื้อจนถึงระยะมีผื่นก็จะประมาณ 12-16 วัน (โดยเฉลี่ยประมาณ 14 วัน) และมีระยะติดต่อ : ตั้งแต่เริ่มมีอาการไข้ (4 วันก่อนมีผื่นขึ้น) จนกระทั่งถึง 4 วันหลังจากที่มีผื่นขึ้น (บางข้อมูลระบุว่า ผู้ป่วยโรคหัดจะมีเชื้อไวรัสหัดอยู่ในลำคอและแพร่เชื้อได้ในระยะ 1-2 วันก่อนที่จะเริ่มมีอาการ)

การสร้างแบบจำลองจะพิจารณาจากกลไกการเกิดโรคดังกล่าว โดยแบ่งประชากรรวมเป็น 5 กลุ่ม ประชากรย่อย ได้แก่ ประชากรกลุ่มเสี่ยง(แทนด้วยตัวแปร S) ประชากรที่ได้รับวัคซีน(แทนด้วยตัวแปร V) ประชากรที่ได้รับเชื้อหัดและอยู่ในระยะก่อนออกผื่น(แทนด้วยตัวแปร E) ประชากรที่ได้ติดเชื้อและอยู่ในระยะติดต่อ(แทนด้วยตัวแปร I) ประชากรที่ได้รับการรักษาและมีภูมิคุ้มกันถาวร(แทนด้วยตัวแปร R) โดยที่ ประชากรรวมมีการเปลี่ยนแปลง ณ เวลา t ใดๆ แทนด้วยตัวแปร N และคำนวณจากสมการ

$$N(t) = S(t) + V(t) + E(t) + I(t) + R(t)$$

โดยที่การเปลี่ยนแปลงของประชากรแต่ละกลุ่มสามารถอธิบายได้ ดังนี้

ประชากรกลุ่มเสี่ยง (S) คือ เด็กที่ยังไม่เคยได้รับการฉีดวัคซีนหรือฉีดวัคซีนไม่ครบซึ่งมักเป็นกลุ่มแรงงานย้ายถิ่นและการอพยพย้ายถิ่นของประชากรทำให้ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่อธิบายด้วยสมการโลจิสติกส์ นั่นคือ

$$\text{Recruitment rate} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

เมื่อ $N(t)$ แทนจำนวนประชากรรวม ณ เวลา t ใดๆ ตัวแปร r แทนอัตราการเพิ่มของประชากรที่ศึกษา (the intrinsic growth rate) K แทนจำนวนประชากรกลางปีที่สอดคล้องกับ growth rate (carrying capacity) และให้ ω แทนอัตราวัคซีนเกิดความเสื่อม (vaccine wane) ทำให้ประชากรกลุ่ม V ย้ายมาเป็นประชากรกลุ่ม S ให้ ξ_1 แทนอัตราที่ประชากรกลุ่ม S ได้รับการฉีดวัคซีนและย้ายไปประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนลดลงเมื่อได้รับการฉีดวัคซีนและย้ายไปกลุ่มประชากร V ด้วยอัตรา ξ_1 และเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม V

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มเมื่อประชากรในกลุ่ม S ได้รับวัคซีนและย้ายเข้ามาในอัตรา ξ_1

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนลดลงเมื่อภูมิไม่ขึ้นหลังการฉีดวัคซีนทำให้ประชากรกลุ่มนี้มีโอกาสติดเชื้อและย้ายไปกลุ่มประชากร E ด้วยอัตรา $(1-\varepsilon) \frac{\beta VI}{N}$ กรณีที่เกิดความเสื่อมของวัคซีนประชากรกลุ่ม V จะย้ายไปเป็นประชากรกลุ่ม S ด้วยอัตรา ω ประชากรกลุ่มนี้เสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ และถูกกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้วยการฉีดวัคซีนและย้ายไปกลุ่มประชากร R ด้วยอัตรา ξ_2

การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม E

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มจากประชากรในกลุ่ม S ที่ติดเชื้อและย้ายเข้ามาในอัตรา $\frac{\beta SI}{N}$ ประชากรกลุ่ม V ที่ได้รับวัคซีนแต่ภูมิไม่ขึ้นย้ายเข้ามาในอัตรา $(1-\varepsilon)\frac{\beta VI}{N}$ โดยที่ β แทนอัตราการติดเชื้อ (infection rate) เมื่อประชากรกลุ่มนี้แสดงอาการของโรคได้ย้ายไปกลุ่มประชากร I ด้วยอัตรา σ และเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

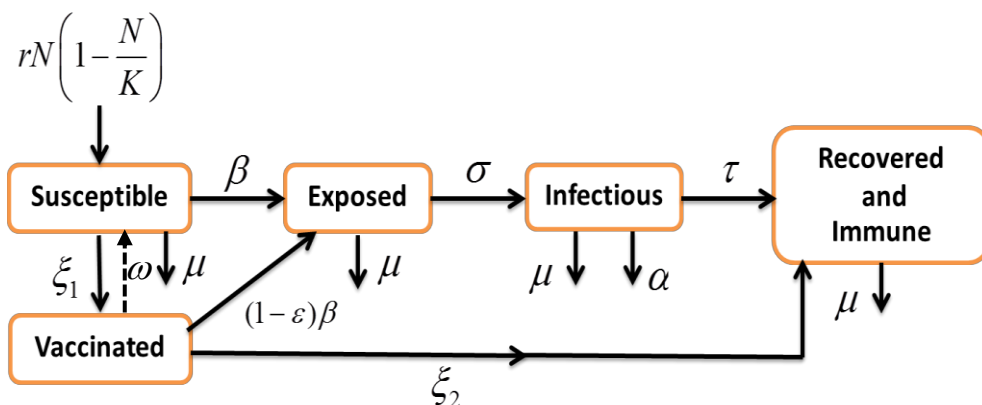
การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม I

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มจากประชากรในกลุ่ม E ที่ติดเชื้อและแสดงอาการของโรคได้ย้ายเข้ามาในอัตรา σ ประชากรกลุ่ม I มีจำนวนลดลงเมื่อประชากรกลุ่มนี้ได้รับการรักษาและย้ายไปกลุ่ม R ด้วยอัตรา τ และเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

การเปลี่ยนแปลงของประชากรในกลุ่ม R

ประชากรกลุ่มนี้มีจำนวนเพิ่มเมื่อประชากรในกลุ่ม I ได้รับการรักษา และย้ายเข้ามาด้วยอัตรา τ รวมถึงประชากรกลุ่ม V เมื่อได้รับการฉีดวัคซีนเข็มที่ 2 จะย้ายเข้ามาด้วยอัตรา ξ_2 ประชากรนี้มีจำนวนลดลงเมื่อเสียชีวิตโดยธรรมชาติด้วยอัตรา μ

จากที่กล่าวข้างต้น สามารถอธิบายด้วยแผนภูมิแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัด ดังแสดงในรูปที่ 4.2.7



รูปที่ 4.2.7 แผนภาพแสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่มีการฉีดวัคซีน

จากแผนภูมิดังแสดงในรูปที่ 4.2.7 สามารถเขียนในรูประบบสมการเชิงอนุพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
\frac{dS}{dt} &= rN \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \frac{\beta SI}{N} - (\xi_1 + \mu)S + \omega V, \\
\frac{dV}{dt} &= \xi_1 S - (1 - \varepsilon) \frac{\beta VI}{N} - (\xi_2 + \mu + \omega)V, \\
\frac{dE}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} + (1 - \varepsilon) \frac{\beta VI}{N} - (\sigma + \mu)E, \\
\frac{dI}{dt} &= \sigma E - (\mu + \alpha + \tau)I, \\
\frac{dR}{dt} &= \tau I + \xi_2 V - \mu R.
\end{aligned} \tag{4.2.1}$$

สัญลักษณ์พารามิเตอร์และความหมายในแบบจำลอง (4.2.1) แสดงในตารางที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2.1 สัญลักษณ์ พารามิเตอร์และความหมายที่ใช้ในแบบจำลอง (4.2.1)

สัญลักษณ์	ความหมาย
S	ประชากรกลุ่มเสี่ยง
V	ประชากรที่ได้รับวัคซีน
E	ประชากรที่ได้รับเชื้อหัดและอยู่ในระยะก่อนออกผื่น
I	ประชากรที่ได้ติดเชื้อและอยู่ในระยะติดต่อก่อน
R	ประชากรที่ได้รับการรักษาและมีภูมิคุ้มกันถาวร

ตารางที่ 4.2.1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ความหมาย
β	Contact rate
r	Intrinsic growth rate
K	Carrying capacity
σ	Incubation period
τ	Rate of Recovery
μ	Natural death rate
α	Mortality rate of Measles
ε	vaccine efficacy
ξ_1	Rate of primary vaccination under booster administration
ξ_2	Rate of vaccination (booster)
R_{vac}^M	Basic reproduction number of the model with vaccination
R_0^M	Basic reproduction number of the model without vaccination
ξ_1^c	Optimal vaccine coverage obtained from the model
ω	Rate of vaccine wane
m	Rate that individuals of city i leave to city j ($i \neq j$)
d	Transport-related transmission rate

ค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลอง

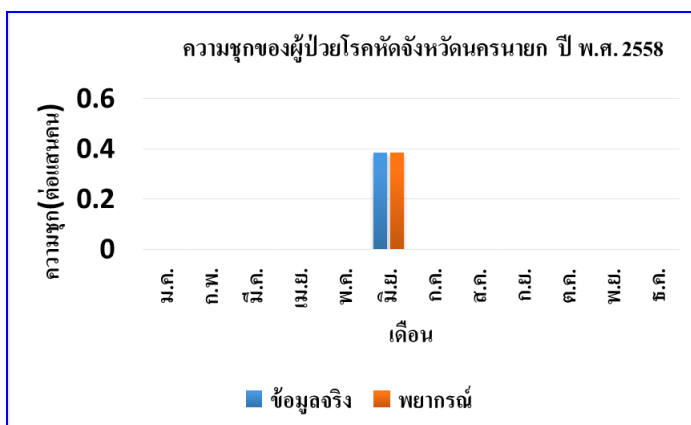
ในการพยากรณ์จำนวนผู้ป่วยโดยใช้แบบจำลองจะใช้ค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4.2.2-4.2.3 โดยที่ r (อัตราการเกิดและการอพยพ) และ K (ประชากรกลางปี) เปลี่ยนตามพื้นที่ศึกษา (ดูตารางที่ 4.2.3) และกำหนดให้ค่า basic reproductive number ของโรค (R_0^M) มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยในทุกพื้นที่เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาอยู่ในภูมิศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน ผลการเปรียบเทียบความชุกของผู้ป่วยโรคหัดที่ได้จากข้อมูลจริงและข้อมูลพยากรณ์ในแต่ละพื้นที่ แสดงในรูปที่ 4.2.8

ตารางที่ 4.2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองเชิงตัวเลขของแบบจำลอง (4.2.1)

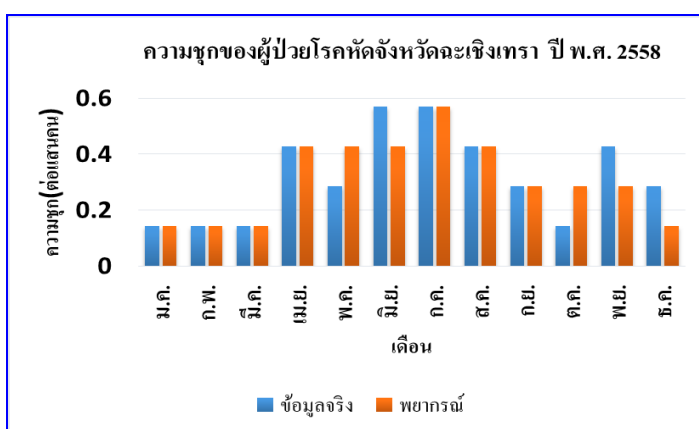
Parameter	Value/Unit (day ⁻¹)	Reference
β	varied	-
r	varied	[20]
K	varied	[20]
σ	0.1250	[15]
τ	0.0714	[16]
μ	0.000037	[12]
α	0.0005	-
ε	0.9	[18]
ξ_1	0.0037	[27]
ξ_2	0.0014	[27]
ω	0.0001	-
d	10	-
m	0.00003	[11]

ตารางที่ 4.2.3 จำนวนผู้ป่วย ความชุกของโรค ค่าพารามิเตอร์และ R_0^M ในแต่ละจังหวัด ปี 2558

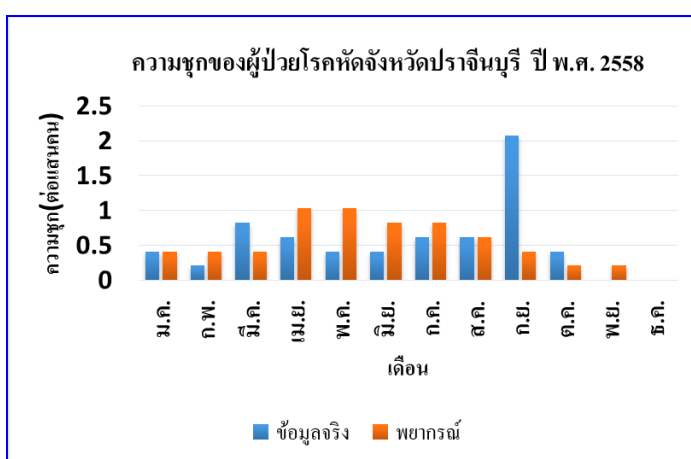
จังหวัด	จำนวน ผู้ป่วย โรคหัด	ความชุก ของโรคต่อ ประชากร แสนคน	r	K	β	R_0^M	R_{vac}^M
ปราจีนบุรี	32	6.6363	0.0115	482195	0.95	13.1962	1.2082
ฉะเชิงเทรา	27	3.8521	0.0114	700902	0.93	12.9184	1.0248
นครราชสีมา	65	2.4725	0.0095	2628818	0.92	12.7795	1.1701
สระแก้ว	10	1.7955	0.0098	556922	0.91	12.6406	1.1574
นครนายก	1	0.3867	0.0142	258577	0.90	12.5017	1.1447



(ก)

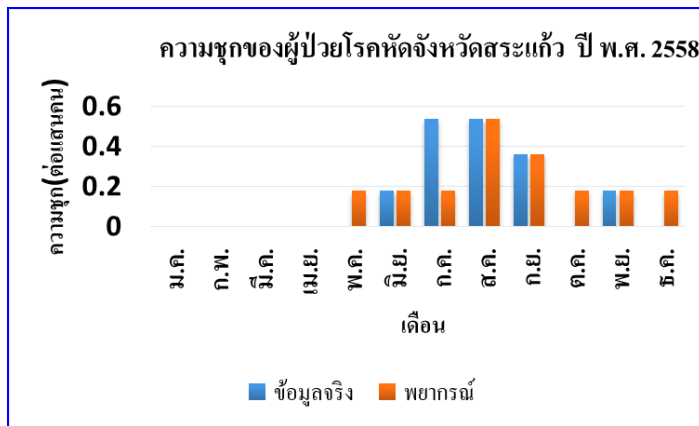


(ข)

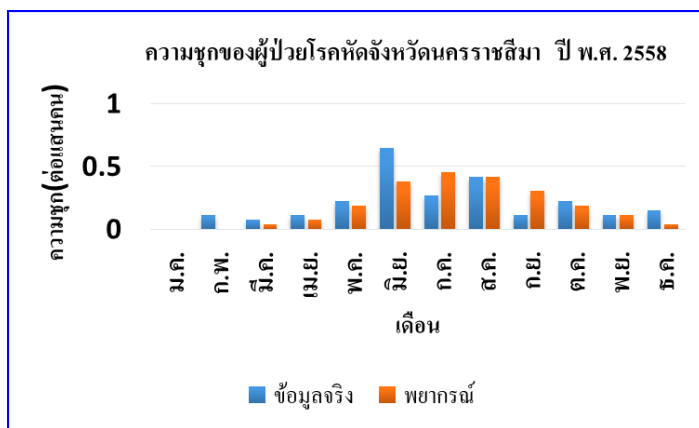


(ค)

รูปที่ 4.2.8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความชุกของผู้ป่วยโรคหัดที่ได้จากข้อมูลจริงและข้อมูลพยากรณ์ ปี 2558



(ง)



(จ)

รูปที่ 4.2.8 (ต่อ) แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบความชุกของผู้ป่วยโรคหัดที่ได้จากข้อมูลจริงและ ข้อมูลพยากรณ์ ปี 2558

จากรูปที่ 4.2.8 พบว่า แบบจำลอง (4.2.1) สามารถพยากรณ์ความชุกของผู้ป่วยได้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงในพื้นที่ที่ศึกษา แสดงว่า ค่าพารามิเตอร์ในตารางที่ 4.2.2-4.2.3 เป็นค่าที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ จึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้องกับจังหวัดปราจีนบุรีมาศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการฉีดวัคซีนของโรคหัด

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมโรคหัด

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมโรคหัดมีลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ค่า basic reproduction number ของแบบจำลองที่มีการฉีดวัคซีน

การคำนวณหาค่า basic reproduction number ของแบบจำลอง (4.2.1) จะใช้วิธี Next generation ที่นำเสนอโดย van den Driessche และ Watmough [14] พบว่า ค่า basic reproduction number ของแบบจำลองที่มีวัคซีน (4.2.1) เขียนแทนด้วย R_{vac}^M คือ

$$R_{vac}^M = \frac{\mu(\xi_1(1-\varepsilon) + \xi_2 + \omega + \mu)}{(\xi_1 + \mu)(\xi_2 + \mu) + \mu\omega} R_0^M \quad (4.2.2)$$

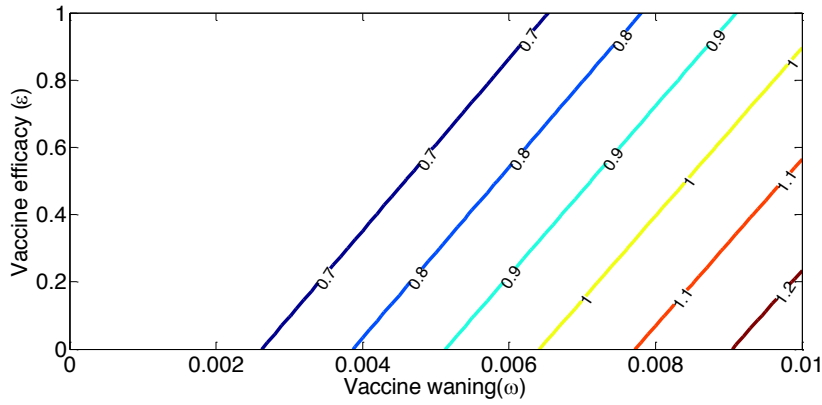
โดยที่

$$R_0^M = \frac{\beta\sigma}{(\mu + \sigma)(\mu + \alpha + \tau)} \quad (4.2.3)$$

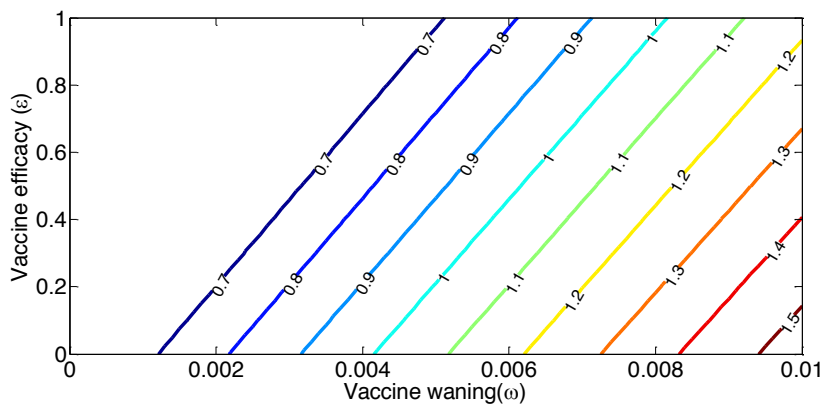
2. ผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฉีดวัคซีนต่อค่า basic reproduction number

เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า basic reproduction number (R_{vac}^M) เทียบกับ vaccine efficacy (ε) และ Rate of vaccine wane (ω) พบว่า Rate of vaccine wane (ω) มีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ basic reproduction number (R_{vac}^M) อัตราการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น และในทางกลับกันเมื่อค่า vaccine efficacy (ε) มีค่าเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่า basic reproduction number (R_{vac}^M) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์กราฟ contour plot ดังรูปที่ 4.2.9

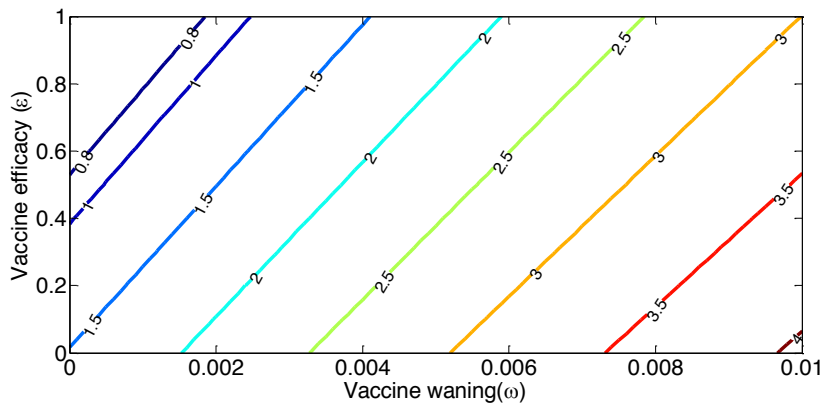
รูปที่ 4.2.9 แสดงผลกระทบของ Rate of vaccine wane (ω) และ vaccine efficacy (ε) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาของการฉีดวัคซีนกระตุ้นเข็มที่ 2 พบว่า Rate of vaccine wane (ω) จากรูปที่ 4.2.9 (ก)-(ข) พบว่า vaccine wane เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับวัคซีนในครั้งที่ 2 ในช่วงเวลา 1.5 ปี และ 2 ปี ในขณะที่ ปัจจัยที่มีผลต่อการได้รับวัคซีนในครั้งที่ 2 ในช่วงเวลา 7 ปี คือ Rate of vaccine wane (ω) และ vaccine efficacy (ε) ดังรูปที่ 4.2.9 (ค)



(ก) อัตราการได้รับวัคซีนครั้งที่ 2 $\xi_2 = 0.0018$ (1.5 ปี)



(ข) อัตราการได้รับวัคซีนครั้งที่ 2 $\xi_2 = 0.0014$ (2 ปี)



(ค) อัตราการได้รับวัคซีนครั้งที่ 2 $\xi_2 = 0.00039$ (7 ปี)

รูปที่ 4.2.9 กราฟ Contour plots แสดงค่า R_{vac}^M เมื่อเปลี่ยนแปลงการเสื่อมของวัคซีน (ω) และ ประสิทธิภาพของวัคซีน (ε) โดยที่ $R_0^M = 13.1943$

4.2.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา

(Mathematical model of measles with pulse vaccination)

เพื่อกำจัดการติดเชื้อไวรัส เช่น โรคหัด การฉีดวัคซีนซ้ำมักจะทำสำหรับเด็กในช่วงอายุที่กำหนดไว้ ดังนั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบจำลอง (4.2.1) ให้มีการฉีดวัคซีนซ้ำ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ T ($T > 0$) แทนเวลาที่มีการฉีดวัคซีนสองครั้งติดต่อกันและพารามิเตอร์ θ (โดยที่ $0 \leq \theta \leq 1$) แทนสัดส่วนของประชากรกลุ่มเสี่ยงที่ได้รับการฉีดวัคซีน พิจารณาแผนภาพ ดังรูปที่ 4.2.7 ร่วมกับการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา จะได้แบบจำลองที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลาอธิบายได้ในรูปแบบสมการ

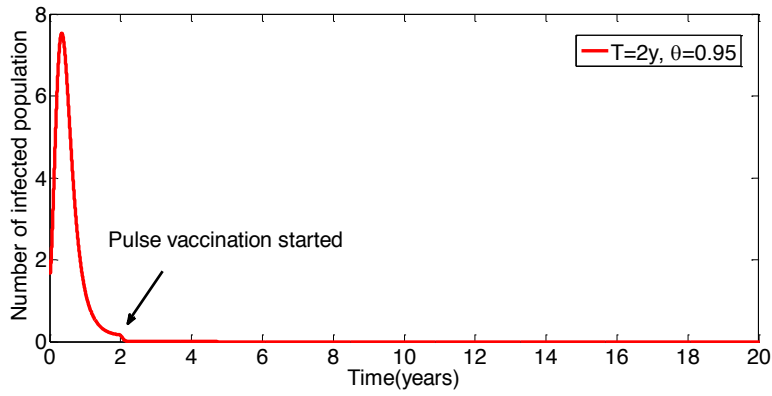
$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{dt} &= rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) - \frac{\beta SI}{N} - \mu S + \omega V, \\ \frac{dV}{dt} &= -(1-\varepsilon) \frac{\beta VI}{N} - (\mu + \omega) V, \\ \frac{dE}{dt} &= \frac{\beta SI}{N} + (1-\varepsilon) \frac{\beta VI}{N} - (\sigma + \mu) E, \\ \frac{dI}{dt} &= \sigma E - (\mu + \alpha + \tau) I, \\ \frac{dR}{dt} &= \tau I + \xi_2 V - \mu R. \end{aligned} \right\} t \neq nT, n \in \mathbb{N} \quad (4.2.5)$$

$$\left. \begin{aligned} S(t+) &= (1-\theta)S(t) \\ V(t+) &= V(t) + \theta S(t) \\ E(t+) &= E(t) \\ I(t+) &= I(t) \\ R(t+) &= R(t) \end{aligned} \right\} t = nT, n \in \mathbb{N}$$

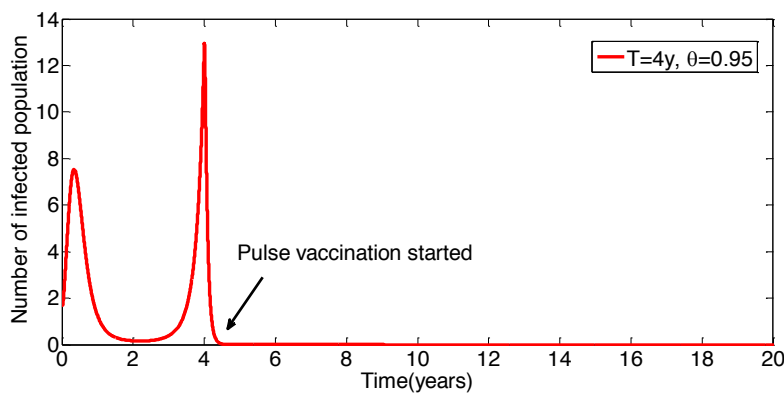
โดยที่ $\mathbb{N} = 1, 2, 3, \dots$ สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.2.2 และ ตารางที่ 4.2.3

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการฉีดวัคซีนซ้ำจะคำนวณผลเชิงตัวเลขของแบบจำลองที่มีการฉีดวัคซีนเป็นช่วงเวลา โดยใช้ค่า พารามิเตอร์ของจังหวัดปราจีนบุรี ดังตารางที่ 4.2.3 และผลการวิเคราะห์แสดง ดังรูปที่ 4.2.10 -4.2.11

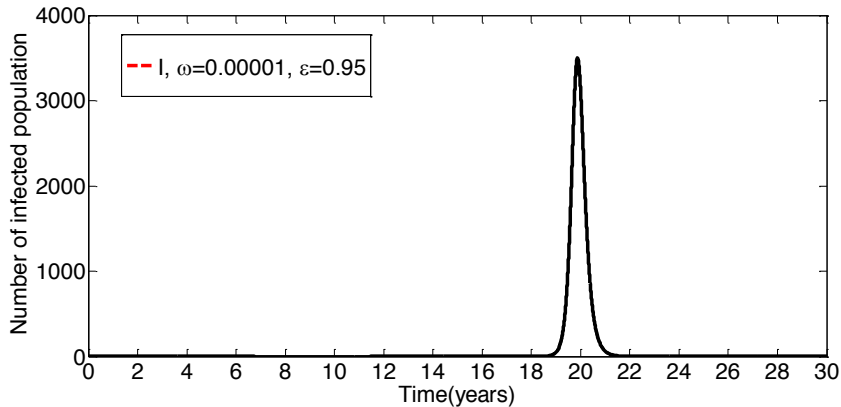


(ก) กระตุ้นห่างจากเข็มแรก 2 ปี ($\omega = 0.001$)

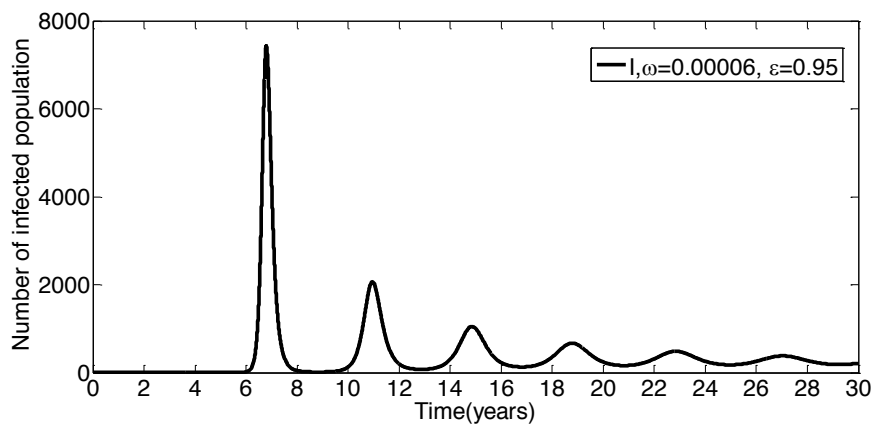


(ข) กระตุ้นห่างจากเข็มแรก 4 ปี ($\omega = 0.0001$)

รูปที่ 4.2.10 เปรียบเทียบการฉีดวัคซีนห่างจากเข็มแรก 2 ปี และ 4 ปี



(ก) vaccine wane น้อยมากและ vaccine efficacy สูง



(ข) vaccine wane เพิ่มขึ้น

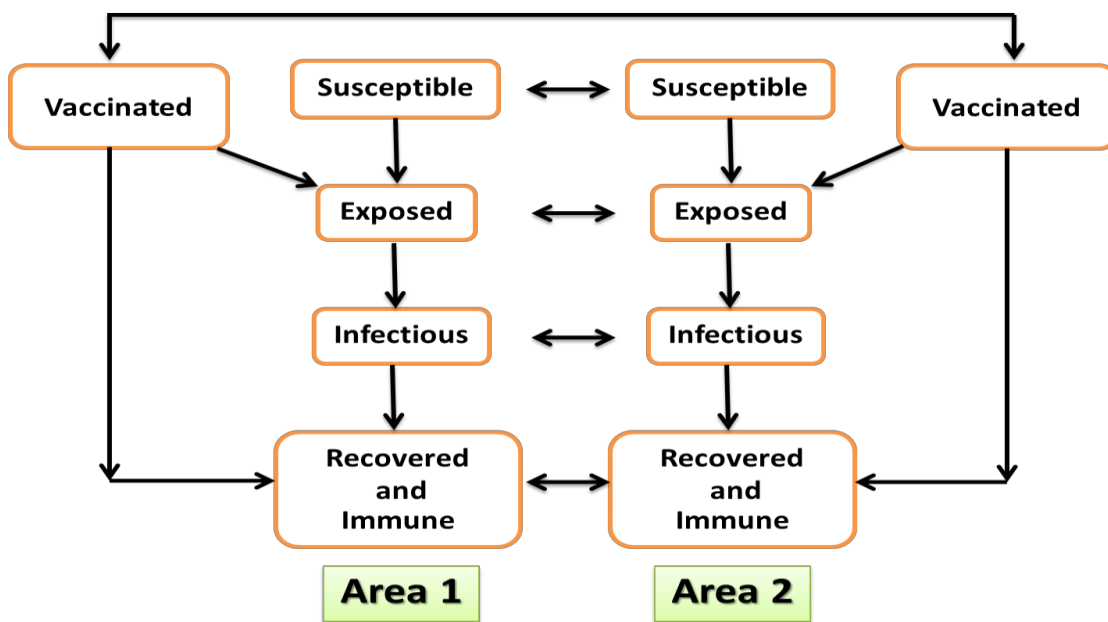
รูปที่ 4.2.11 การฉีดวัคซีนในช่วง 9 เดือน และ 2.5 ปี

รูปที่ 4.2.10 แสดงให้เห็นว่าหากการฉีดวัคซีนครอบคลุม vaccine wane และ vaccine efficacy มีผลน้อยมาก จะทำให้ การฉีดวัคซีนในช่วง 9 เดือน และ 2.5 ปี หรือ 9 เดือน และ 4 ปี อย่างต่อเนื่อง จะสามารถควบคุมโรคได้ ในขณะที่ถ้ามีปัจจัย vaccine wane และ vaccine efficacy เข้ามาเกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.2.11 พบว่า มีโอกาสพบผู้ป่วยในช่วงอายุที่แตกต่างกัน นั่นคือ ถ้า vaccine wane น้อยมากและ vaccine efficacy สูง ดังแสดงในรูปที่ 4.2.10 (ก) จะมีโอกาสพบผู้ป่วยในช่วงอายุหลัง 18 ปี และถ้า vaccine wane เพิ่มขึ้นจะทำให้มีโอกาพบผู้ป่วยในช่วงอายุหลัง 6 ปี เมื่อวิเคราะห์การฉีดวัคซีนในช่วง 9 เดือน และ 4 ปี จะทำให้พบผู้ป่วยในช่วงอายุหลัง 6 ปี (ดูรูปที่ รูปที่ 4.2.11) ดังนั้น เด็กควรได้รับวัคซีนสองเข็มอย่างต่อเนื่องและอายุไม่ควรเกิน 4 ปี นอกจากนี้เพื่อให้การควบคุมโรคมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นควรควรมีการฉีดกระตุ้นกลุ่มเสี่ยงวัยผู้ใหญ่ที่อาจจะไม่ได้รับวัคซีนอย่างต่อเนื่อง หรือได้รับวัคซีนไม่ครบสองเข็ม

4.2.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่ประชากรมีการเคลื่อนย้ายระหว่างพื้นที่

(Mathematical model of measles with transport-related infection)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคหัดที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากร แบบจำลอง SVEAIR ที่มีการฉีดวัคซีนแบบคงที่ (4.1.1) ได้ถูกขยายให้เป็นแบบจำลองที่การติดเชื้อเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของประชากรเพื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายของประชากรต่อการแพร่กระจาย ดังแสดงในรูปที่ 4.1.13 และสามารถเขียนในรูประบบสมการคณิตศาสตร์ ดังนี้



รูปที่ 4.2.12 แผนภาพแสดงแบบจำลองของโรคหัดที่ประชากรมีการเคลื่อนย้ายระหว่างพื้นที่

$$\begin{aligned}
\frac{dS_i}{dt} &= r_i N_i \left(1 - \frac{N_i}{K_i}\right) - \frac{\beta S_i I_i}{N_i} - (\mu + \xi_1) S_i + \omega V_i + m S_j - m S_i - \frac{dm S_j I_j}{N_j}, \\
\frac{dV_i}{dt} &= \xi_1 S_i - \frac{(1-\varepsilon)\beta V_i I_i}{N_i} - (\mu + \omega + \xi_2) V_i + m V_j - m V_i - \frac{dm(1-\varepsilon)V_j I_j}{N_j}, \\
\frac{dE_i}{dt} &= \frac{\beta S_i I_i}{N_i} + \frac{(1-\varepsilon)\beta V_i I_i}{N_i} - (\mu + \sigma) E_i + m E_j - m E_i + \frac{dm S_j I_j}{N_j} + \frac{dm(1-\varepsilon)V_j I_j}{N_j}, \\
\frac{dI_i}{dt} &= \sigma E_i - (\mu + \alpha + \tau) I_i + m I_j - m I_i, \\
\frac{dR_i}{dt} &= \tau I_i + \xi_2 V_i - \mu R_i + m R_j - m R_i, \\
\frac{dS_j}{dt} &= r_j N_j \left(1 - \frac{N_j}{K_j}\right) - \frac{\beta S_j I_j}{N_j} - (\mu + \xi_1) S_j + \omega V_j + m S_i - m S_j - \frac{dm S_i I_i}{N_i}, \\
\frac{dV_j}{dt} &= \xi_1 S_j - \frac{(1-\varepsilon)\beta V_j I_j}{N_j} - (\mu + \omega + \xi_2) V_j + m V_i - m V_j - \frac{dm(1-\varepsilon)V_i I_i}{N_i}, \\
\frac{dE_j}{dt} &= \frac{\beta S_j I_j}{N_j} + \frac{(1-\varepsilon)\beta V_j I_j}{N_j} - (\mu + \sigma) E_j + m E_i - m E_j + \frac{dm S_i I_i}{N_i} + \frac{dm(1-\varepsilon)\beta V_i I_i}{N_i}, \\
\frac{dI_j}{dt} &= \sigma E_j - (\mu + \alpha + \tau) I_j + m I_i - m I_j, \\
\frac{dR_j}{dt} &= \tau I_j + \xi_2 V_j - \mu R_j + m R_i - m R_j.
\end{aligned} \tag{4.2.6}$$

โดยที่ $i=1,2$ สัญลักษณ์และความหมายของประชากรแต่ละกลุ่ม แสดงในตารางที่ 4.1.5 ตารางที่ 4.2.1 และ ตารางที่ 4.2.2

การวิเคราะห์ผลการวิจัย

จากรายงาน 506 พบว่า ในปี พ.ศ. 2558 จังหวัดที่มีความชุกการเกิดโรคสูงสุดคือ จังหวัดปราจีนบุรี จึงได้กำหนดให้จังหวัดปราจีนบุรีเป็นศูนย์กลางในการกระจายโรคคอตีบไปยังจังหวัดใกล้เคียงนั่นคือ นครนายก นครราชสีมา สระแก้ว และฉะเชิงเทรา ผลการศึกษาความชุกของโรคหัดเมื่อประชากรมีการเคลื่อนย้ายระหว่างจังหวัดปราจีนบุรีไปยังจังหวัดใกล้เคียง ดังแสดงในตารางที่ 4.2.4-4.2.7 พบว่า ความชุกของโรคในแต่ละจังหวัดสูงขึ้น จึงสรุปได้ว่า การเคลื่อนย้ายของประชากรมีผลต่อการเพิ่มความชุกของโรค

ตารางที่ 4.2.4 ความชุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายประชากรระหว่าง
จังหวัดปราจีนบุรีและนครนายก

อัตรา เคลื่อนย้ายถิ่น ระหว่างจังหวัด (m)	ความชุกของโรคใน จังหวัดปราจีนบุรี	ความชุกของโรคใน จังหวัดนครนายก	หมายเหตุ
0	6.6363	0.3867	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.00003	6.8828	0.4147	มีการเคลื่อนย้าย
0.00005	7.0528	0.4321	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 4.2.5 ความชุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายประชากรระหว่าง
จังหวัดปราจีนบุรีและนครราชสีมา

อัตรา เคลื่อนย้ายถิ่น ระหว่างจังหวัด (m)	ความชุกของโรคใน จังหวัดปราจีนบุรี	ความชุกของโรคใน จังหวัดนครราชสีมา	หมายเหตุ
0	6.6489	2.4739	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.00003	5.2879	2.8153	มีการเคลื่อนย้าย
0.00005	4.8504	3.0818	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 4.2.6 ความชุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายประชากรระหว่าง
จังหวัดปราจีนบุรีและสระแก้ว

อัตรา เคลื่อนย้ายถิ่น ระหว่างจังหวัด (m)	ความชุกของโรคใน จังหวัดปราจีนบุรี	ความชุกของโรคใน จังหวัดสระแก้ว	หมายเหตุ
0	6.6489	1.8057	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.00003	6.5349	1.8349	มีการเคลื่อนย้าย
0.00005	6.4638	1.8614	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

ตารางที่ 4.2.7 ความชุกของโรคติดต่อประชากรแสนคนในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายประชากรระหว่าง
จังหวัดปราจีนบุรีและฉะเชิงเทรา

อัตรา เคลื่อนย้ายถิ่น ระหว่างจังหวัด (m)	ความชุกของโรคใน จังหวัดปราจีนบุรี	ความชุกของโรคใน จังหวัดฉะเชิงเทรา	หมายเหตุ
0	6.6489	5.0339	ไม่มีการเคลื่อนย้าย
0.00003	6.4505	5.1106	มีการเคลื่อนย้าย
0.00005	6.3320	5.2950	เพิ่มการเคลื่อนย้าย

5. สรุปผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโรคคอตีบและโรคหัด สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมการแพร่กระจายของโรคคอตีบ ได้แก่ อัตราการให้วัคซีนซึ่งต้องครอบคลุมการได้รับวัคซีนในกลุ่มเป้าหมาย vaccine wane ต้องน้อยมาก และ vaccine efficacy สูง ช่วงเวลาการให้วัคซีนระหว่างสองเข็มต้องต่อเนื่องกันและควรฉีดวัคซีนซ้ำทุก 10-12 ปี นอกจากนี้ควรมีมาตรการการควบคุมการให้วัคซีนซ้ำในกลุ่มประชากรระหว่างอายุ 20-30 ปี และ 40-50 ปี
2. จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมการแพร่กระจายของโรคหัด พบว่า อัตราการให้วัคซีนซึ่งต้องครอบคลุมการได้รับวัคซีนในกลุ่มเป้าหมาย vaccine wane และ vaccine efficacy มีผลต่อการควบคุมโรค และช่วงเวลาการให้วัคซีนระหว่างสองเข็มต้องต่อเนื่องกันและควรห่างจากเข็มแรกประมาณ 2-4 ปี ดังนั้น เด็กควรได้รับวัคซีนสองเข็มอย่างต่อเนื่องและอายุไม่ควรเกิน 4 ปี นอกจากนี้เพื่อให้การควบคุมโรคมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นควรมีการฉีดกระตุ้นกลุ่มเสี่ยงวัยผู้ใหญ่ที่อาจจะไม่ได้รับวัคซีนอย่างต่อเนื่อง หรือได้รับวัคซีนไม่ครบสองเข็ม
3. จากการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเคลื่อนย้ายของประชากรต่อการแพร่กระจายของโรคคอตีบและโรคหัด พบว่า การเคลื่อนย้ายของประชากรระหว่างพื้นที่ มีผลให้การแพร่กระจายของโรคคอตีบและโรคหัดแผ่ขยายไปตามพื้นที่เร็วขึ้นซึ่งส่งผลต่อการควบคุมของโรค ดังนั้น การอพยพย้ายถิ่นฐานของประชากรโดยเฉพาะแรงงานข้ามชาติมีผลต่อการเพิ่มความชุกของโรคซึ่งส่งผลต่อการควบคุมโรค

5. ความก้าวหน้างานวิจัย

ขณะนี้อยู่ในระหว่างการจัดทำ manuscripts เพื่อตีพิมพ์ในวารสารต่างประเทศ

บรรณานุกรม

1. Liu, H., Xu, H., Yu, J. and Zhu, G., 2005, Stability on coupling SIR epidemic model with vaccination, J. Appl. Math, Vol. 4, pp. 301-319.
2. Greenhalgh, D., 1988, Analytical threshold and stability results on age-structured epidemic model with vaccination, Theor. Popul. Biol., Vol. 33, pp. 266-290.
3. Moghadas, S.M. and Gumel, A.B., 2003, A mathematical study of a model for childhood diseases with non-permanent immunity, J. Comput. Appl. Math, Vol. 157, No. 2, pp. 347-363.
4. Hethcote, H.W., 1998, Oscillation in an endemic model for pertussis, Canadian Appl. Math. Quart., Vol. 6, pp. 61-88.
5. Hethcote, H.W., 2000, The mathematics of infectious diseases, SIAM Rev., Vol. 42, pp. 599-653.
6. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2558, “การประเมินประสิทธิผลโครงการเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีในโอกาสครบ 5 รอบ วันที่ 2 เมษายน 2558 : โครงการรณรงค์ให้วัคซีนคอตีบ-บาดทะยัก สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดสระบุรี ปีงบประมาณ 2558, กลุ่มแผนงานและประเมินผล สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดสระบุรี
7. กองแผนงาน กรมควบคุมโรค, กรอบแผนปฏิบัติการเชิงยุทธศาสตร์ กรมควบคุมโรค ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560, [Online], Available:<http://plan.ddc.moph.go.th> [2016, January 31].
8. Denphedtnong, A., Chinviriyasit, S., and Chinviriyasit, W., 2013, On the dynamics of SEIRS epidemic model with transport-related infection, Math. Bios., Vol. 245, pp. 188–205.
9. National Statistical Office, Thailand [Online]
Available: <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries01.html> [2016, May 5].
10. Centers for Disease Control and Prevention, 2015, Diphtheria [Online],
Available:<http://www.cdc.gov/vaccines/pubs/pinkbook/downloads/dip.pdf> [2016, January 10].
11. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, MoPH, Thailand., 2013, Diphtheria [Online], Available: <http://www.boe.moph.go.th/getFile.php?fid=358> [2016, January 1].
12. The world bank, 2016, Life Expectancy at Birth, Total (Years) [Online], Available,
<http://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN?locations=TH> [2016, May 12].
13. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, MoPH, Thailand., 2013, Diphtheria [Online], <http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=23> [2016, January 16].
14. Van Den Driessche, P. and Watmough, J., 2002, “Reproductive Numbers and Sub-Threshold Endemic Equilibria for Compartmental Models of Disease Transmission”, Math.Bios., Vol. 180, pp. 29-48.

15. Anderson, R.M. and May, R.M., 1991, *Infectious Disease of Humans: Dynamics and Control*. Oxford University Press, New York.
16. Xu, R., Wang, Z., Zhang, F., 2015, Global stability and Hopf bifurcations of an SEIR epidemiological model with logistic growth and time delay. *Appl. Math. Comput.*, Vol. 269, pp. 332-342.
17. Alexander, M.E., Moghadas, S.M., Rohani, P. and Summers, A.R., 2005, Modelling the effect of a booster vaccination on disease epidemiology, *J. Math. Biol.*, (DOI): 10.1007/s00285-005-0356-0.
18. Weia, H., Jiangb, Y. , Songb, X., Sua, G.H. , Qiua, S.Z., 2009, Global attractivity and permanence of a SVEIR epidemic model with pulse vaccination and time delay, *J. Comp. Appl. Math.*, Vol. 229, pp. 302–312.
19. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, MoPH, Thailand., 2013, Measle[Online], Available:
<http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?dcontent=old&ds=21> [2016, May 1].
20. National Statistical Office, Thailand [Online] Available: <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries01.html> [2016, May 5].
21. Ministry of Labour, Thailand [Online] Available: http://www.mol.go.th/academician/content/Reportstatic_labour [2017, February 2].
22. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, MoPH, Thailand [Online], Available:
<http://203.157.15.110/boe/viewnews.php?nid=MU5FV1MwMDE0Nw==&gid=NQ==&title=4LmA4Lij4Li34Lml4Lit4LiH4LmA4LiU4Lml4LiZ> [2017, February 2].
23. Bureau of Emerging Infectious Disease, Department of Disease Control, MoPH, Thailand [Online], Available: <http://www.bmadcd.go.th/Website%20bmadcd/home/documents/สถานการณ์โรค/โรคคอตีบ/แนวทางดำเนินการโครงการรณรงค์ฉีดวัคซีนโรคคอตีบ%202559.pdf> [2017, February 2].
24. Bureau of General Communicable Disease Department of Disease Contral, MOPH, Thailand [Online], Available:
http://thaigcd.ddc.moph.go.th/uploads/file/yut_report/58_GCD.pdf [2017, February 2].
25. Bureau of General Communicable Disease Department of Disease Contral, MOPH, Thailand [Online], Available: <http://thaigcd.ddc.moph.go.th/knownledges/view/196> [2017, February 4].
26. Bureau of General Communicable Disease Department of Disease Contral, MOPH, Thailand [Online], Available:

http://203.157.229.18/cdc/files/news/f01_20130920140916_93010000.pdf [2017, February 3].

27. Bureau of Epidemiology, Department of Disease Control, MoPH, Thailand [Online], Available : http://www.boe.moph.go.th/files/news/20140403_72268849.pdf [2016, May 2].
28. Bureau of General Communicable Disease Department of Disease Control, MOPH, Thailand [Online], Available : <http://thaigcd.ddc.moph.go.th/knownledges/view/206> [2016, May 2].
29. Ministry of information and communication technology, Thailand [Online], Available : <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries01.html> [2016, May 2].
30. Asean information center, Thailand, [Online] Available : http://www.asean thai.net/ewt_news.php?nid=4393&filename=index [2017, February 1].

วัตถุประสงค์ที่ 5

To use mathematical models to evaluate the spatial dimension of vaccine preventable disease spread among migrants and the Thai population

รายงานผลการดำเนินงานฉบับสมบูรณ์

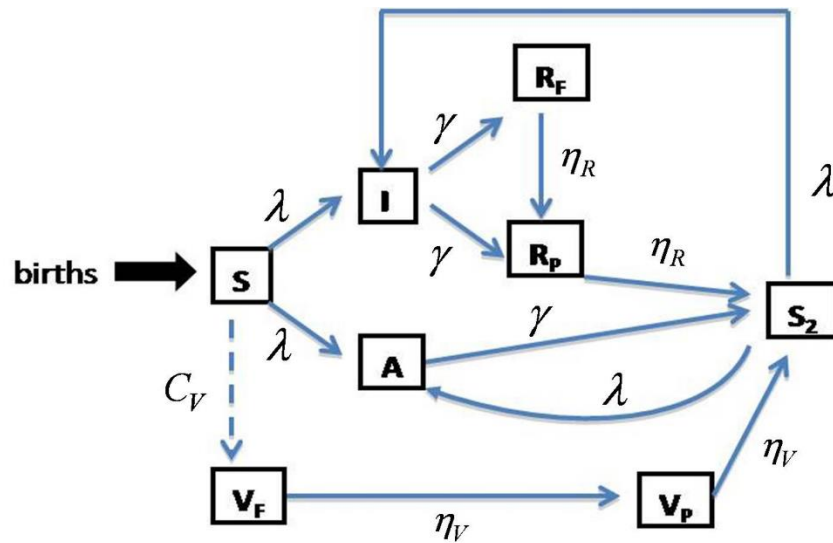
วัตถุประสงค์ที่ 5

โครงการ “การเกิดซ้ำของโรคที่สามารถป้องกันด้วยวัคซีนในประเทศไทย:กรณีศึกษาของ โรคคอตีบ
โรคหัด โรคหัดเยอรมัน และโรคไวรัสตับอักเสบบี

โดย รศ.ดร. วรณพงษ์ เตรียมโพธิ์ และ ผศ.ดร. ชรินทร์ โหมดขัง

+++++

แบบจำลองการระบาดของโรคคอตีบในประเทศไทย



รูปที่ M1 แบบจำลองของการระบาดของโรคคอตีบ

ในส่วน of แบบจำลองการระบาดของโรคคอตีบ เราได้แบ่งประชากรออกเป็น 8 กลุ่ม ตามความสามารถในการติดหรือแพร่เชื้อ ดังนี้ 1. คนกลุ่ม S เป็นกลุ่มคนที่ไม่เคยได้รับเชื้อมาก่อน 2. คนกลุ่ม I คือคนที่สามารถแพร่เชื้อได้และแสดงอาการ 3. คนกลุ่ม A คือคนที่สามารถแพร่เชื้อได้แต่ไม่แสดงอาการของโรค 4. คนกลุ่ม R_F คือคนที่หายจากการป่วยและมีภูมิต้านทานโรค 5. คนกลุ่ม R_P คือคนที่หายจากการป่วยและมีภูมิต้านทานโรคแค่บางส่วน 6. คนกลุ่ม V_F คือคนที่ได้รับวัคซีนและมีภูมิต้านทานต่อโรค 7. คนกลุ่ม V_P คือคนที่ได้รับวัคซีนและมีภูมิต้านทานต่อโรคแค่บางส่วน และ 8. คนกลุ่ม S₂ คือคนที่เคยป่วยหรือเคยได้รับวัคซีนแต่ไม่มีภูมิต้านทานต่อโรคแล้ว คนกลุ่มนี้สามารถป่วยได้อีก ซึ่งจากแผนภาพในรูปที่ M1 เราสามารถใช้ law of mass action เพื่อแปลงเป็นระบบสมการได้ดังนี้

$$\frac{dS_i}{dt} = -\lambda_i S_i - \mu S_i + (1 - C_V)\mu$$

$$\frac{dI_i}{dt} = C_I \lambda_i + C_{I2} \lambda_i S_{2,i} - \gamma I_i - \mu I_i$$

$$\frac{dA_i}{dt} = C_A \lambda_i S_i + C_{A2} \lambda_i S_{2,i} - \gamma A_i - \mu A_i$$

$$\frac{dR_{F,i}}{dt} = C_F \gamma I_i - \eta_R R_{F,i} - \mu R_{F,i}$$

$$\frac{dR_{P,i}}{dt} = C_P \gamma I_i + \eta_R R_{F,i} - \eta_R R_{P,i} - \mu R_{P,i}$$

$$\frac{dS_{2,i}}{dt} = \eta_R R_{P,i} + \gamma A_i + \eta_V V_{P,i} - \lambda_i S_{2,i} - \mu S_{2,i}$$

$$\frac{dV_{F,i}}{dt} = \eta_V S_i - \eta_V V_{F,i} - \mu V_{F,i} + \mu C_V$$

$$\frac{dV_{P,i}}{dt} = \eta_V V_{F,i} - \eta_V V_{P,i} - \mu V_{P,i},$$

โดยค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ ถูกสรุปไว้ในตารางที่ 1

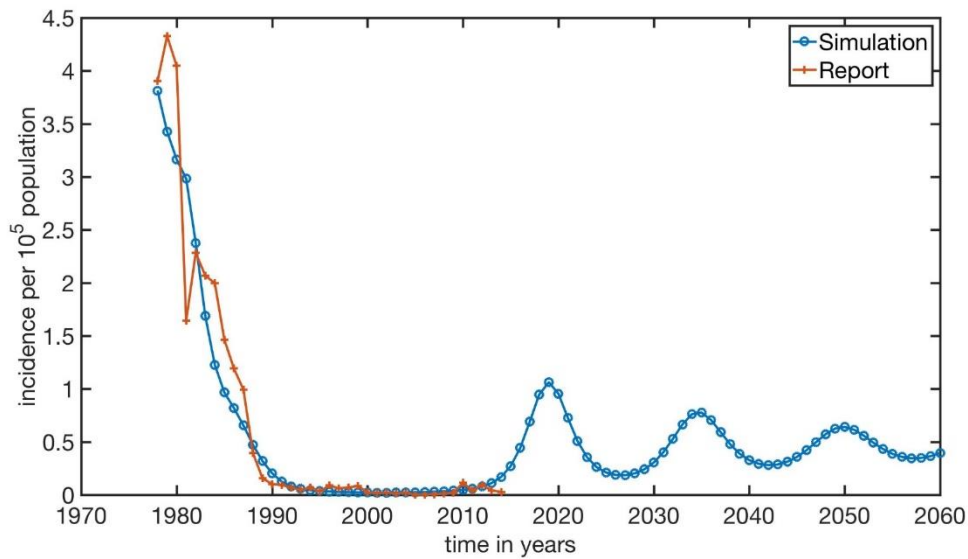
Parameters	Values
Basic reproduction number (R_0)	6.5
Fraction of asymptomatic state from primary infection (C_A)	0.8
Fraction of symptomatic state from primary infection (C_I)	0.2
Fraction of asymptomatic state from secondary infection (C_{A2})	0.8
Fraction of symptomatic state from secondary infection (C_{I2})	0.2
Fraction of being protected by full natural immune (C_F)	0.9
Fraction of being protected by partial natural immune (C_P)	0.1
Fraction of infants who receive diphtheria antitoxin at birth (C_V)	Varied with time
Rate of recovery from infection (γ)	$1/14 \text{ day}^{-1}$
Rate of vaccinated immune loss (η_V)	$1/(15 \times 365) \text{ IU day}^{-1}$
Rate of natural immune loss (η_R)	$1/(15 \times 365) \text{ IU day}^{-1}$
The average reduction in transmissibility of $A(\alpha)$	0.1
The average reduction in transmissibility of R_F and $R_P(\epsilon)$	10^{-6}
The characteristic length constant (r_0)	115 km

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง

เราสามารถแก้ระบบสมการเหล่านี้ได้โดยใช้วิธี finite different method และเขียนโปรแกรมเพื่อแก้สมการโดยใช้ภาษา MATLAB (สำหรับรายละเอียดของแบบจำลอง และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลองทั้งหมดสามารถดูได้จากเอกสารแนบ ซึ่งขณะนี้อยู่ระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์)

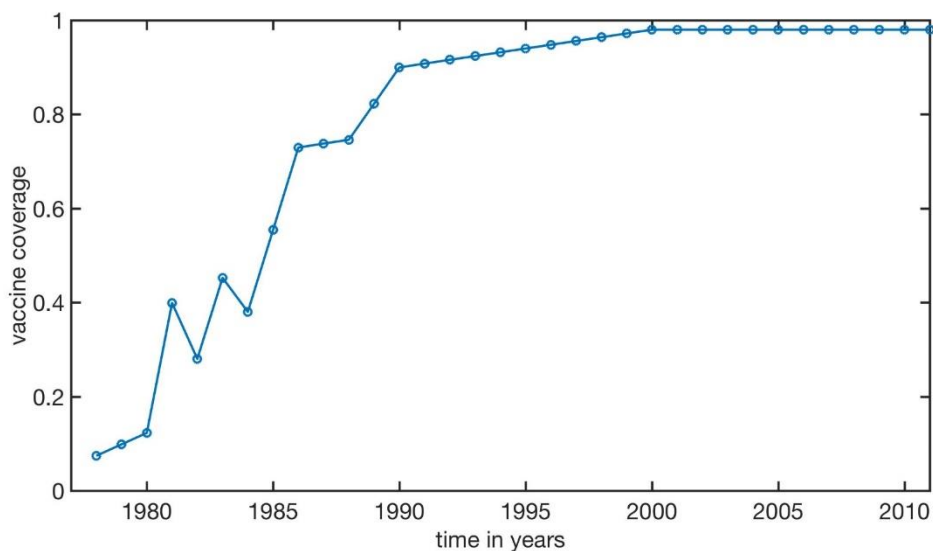
ผลการทดลอง

1. กรณีไม่มีการฉีดวัคซีนกระตุ้น (No booster dose)



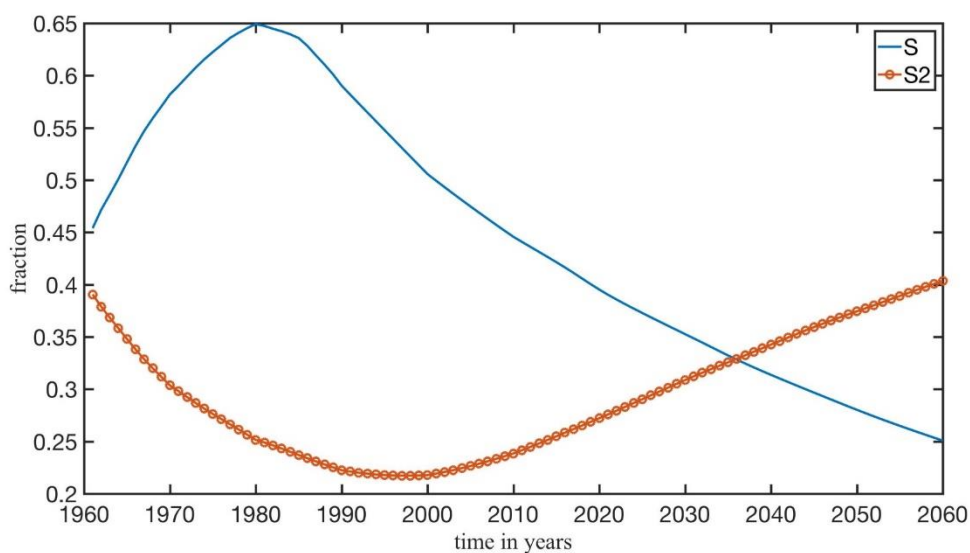
รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยสะสมต่อปี จากรายงาน 506 ของสำนักโรคติดต่ออันตราย กรมควบคุมโรค กับ จำนวนผู้ป่วยที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปที่ 1 จำนวนผู้ป่วยสะสมต่อปีตามรายงานมีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 เนื่องจากประเทศไทยเริ่มมีการให้วัคซีนป้องกันโรคคอตีบ บาดทะยัก และไอกรน (Diphtheria-Tetanus-Pertussis, DTP) แก่ทารกแรกเกิดตามโครงการขององค์การอนามัยโลกนับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 อัตราการได้รับวัคซีน (vaccine coverage) ของประเทศไทยก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 อัตราการได้รับวัคซีน DTP 3 dose แรก (DTP3) สำหรับทารกของประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1978 - 2010

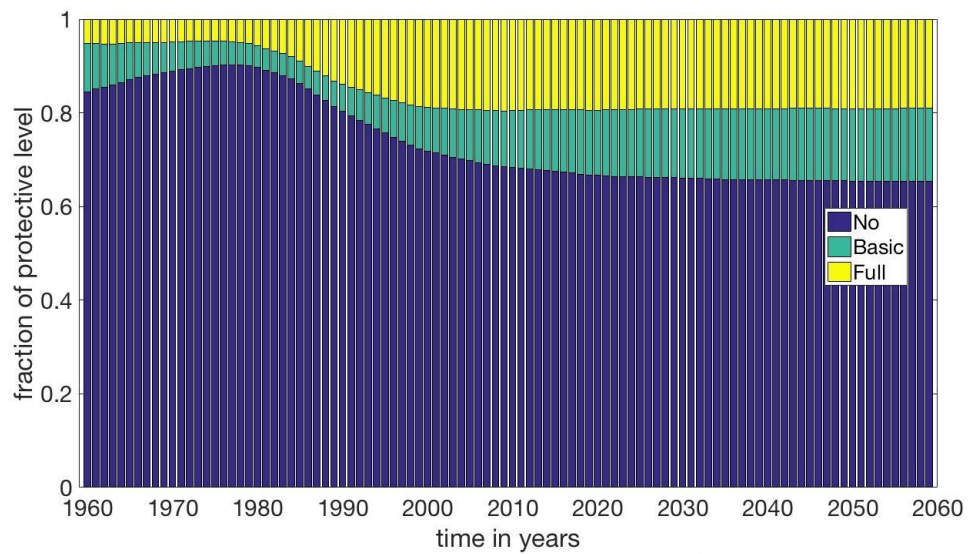
จนอยู่ในระดับมากกว่า 98% นับตั้งแต่ปีค.ศ. 2000 เป็นต้นมา ซึ่งส่งผลให้จำนวนผู้ป่วยโรคคอตีบลดลงอย่างรวดเร็วจากราว 4.4 คน ต่อ ประชากร 100,000 คน มาอยู่ที่ราว 0.01 – 0.05 คน ต่อ ประชากร 100,000 คน ในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการรายงานผู้ป่วยโรคคอตีบอยู่แทบทุกปี และในบางปีมีการระบาด (outbreak) เกิดขึ้นเช่นในปี ค.ศ. 2012 มีจำนวนผู้ป่วยที่ยืนยัน 41 ราย ยังไม่ยืนยัน 6 ราย และเป็นพาหะ 101 รายจึงเกิดคำถามว่าเหตุใดการระบาดของโรคคอตีบจึงยังเกิดขึ้นเป็นประจำในประเทศไทยทั้งที่อัตราการให้วัคซีน DTP แก่ทารกยังอยู่ในระดับที่สูงทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาหาสาเหตุของการระบาด และหาวิธีป้องกันการระบาดของโรคคอตีบในประเทศไทย จากรูปที่ 1 จะเห็นว่าแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถสร้างจำนวนผู้ป่วยสะสมต่อปีได้ใกล้เคียงกับจำนวนผู้ป่วยในรายงาน 506 จึงมีเหตุให้น่าเชื่อถือได้ว่าแบบจำลองมีความถูกต้องในระดับหนึ่งอนึ่งแบบจำลองไม่ได้ทำนายการระบาดในปีค.ศ.1999 และ 2000 อาจเนื่องมาจากการเป็นารระบาดเล็ก แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองได้มีการทำนายการระบาดใหญ่ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นระยะๆ เช่นในปี ค.ศ.2020, 2035 และ 2050โดยในการทำนายการระบาดในอนาคต นั้นได้มีการสมมติให้อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรไทยและอัตราการให้วัคซีนเป็นอัตราเดียวกับปีค.ศ.2010 สำหรับรายละเอียดของแบบจำลองนั้นสามารถดูได้จากเอกสารแนบท้าย ซึ่งอยู่ระหว่างขั้นตอนการตีพิมพ์ โดยที่ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองบางตัวได้ใช้ค่าที่เป็นที่ทราบแน่นอน เช่น ระยะการฟักตัว ระยะแพร่เชื้อ อัตราการเกิด อัตราการตาย และอัตราการให้วัคซีน แต่บางพารามิเตอร์ก็ยังไม่ทราบค่าที่แน่นอน เช่น ระยะเวลาการคงอยู่ของ antibody อันเนื่องมาจากการติดเชื้อ (infective-induced antibody) และantibody อันเนื่องมาจากการได้รับวัคซีน (vaccine-induced antibody)คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเลือกค่าที่ทำให้ผลการจำลองออกมาตรงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด



รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนของผู้ที่ไม่มีภูมิคุ้มกันเนื่องมาจากไม่เคยได้รับวัคซีน และไม่เคยป่วย (S) และผู้ที่ไม่ได้มีภูมิคุ้มกันเนื่องมาจากภูมิคุ้มกันได้หายไป (S₂)

รูปที่ 3 ได้แสดงให้เห็นว่าแม้ S จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากการให้วัคซีนที่ครอบคลุม แต่ S₂ กลับมีจำนวนเพิ่มขึ้นหลังจากปี ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การระบาดยังคงมีอยู่ ดังนั้นหากต้องการ

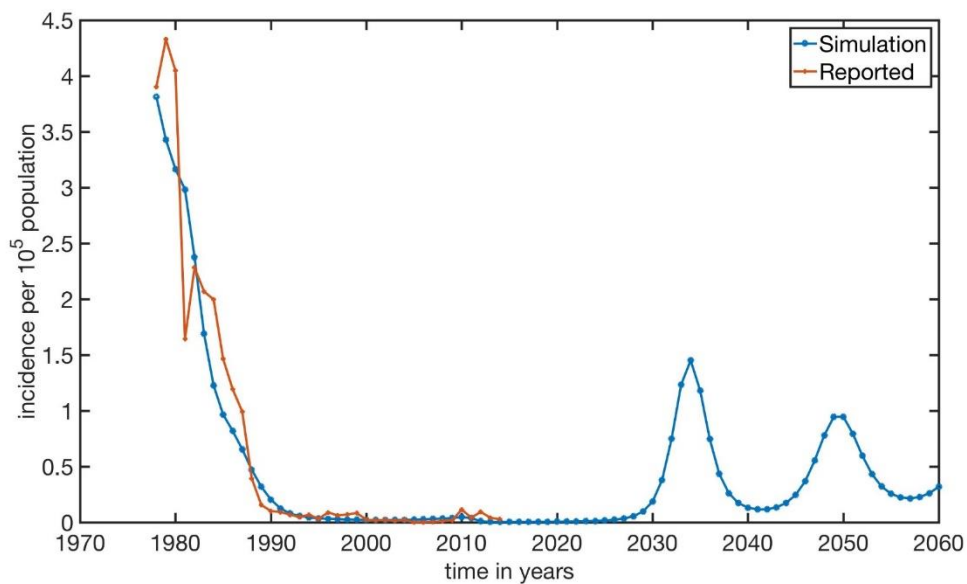
การจัดการระบาดของโรค เราควรต้องลดจำนวนของ S_2 ลงด้วยการให้วัคซีนกระตุ้น Tatanus-Diphtheria Toxoid (Td) แก่คนกลุ่มนี้



รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน ดังนี้ $No = S + S_2$, $Basic = V_p + R_p$ และ $Full = V_F + R_F$

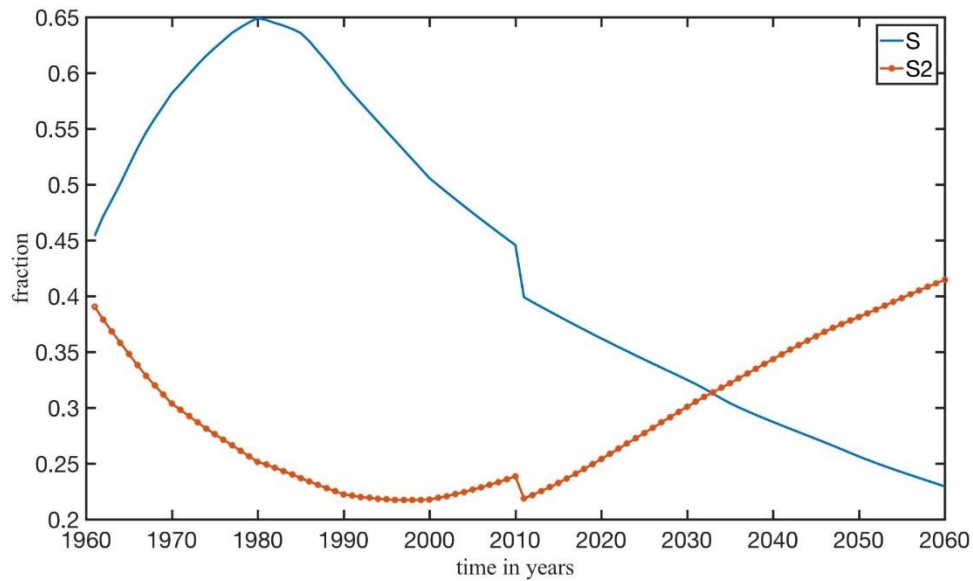
2. กรณีฉีดวัคซีนกระตุ้นครั้งเดียว

จากที่แบบจำลองได้ทำนายถึงการระบาดใหญ่ที่อาจจะเกิดในอนาคต อันเนื่องมาจากการที่มี S_2 เป็นจำนวนมาก ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุดคือการฉีดวัคซีนกระตุ้นให้กับคนกลุ่มนี้ แต่ในทางปฏิบัติการฉีดวัคซีนโดยเฉพาะเจาะจงให้กับคนกลุ่มนี้กลับทำได้ยาก เนื่องจากต้องมีการสืบประวัติของการได้รับวัคซีน หรือการป่วยด้วยโรคคอตีบ และต้องมีการตรวจระดับ antibody ด้วย เพื่อให้แน่ใจว่าคนนั้นจัดอยู่ในกลุ่ม S_2 จริงๆ อีกวิธีหนึ่งก็คือฉีดโดยสุ่ม ซึ่งเท่ากับการฉีดให้กับคนทุกกลุ่มโดยวิธีการนี้จะดำเนินงานง่ายกว่าในทางปฏิบัติ ในหัวข้อนี้คณะผู้วิจัยได้ทดลองการฉีดวัคซีนเพียงครั้งเดียวในปี ค.ศ. 2010 ให้กับกลุ่ม R_p , V_p , S , และ S_2 ผลการทดลองเป็นดังรูปที่ 5

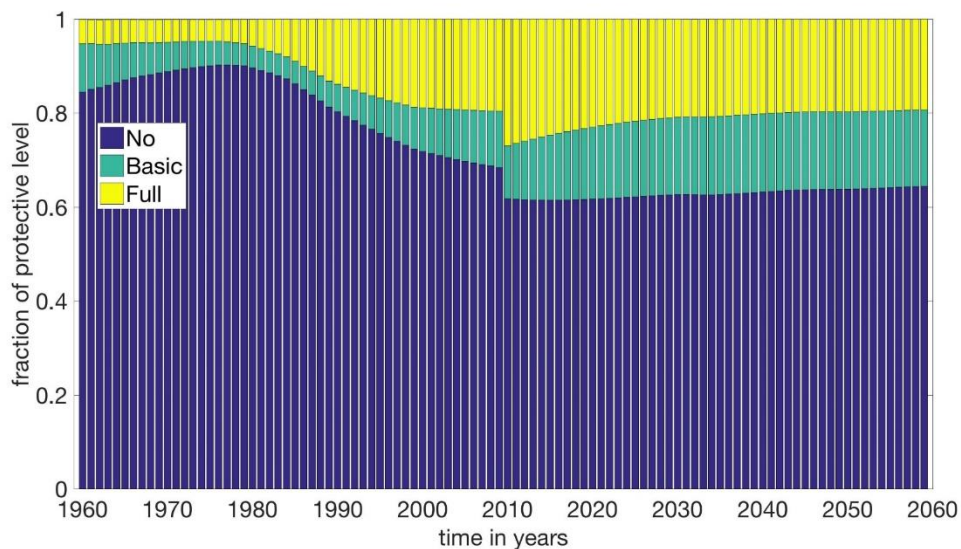


รูปที่ 5 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนเพียงครั้งเดียวในปี ค.ศ. 2010 ด้วยอัตรา $\omega_b = 1/(10 \times 365) \text{ day}^{-1}$ เป็นเวลา 1 ปี หรือเทียบเท่ากับฉีดให้ประชากรจำนวน 4.9 ล้านคน ซึ่งหากคำนวณเป็นงบประมาณจะได้ว่า ถ้าให้วัคซีน Td 1 dose มีราคา 13.2\$ (อ้างอิงจาก www.cdc.gov/vaccine/) และอัตราแลกเปลี่ยน 1\$ = 35 บาท จะต้องใช้งบประมาณเท่ากับ 2,285 ล้านบาท

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่า การระบาดจากการทำนายในปี ค.ศ. 2020 นั้นถูกเลื่อนออกไปโดยการระบาดในกรณีนี้ จะเริ่มเกิดขึ้นอีกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2030 โดยมีสาเหตุมาจากจำนวน S และ S_2 ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 6



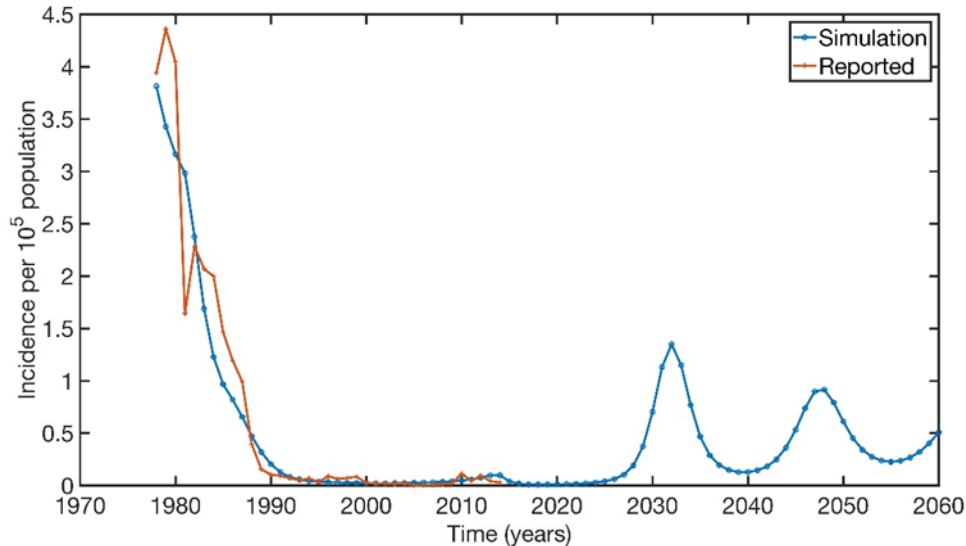
รูปที่ 6 แสดงสัดส่วนของ S และ S₂ กรณีมีการฉีดวัคซีนเริ่มต้นในปี ค.ศ. 2010



รูปที่ 7 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน จะเห็นว่าในปี ค.ศ. 2010 ที่มีการฉีดวัคซีน ทำให้สัดส่วนผู้ที่มีภูมิคุ้มกันสมบูรณ์ (Full) มีมากขึ้น ในขณะที่ผู้ที่ไม่ภูมิคุ้มกัน (No) มีจำนวนลดลง

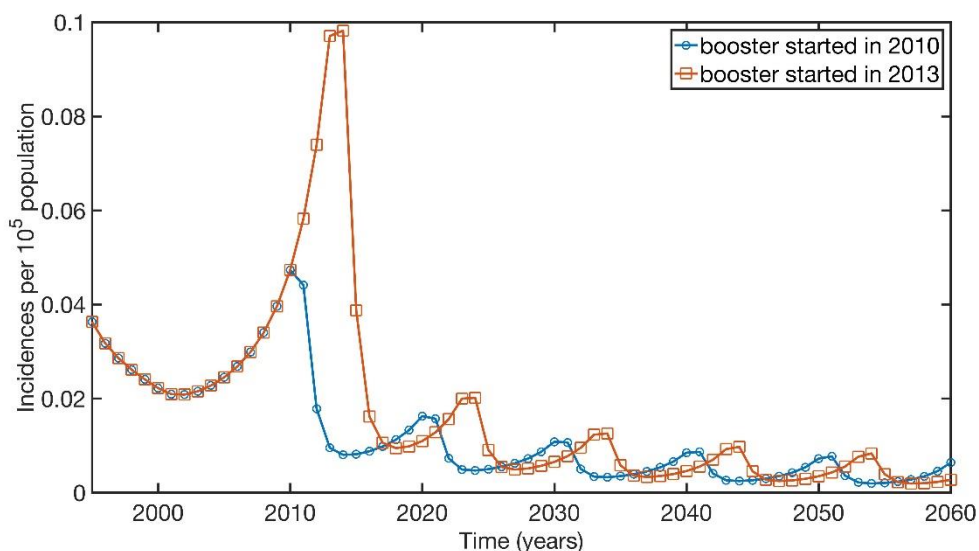
จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าแม้ที่มีภูมิคุ้มกันสมบูรณ์จะมีมากขึ้นแต่หลังจากนั้นก็จะมีจำนวนลดลงเนื่องจากระดับภูมิคุ้มกันลดลงตามเวลาจนกลายเป็นผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบางส่วน (Basic)

นอกจากนั้น เรายังได้ทดลองจำลองสถานการณ์ว่าถ้าเราเริ่มฉีดวัคซีนช้ากว่าเดิม 3 ปี กล่าวคือ ฉีดวัคซีนในปี 2013 ผลการพยากรณ์แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนเพียงครั้งเดียวในปี ค.ศ. 2013

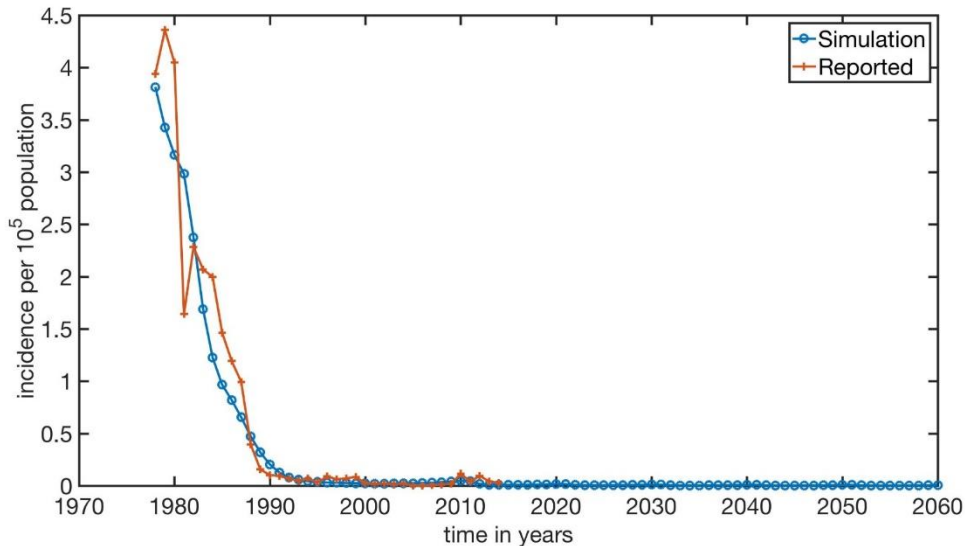
เมื่อเราเปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยที่แสดงอาการ (Incidence) รายปี ต่อ จำนวนประชากรแสนคนในกรณีเริ่มที่ฉีดวัคซีนกระตุ้น (booster dose) ในปี 2010 และ 2013 เราพบว่าเริ่มฉีดวัคซีนกระตุ้นในปี 2013 แทนที่จะเป็นปี 2010 จะทำให้การระบาดครั้งถัดมา มีจำนวนผู้ป่วยแสดงอาการมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 9 จากผลการพยากรณ์จากแบบจำลองเราสามารถสรุปได้ว่า เราควรเริ่มฉีดวัคซีนกระตุ้นให้เร็วที่สุด เมื่อเราตรวจพบว่าเริ่มมีการระบาดใหญ่ (ในที่นี้คือปี 2010) จะทำให้เราลดจำนวนผู้ป่วยได้มากที่สุด



รูปที่ 9 เปรียบเทียบจำนวนผู้ป่วยที่แสดงอาการรายปีสำหรับกรณีที่ฉีดวัคซีนกระตุ้น (booster dose) ในปี 2010 และ 2013

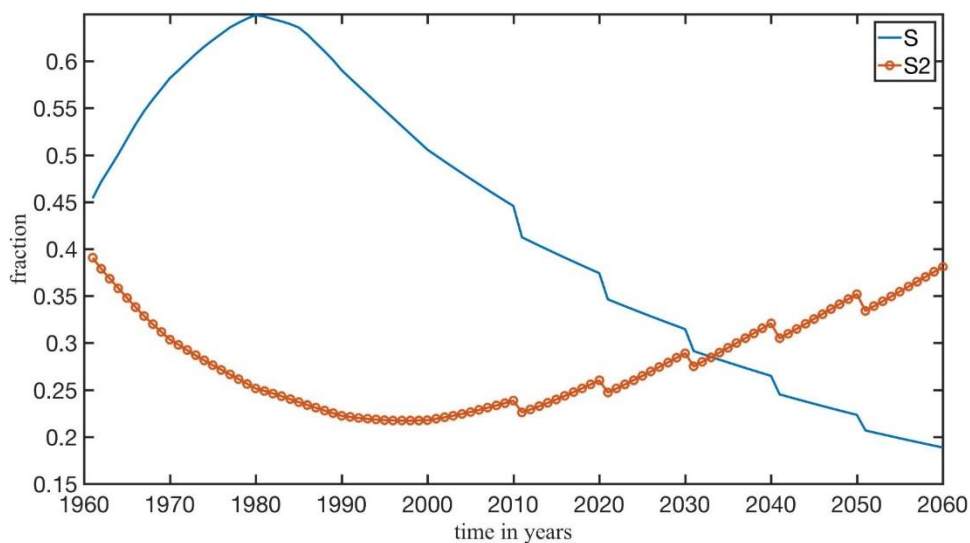
3. กรณีฉีดวัคซีนกระตุ้นทุกๆ 10 ปี

จากแบบจำลองข้างต้นพบว่าหากฉีดวัคซีนกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ก็จะไม่เพียงพอที่จะกำจัดการระบาดของโรคได้ องค์การอนามัยโลกได้ให้คำแนะนำว่าควรมีการฉีดวัคซีน Td กระตุ้นทุกๆ 10 ปี เพื่อป้องกันการระบาด ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้จำลองการฉีดวัคซีนกระตุ้นทุกๆ 10 ปี ผลที่ได้เป็น รูปที่ 8 9 และ 10

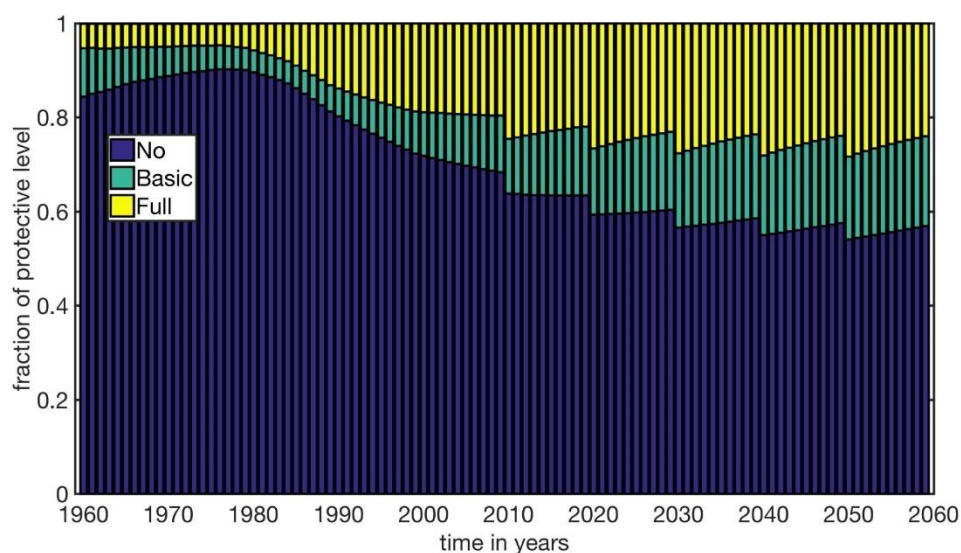


รูปที่ 10 แสดงการจำลองจำนวนผู้ป่วยต่อปี โดยให้มีการฉีดวัคซีนทุกๆ 10 ปี โดยเริ่มในปี ค.ศ. 2010 ด้วยอัตรา $\omega_b = 1/(15 \times 365) \text{ day}^{-1}$ โดยใช้เวลาในการฉีดคราวละ 1 ปี หรือเทียบเท่ากับฉีดให้ประชากรจำนวน 3.35 (2010), 3.38 (2020), 3.45 (2030), 3.56 (2040), 3.68 (2050) ล้านคน ซึ่งหากคำนวณเป็นงบประมาณจะได้ว่า ถ้าให้วัคซีน Td 1 dose มีราคา 13.2\$ (อ้างอิงจาก www.cdc.gov/vaccine/) และอัตราแลกเปลี่ยน 1\$ = 35 บาท จะต้องใช้งบประมาณ 8,048 ล้านบาท ในเวลา 50 ปี (2010-2060)

จากรูปที่ 8 พบว่าการฉีดวัคซีนให้กับกลุ่ม R_p , V_p , S , และ S_2 ทุกๆ 10 ปี ด้วยอัตรา $\omega_b = 1/(15 \times 365) \text{ day}^{-1}$ สามารถป้องกันการระบาดใหญ่ได้สอดคล้องกับคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก



รูปที่ 11 แสดงสัดส่วนของ S และ S_2 กรณีมีการฉีดวัคซีนกระตุ้นทุกๆ 10 ปี โดยเริ่มในปี 2010 จะเห็นว่าจำนวน S และ S_2 มีการลดลงเป็นระยะๆ เมื่อมีการฉีดวัคซีน



รูปที่ 12 แสดงสัดส่วนของประชากรโดยแบ่งตามระดับภูมิคุ้มกัน

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในแบบจำลองนี้ เรากำหนดให้ว่า ทุกคนที่ได้รับการกระตุ้นด้วยวัคซีนจะมีภูมิคุ้มกันแบบ full protection ในทันที แต่ในสถานการณ์จริงอาจจะมีบางคนที่ไม่กระตุ้น หรืออาจจะขึ้นไปแค่ partial protection ดังนั้น ตัวเลขจำนวน booster dose ที่จำเป็นต้องใช้ในสถานการณ์จริงอาจจะสูงกว่าตัวเลขที่ได้จากการพยากรณ์จากแบบจำลองก็ได้

1 **Mathematical Modeling of Diphtheria Transmission**

2 **in Thailand**

3 Kan Sornbundit^a, Wannapong Triampo^b, and Charin Modchang^{b,c,*}

5 *^aFaculty of Science, Energy and Environment, King Mongkut's University of*

6 *Technology North Bangkok, Rayong campus, Rayong, 21120, Thailand*

7 *^bBiophysics group, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University,*
8 *Bangkok, 10400 Thailand*

9 *^c Centre of Excellence in Mathematics, CHE, 328, Si Ayutthaya Road, Bangkok*
10 *10400, Thailand*

12 * Corresponding author. Biophysics group, Department of Physics, Faculty of
13 Science, Mahidol University, Bangkok, 10400 Thailand.

14 Fax: +66 2354 7159

15 E-mail address: charin.mod@mahidol.edu (C. Modchang).

Abstract

Thailand has regularly experienced small outbreaks of diphtheria over the last 20 years, despite high vaccine coverage. To eradicate diphtheria in Thailand, an increased understanding of diphtheria transmission dynamics is needed. In this work, we propose a mathematical model for investigating diphtheria transmission in Thailand. The epidemiological states in our model are divided into 8 classes: susceptible, symptomatic infectious, asymptomatic infectious, full natural-acquired immune, partial natural-acquired immune, full vaccine-induced immune, and partial vaccine-induced immune. The populations in all classes varied with Thailand's growth rate. The values of most of the parameters were derived from Thailand's circumstances. However, some values were chosen in a way that matched the reported data. The simulation results for the number of incidences per 100,000 individuals agree well with the number of reported cases obtained from the ministry of public health. Our results also predict a possibility of outbreak in the future due to waning immunity. Therefore, our work supports the important of having vaccine booster doses.

1. Introduction

Diphtheria is an acute, toxin-mediated disease caused by the bacterium *Corynebacterium diphtheria* (1). Transmission between persons is caused by the spread of the bacteria from the respiratory tract of infected individuals (1). Diphtheria was a major disease worldwide due to its high morbidity and mortality rates, especially in person younger than 5 and older than 40 years, with a mortality rate of up to 20% (1). However, diphtheria can be prevented using toxoid. At present, diphtheria toxoid is usually packaged with the tetanus and pertussis vaccines and is

known as DTP, which is a primary vaccine course for infants (1). After the expanded program on immunization (EPI) was launched by the World Health Organization (WHO) in 1974, the incidence of diphtheria reported worldwide has declined from 2 per 100,000 individuals in 1974 to approximately 0.2 per 100,000 individuals in 2012.

Even in the post-vaccine era, diphtheria outbreaks have still been reported in some countries, such as the former Russian federations and developing countries, including Thailand (2, 3). Very recently, in 2015, the first outbreak in 28 years was reported in Spain (4). Many of the incidences that occur in this era are teenage and middle-aged adults, who had been given vaccination at births (5). This raises questions on how long the vaccine against diphtheria confers protection and how often individuals need to receive the diphtheria toxoid.

In Thailand, diphtheria was also one of major diseases, with approximately 5.0 of incidences per 100,000 individuals in 1971 (3, 6). The EPI in Thailand was started in 1977 and resulted in the decline of confirmed cases to below 0.05 cases per 100,000 individuals at present. Despite the high childhood of DTP coverage, which has been higher than 90% since 2000, sporadic outbreaks of diphtheria have been reported repeatedly in Thailand for the last 20 years (3). The most recent outbreak occurred in 2012, with 41 confirmed cases (7). To eradicate outbreaks, the ministry of public health of Thailand announced a mass diphtheria vaccination program for adults aged 20 to 50 years, which corresponds to approximately 40% of the population. At present, the WHO recommends a booster vaccine every 10 years after the completion of the primary dose (the first three doses, DTP3) (1). However, a booster is not commonly carried out in most of Thailand.

One way to understand the epidemiology of diphtheria is to construct a mathematical model that explains its transmission dynamics. This method is common

for many diseases, such as pertussis (8). Unfortunately, mathematical modeling for diphtheria has been lacking.

In this work, we propose a model for explaining the diphtheria transmission dynamics in Thailand. The aims of the model are (i) to reproduce diphtheria cases reported by the bureau of epidemiology, ministry of public health, and (ii) to predict the diphtheria outbreak patterns that might occur in the near future.

2. Material and Methods

2.1 Disease characteristics

The toxigenic bacterium produces a toxin that inhibits cellular protein synthesis and causes local tissue damage and pseudomembrane formation (1). The basic reproduction number, which can be considered the number of cases that one infectious subject can generate in an uninfected population, is approximately 6-7 (9). The incubation period is 2-5 days and ranges from 1-10 days. The disease usually persists for 2-4 weeks (1).

2.2 The compartmental model for diphtheria transmission and vaccination

The scheme of the model is presented in **Fig. 1**. In this model, the epidemiological states are divided into 8 classes: susceptible (S , and S_2), symptomatic infectious (I), asymptomatic infectious (A), full natural-acquired immune (R_F), partial natural-acquired immune (R_P), full vaccine-induced immune (V_F), and partial vaccine-induced immune (V_P).

Fig. 1 Schematic diagram of the model structure. The possible pathways in the model are represented by solid lines. The dotted line (from S to V_F) represents the vaccinated pathway. Newborns are in the susceptible class S unless they receive vaccination. The outflows of population (deaths) in any compartments are not shown.

According to the international classification for diphtheria antitoxin level, an antitoxin titer $> 0.1 \text{ IU mL}^{-1}$ is considered to be a full protective level, $0.01 \text{ IU mL}^{-1} < \text{antitoxin titer} < 0.1 \text{ IU mL}^{-1}$ is a partial protective level, and antitoxin titer $< 0.01 \text{ IU mL}^{-1}$ is unprotected (10). Susceptible state refers to an individual who has an antitoxin titer lower than 0.01 IU mL^{-1} . In this model, an individual can be a susceptible S because he/she has never been given the vaccine or natural-induced antitoxin by infection. It is known that the vaccine-induced antitoxin levels wane over time (6, 10–12). Thus, we defined another susceptible class, S_2 , for an individual who lost the full protective level of the antitoxin. Individuals in S and S_2 can be infected by individuals who are in infectious states. For diphtheria, an infectious population may or may not be symptomatic. Therefore, we divided infectious states into the symptomatic infectious state, I , and the asymptomatic infectious state, A . After the contagious state, any individual will develop antitoxin, which is called naturally acquired antitoxin. Thus, another two recovered states must be defined in our model. An individual who recovered with a full or partial level of antitoxin is denoted as R_F or R_P , respectively. Since the EPI program in Thailand was launched in 1976, the incidence of diphtheria has been decreasing dramatically (1), as infants that were born since then have been given vaccine. Individuals with antitoxins that are developed in this way are classified as having vaccine-induced antitoxins. Infants who completed the primary vaccinated

program (3 doses of DTP) are, in the model, denoted by V_F . The partial protective level, due to vaccine waning, of vaccine-induced antitoxins is defined in the model and is denoted as V_P .

The numbers of individuals in each epidemiological state are described by the following set of equations:

$$\frac{dS_i}{dt} = -\lambda_i S_i - \mu S_i + (1 - C_V)\mu$$

$$\frac{dI_i}{dt} = C_I \lambda_i + C_{I2} \lambda_i S_{2,i} - \gamma I_i - \mu I_i$$

$$\frac{dA_i}{dt} = C_A \lambda_i S_i + C_{A2} \lambda_i S_{2,i} - \gamma A_i - \mu A_i$$

$$\frac{dR_{F,i}}{dt} = C_F \gamma I_i - \eta_R R_{F,i} - \mu R_{F,i}$$

$$\frac{dR_{P,i}}{dt} = C_P \gamma I_i + \eta_R R_{F,i} - \eta_R R_{P,i} - \mu R_{P,i}$$

$$\frac{dS_{2,i}}{dt} = \eta_R R_{P,i} + \gamma A_i + \eta_V V_{P,i} - \lambda_i S_{2,i} - \mu S_{2,i}$$

$$\frac{dV_{F,i}}{dt} = \eta_V S_i - \eta_V V_{F,i} - \mu V_{F,i} + \mu C_V$$

$$\frac{dV_{P,i}}{dt} = \eta_V V_{F,i} - \eta_V V_{P,i} - \mu V_{P,i},$$

where i ($1 \leq i \leq 77$) indicates the i^{th} province in Thailand. The descriptions and values of all parameters used in the models are shown in **Table 1**.

Table 1 Epidemiological parameters and values used in the model.

Parameters	Values
Basic reproduction number (R_0)	6.5
Fraction of asymptomatic state from primary infection (C_A)	0.8
Fraction of symptomatic state from primary infection (C_I)	0.2
Fraction of asymptomatic state from secondary infection (C_{A2})	0.8
Fraction of symptomatic state from secondary infection (C_{I2})	0.2

Fraction of being protected by full natural immune (C_F)	0.9
Fraction of being protected by partial natural immune (C_P)	0.1
Fraction of infants who receive diphtheria antitoxin at birth (C_V)	Varied with time (see Fig. 1)
Rate of recovery from infection (γ)	$1/14 \text{ day}^{-1}$
Rate of vaccinated immune loss (η_V)	$1/(15 \times 365) \text{ IU day}^{-1}$
Rate of natural immune loss (η_R)	$1/(15 \times 365) \text{ IU day}^{-1}$
The average reduction in transmissibility of $A(\alpha)$	0.1
The average reduction in transmissibility of R_F and $R_P(\varepsilon)$	10^{-6}
The characteristic length constant (r_0)	115 km

141

142 According to equations mentioned above, susceptible S and S_2 individuals can
 143 get infections through contact with I and A . The fraction of symptomatic (C_I) and
 144 asymptomatic (C_A) infectious individuals was unclear. However, after analyzing the
 145 incidences in Thailand from the outbreak in 2012, we found that the number of
 146 carriers was much higher than that of confirmed cases (7). This implies that
 147 C_A should be larger than C_I . In the model, we chose a value of 0.8 for C_A . The force of
 148 infection, λ_i , which is the rate at which a susceptible (S, S_2) individual in compartment
 149 i acquires infection from I and A (in any compartment) within a given time, is defined
 150 as follows:

151
$$\lambda_i = \sum_{j=1}^n \beta_{ij} (I_j + \alpha A_j + \varepsilon(R_F + R_P)),$$

152 where β_{ij} is the transmission rate from I and A at the j^{th} compartment to S and S_2 at
 153 the i^{th} compartment. The coefficient α ($0 < \alpha < 1$) indicates the average reduction in
 154 transmissibility of A . This parameter was included to ensure that asymptomatic
 155 infectious individuals have a lower ability to transmit the disease than do
 156 symptomatic infectious individuals, I . It has been documented that even individuals in

recovered states (R_F, R_P) can be carriers for the disease. Thus, a similar concept was applied to the parameter ϵ , which indicates the average reduction in transmissibility of R_F and R_P . The fraction of symptomatic infectious, I , that changes to the recovered state with full or partial protective antitoxin levels is denoted by C_F or C_P , respectively. To the best of our knowledge, these fractions have never been reported. The values chosen for C_F and C_P in our model were 0.9 and 0.1, respectively. Without showing any symptoms, asymptomatic infectious individuals should not be able to develop the antitoxin, and we thus assumed that asymptomatic infectious A will be transformed directly into S_2 within 14 days.

The rate of waning immunity has been reported previously (10,13–16). The values in these reports are different due to the different diphtheria epidemiology observed in each country. In 1992, Bottiger and Petterson calculated the rate of antitoxin loss in Swedish people of under 23 years of age (16) and estimated the rate of antitoxin loss to be 0.005-0.01 IU year⁻¹. Swart and co-authors (10) published the loss rate that was analyzed from 1995/1996 and 2006/2007 serosurveys in the Netherlands. The estimated rates of antitoxin loss for the years 1995/1996 and 2006/2007 were -1.20 ln(IU/ml) and -1.19 ln(IU/ml) per ln(year), respectively. Another report by Amanna IL et al. found that the rate was approximately 1/30 IU year⁻¹ (13). Very recently, Hammarland et al. estimated the duration of seroprotective antitoxins (> 0.01 IU mL⁻¹) and obtained a value of 42 years (14), which is equivalent to 1/42 IU year⁻¹. In our model, V_F decays to V_P at the rate η_V , and V_P decays to S_2 at the same rate. The value of η_V was chosen to be 1/15 IU year⁻¹ or 1/(15 × 365) IU day⁻¹, which is equivalent to a protection period of 30 years.

Similar to vaccine-induced antitoxin, natural-acquired antitoxin should wane overtime. Therefore, R_F will be transformed into R_P at the rate η_R . The naturally

182 acquired antitoxin level will continue to decline to levels under 0.01 IU/mL, which
 183 means that R_p will decay to S_2 . For simplicity, the naturally acquired antitoxin waning
 184 rate was chosen to be equal to that for vaccine-induced antitoxin.

185 As mentioned above, all infants S are required to complete primary doses of
 186 DTP. However, only a fraction C_v of infants receive the completed doses. In
 187 Thailand, the childhood vaccine coverage C_v has been higher than 90% since 1990
 188 (17).

189

190 2.3 Contact matrix and transmission matrix

191 The contact matrix, $\mathbf{M} = [M_{ij}]$, describes the number of contacts from any
 192 two individuals between the i^{th} and j^{th} provinces and is given by

$$193 \quad M_{ij} = \frac{\rho_i \rho_j}{1 + \left(\frac{D_{ij}}{r_0}\right)^2},$$

194 where $\rho_{k \in i,j}$ is the population density in province k (the population in province k
 195 divided by area of province k). The distance between the provinces indexed as i and j
 196 is described by the distance matrix D_{ij} . The characteristic length scale of the distances
 197 is $r_0 = 115 \text{ km}$, which is approximately the average size of the provinces. The
 198 transmission matrix, β , is obtained by multiplying the contact matrix with the scaling
 199 factor κ , as follows:

$$200 \quad \beta = \kappa \mathbf{M}$$

201 The scaling factor can be obtained by using the following expression:

$$202 \quad R_0 = \max(\text{Eigenvalue}(\kappa \mathbf{M} / \gamma)),$$

203 where R_0 is the basic reproduction number, and $\mathbf{N} = \beta / \gamma = \kappa \mathbf{M} / \gamma$ is the next
 204 generation matrix (18).

205

2.4 DTP vaccination schedules and coverage in Thailand

In 1977, a nationwide vaccine program for infants was launched. The recommendation of DTP vaccine started with 2 doses. In 1982, the recommended number was 3 doses. From 1992 to the present, the recommended number was 5 doses, given at ages 2, 4, 6, and 18 months and 4-6 years (1). The DTP coverage rate was at 12.3% in 1980 but rose dramatically to 92.2% in 1993 (19). Since 2003, the coverage rates have been as high as 98% (19). Note that the DTP coverage rates mentioned above refer to 1-3 doses of DTP (DTP1-3), which is considered as a primary dose. As such, individuals under 23 years should have acquired 5 doses of DTP (coverage of DTP5 is 54.5-90.3%), whereas individuals aged from 24-37 should have acquired 2-4 doses (coverage of DTP3 and DTP2 are 45.3% and 12.3%) (19). Persons aged more than 37 years received no doses because they were born before the initiation of the EPI program.

2.5 Population

The simulations were started by introducing 10 incidents in each 6 provinces, province id = 2, 24, 73, 74, 75 and 76, which usually report more incidences than other provinces, **Fig 2**.

Fig 2 A map of Thailand indicating the positions of province id = 2, 24, 73, 74, 75 and 76 [20].

Initially, the system included only susceptible (S), infectious (I) and asymptomatic infectious (A) individuals. Then, the system was allowed to evolve for 50 years, with a constant population of 1960. After the system reached equilibrium, it

was then evolved with a varying population for 50 years. The birth and death rates were chosen to reflect Thailand's population between 1960 and 2010. The death rate used in the model was $\mu = 1/(70 \times 365) \text{ day}^{-1}$, which reflects a life span of 70 years, and the birth rates varied.

3. Results and discussion

The proposed mathematical equations for describing diphtheria transmission in Thailand were solved numerically. The simulations were divided into two time intervals, the years 1977 – 2014 and 2015 - 2030. The aim of the simulations in the first time interval was to fit our modeling results with the reported cases, whereas the aim of the simulations in the second time interval was to predict whether there would be an outbreak in the near future.

A comparison of the number of incidences per 100,000 individuals from simulation and reported case is shown in **Fig. 3**. The number of reported cases has decreased dramatically since the introduction of the national vaccine program in 1977. After 1995, few confirmed cases have been reported each year, which indicates the efficiency of the national DTP vaccine program. However, the sporadic outbreaks that occurred in 1994, 1996, 1999 and 2012 suggest the need of an improvement in the vaccine program to fully eradicate diphtheria in Thailand (3, 7). The results of the simulation review showed a very similar trend of decreasing cases, except for the small outbreaks in the 1990s and 2012. Therefore, our model, when used together with the chosen parameter values, could help us better understand diphtheria transmission in Thailand.

Fig. 3 Incidence per 100,000 individuals from reports (dotted line), simulation (green) and vaccine uptake (red) in Thailand from 1977 to 2014.

Simulations in the second time interval were done by allowing the simulations to evolve after 2014 with the same population growth rate of 2014. Interestingly, the simulations showed an outbreak in approximately 2020 (**Fig. 4**), which will be due to an increase in the number of secondary susceptible (S_2) individuals due to immunization waning (**Fig. 5a**). This result suggests the need for vaccination boosting in adults, as recommend by the WHO. Additionally, R_F and R_P showed a downward trend since the immunization program was launched, due to a decrease in infectious individuals (**Fig. 5b**). The vaccinated classes, V_F and V_P , have increased rapidly between 1980 and 2000 due to the larger vaccination coverage of infants. However, V_F has grown slower since 2005 because the births rates are lower and vaccine administration reached its saturation. The number of infectious individuals (I) and asymptomatic infectious individuals (A) revealed the same downward trends (**Fig. 5c**).

Fig. 4 Prediction of diphtheria outbreaks in Thailand. The simulation reveals a possibility of outbreaks.

Fig. 5 Fractions of susceptible (S), secondary susceptible (S_2), full natural-acquired immune (R_F), partial natural-acquired immune(R_P), full vaccine-induced immune (V_F), partial vaccine-induced immune (V_P), infectious (I) and asymptomatic infectious (A) from 1977 to 2030.

As mentioned above, the international classification of diphtheria protection level are (1) susceptible (antitoxin titer $< 0.01 \text{ IU ml}^{-1}$), (2) basic protection (antitoxin titer $0.01\text{-}0.1 \text{ IU ml}^{-1}$) and (3) full protection (antitoxin titer $> 0.1 \text{ IU ml}^{-1}$). **Fig.6** shows the fractions of each protective level. We defined (i) full protection as a combination of V_F and R_F and (ii) basic protection as a combination of V_F and R_P and susceptible (no protection) as a combination of S and S_2 . Because of waning immunity, the fractions of protective levels (basic and full) are lower than that of no protection. However, when the vaccine uptake is at a higher level (after year 2000), the fractions of protective levels are higher. This is because most of the newborns flowing into the system are transformed to V_F , and only a very small portion will remain in S . In 2016, for example, the fraction of individuals with no protective level is approximately 0.65, which is still high. Thus, there is a risk for outbreaks to occur. This may explain why sporadic outbreaks have been detected in Thailand, despite the high vaccination rate. Our results also indicate that the fraction of individuals with full protective levels is higher than that with basic protective levels, which is consistent with the works by Wanlapakorn et al (19) and Bansiddhi et al (6). Our results suggest that most Thais are still susceptible to diphtheria, which leads to possibility of future outbreaks. Therefore, the goal of eradicating diphtheria from Thailand may not be accomplished by infant vaccination alone, and Thailand should perform vaccination boosting in individuals every 10 years, as recommended by the WHO.

Fig. 6 Distribution of antitoxin level: No protection, basic protection and full protection of total population from 1977 to 2030.

4. Conclusions

We have proposed a mathematical model for describing diphtheria epidemiology in Thailand after the EPI program was launched in 1977. The model considers Thailand to be a system of 77 compartments, which corresponds to its 77 provinces. Each compartment includes 8 epidemiological classes, as follows: primary susceptible (S), symptomatic infectious (I), asymptomatic infectious (A), full natural-acquired immune (R_F), partial natural-acquire immune (R_P), secondary susceptible (S_2), full vaccine-induced immune (V_F) and partial vaccine-induced immune (V_P). The epidemiological paths connecting these classes are described in section 2. To characterize these 77 provinces, a contact matrix relating population density and distance between two provinces is proposed. The 77 sets of mathematical equations were solved numerically, with some estimated parameters. We found that the numbers of infectious individuals per 100,000, as determined from simulations, are consistent with the reported cases. The model also predicts the possibility of outbreaks in the future due to the presence of a considerable portion of secondary susceptible, S_2 , in the system. Therefore, our work supports the need for providing vaccination boosters in Thailand.

Author contributions

Conceived and designed the experiments: KS CM. Performed the experiments: KS. Analyzed the data: KS CM WT. Contributed to the writing of the manuscript: KS CM.

Acknowledgements

This project was supported financially by the Health Systems Research Institute, Thailand, the National Science and Technology Development Agency, Thailand, and the Thailand Research Fund and Mahidol University (Grant No. TRG5880157). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Conflict of interest statement

The authors have declared that no competing interests exist.

References

- Centers for Disease Control and Prevention. *Corynebacterium diphtheriae*. Epidemiol Prev Vaccine Prev Dis 13th Ed. 2015;107–18.
- Vitek CR, Wharton M. Diphtheria in the former Soviet Union: Reemergence of a pandemic disease. *Emerg Infect Dis*. 1998;4(4):539–50.
- Tharmaphornpilas P, Yoocharoan P, Prempre P, Youngpairoj S, Sriprasert P, Vitek CR. Diphtheria in Thailand in the 1990s. *J Infect Dis*. 2001;184(8):1035–40.
- Assessment RR. RAPID RISK ASSESSMENT A case of diphtheria in Spain Main conclusions and options for response Clinical manifestations and treatment. 2015;(June).
- Galazka A. The changing epidemiology of diphtheria in the vaccine era. *J Infect Dis*. 2000;181 Suppl (Supplement 1):S2–9.
- Bansiddhi H, Vuthitanachot V, Vuthitanachot C, Prachayangprecha S,

353 Theamboonlers A, Poovorawan Y. Seroprevalence of Antibody Against
 354 Diphtheria Among the Population in Khon Kaen Province, Thailand. *Asia Pac*
 355 *J Public Heal.* 2012;

356 7. Wanlapakorn N, Yoocharoen P, Tharmaphornpilas P, Theamboonlers A,
 357 Poovorawan Y. Diphtheria outbreak in Thailand, 2012; seroprevalence of
 358 diphtheria antibodies among Thai adults and its implications for immunization
 359 programs. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2014;45(5):1132–41.

360 8. Blackwood JC, Cummings DAT, Broutin H, Iamsirithaworn S, Rohani P.
 361 Deciphering the impacts of vaccination and immunity on pertussis
 362 epidemiology in Thailand. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2013;110(23):9595–600.

363 9. Eradication GS. History and Epidemiology of Global Smallpox. *CDC*
 364 *World Heal Organ.* 2011;17.

365 10. Swart EM, van Gageldonk PGM, de Melker HE, van der Klis FR, Berbers
 366 GAM, Mollema L. Long-Term Protection against Diphtheria in the
 367 Netherlands after 50 Years of Vaccination: Results from a Seroepidemiological
 368 Study. *PLoS One.* 2016;11(2):e0148605.

369 11. Kurugöl Z, Midyat L, Türkoğlu E, İşler A. Immunity against diphtheria among
 370 children and adults in Izmir, Turkey. *Vaccine.* 2011;29(26):4341–4.

371 12. Wu Y, Gao Y, Zhu B, Zhou H, Shi Z, Wang J, et al. Antitoxins for diphtheria
 372 and tetanus decline more slowly after vaccination with DTwP than with DTaP:
 373 A study in a Chinese population. *Vaccine.* Elsevier Ltd; 2014;32(22):2570–3.

374 13. Amanna IJ, Carlson NE, Slifka MK. Duration of Humoral Immunity to
 375 Common Viral and Vaccine Antigens. 2007;

376 14. Hammarlund E, Thomas A, Poore EA, Amanna IJ, Rynko AE, Mori M, et al.
 377 Durability of Vaccine-Induced Immunity Against Tetanus and Diphtheria

378 Toxins: A Cross-sectional Analysis. Clin Infect Dis. 2016;62(9):1111–8.

379 15. Hasselhorn H, Matthias N, Tiller FW, Hofmann F. Factors influencing

380 immunity against diphtheria in adults. 1998;16(1):70–5.

381 16. Böttiger M, Pettersson G. Vaccine Immunity to Diphtheria: A 20-Year Follow-

382 up Study. Scand J Infect Dis. 1992;24(6):753–8.

383 17. Bcg C. Chad: WHO and UNICEF estimates of immunization coverage: 2013

384 revision. 2015;1–20.

385 18. Diekmann O, Heesterbeek J a P, Roberts MG. The construction of next-

386 generation matrices for compartmental epidemic models. J R Soc Interface.

387 2010;7(November 2009):873–85.

388 19. Wanlapakorn N, Ngaovithunvong V, Thongmee T, Vichaiwattana P,

389 Vongpunsawad S, Poovorawan Y. Seroprevalence of Antibodies to Pertussis

390 Toxin among Different Age Groups in Thailand after 37 Years of Universal

391 Whole-Cell Pertussis Vaccination. PLoS One. 2016;11(2):1–9.

392 20 The map is modified from

393 [https://en.wikipedia.org/wiki/Provinces_of_Thailand#/media/File:Thailand_ad](https://en.wikipedia.org/wiki/Provinces_of_Thailand#/media/File:Thailand_admin_location_map.svg)

394 [m_location_map.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Provinces_of_Thailand#/media/File:Thailand_admin_location_map.svg)

395

396

397

Figure 1

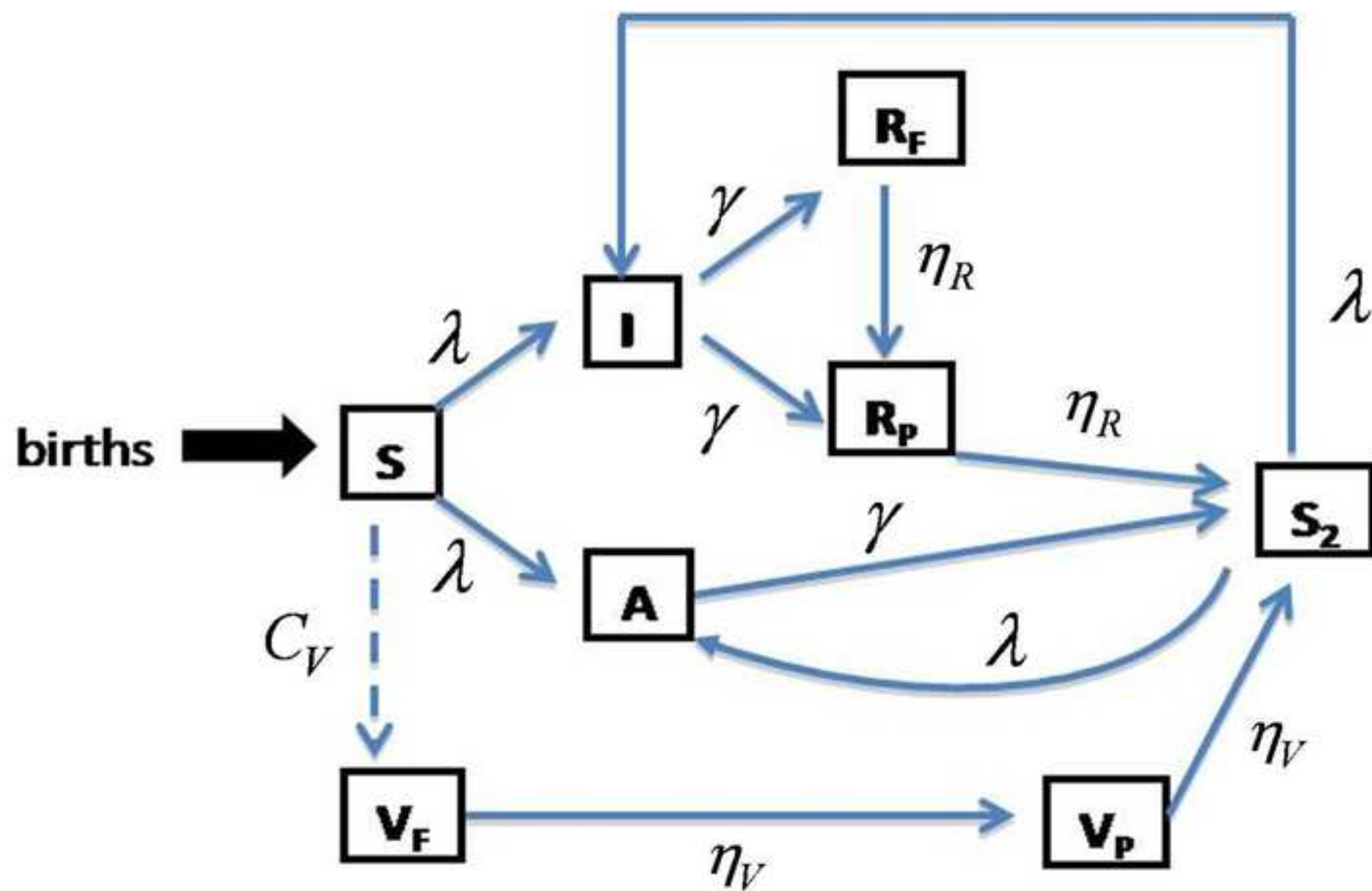




Figure 3

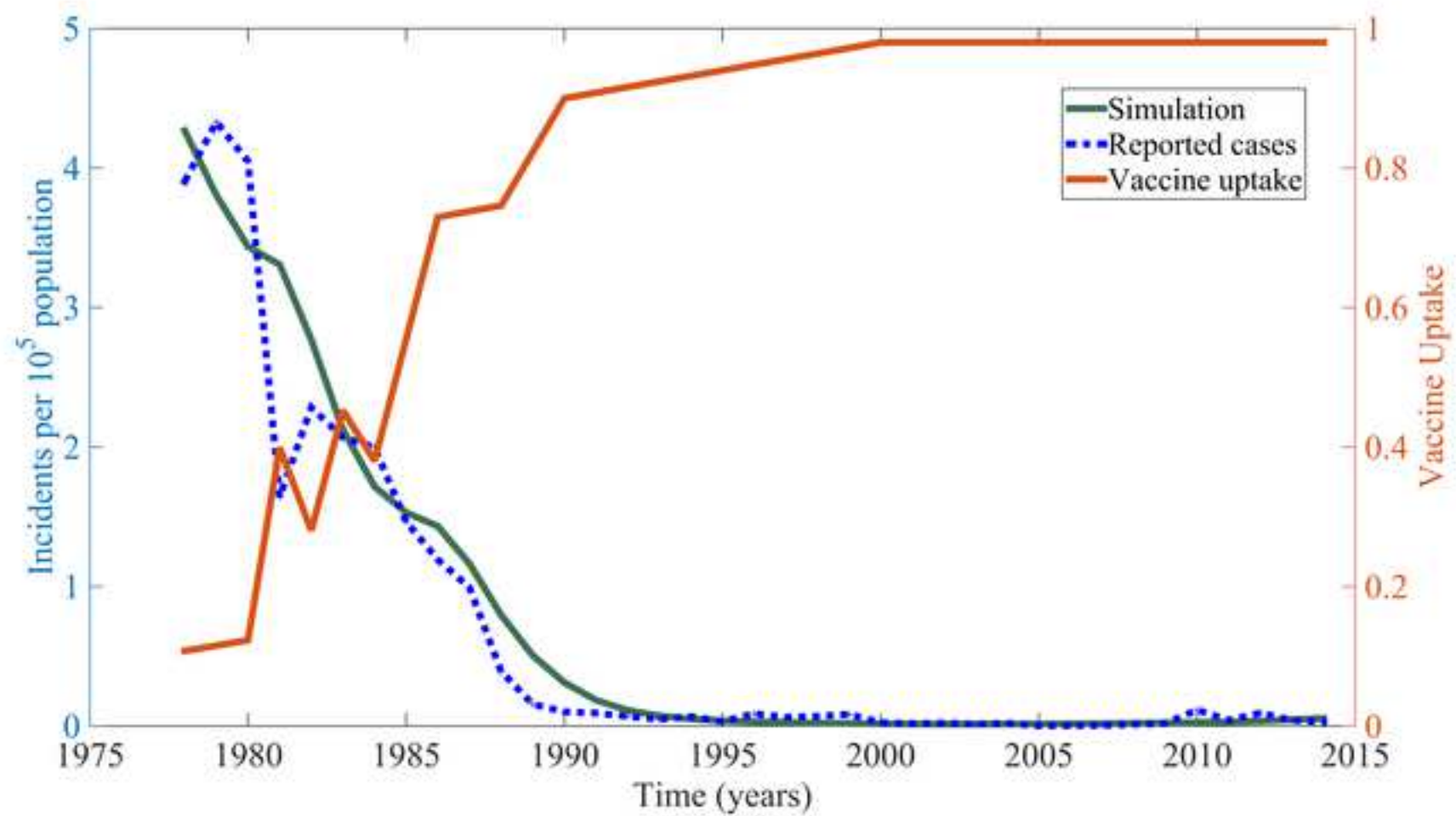


Figure 4

[Click here to download Figure fig4.tif](#)

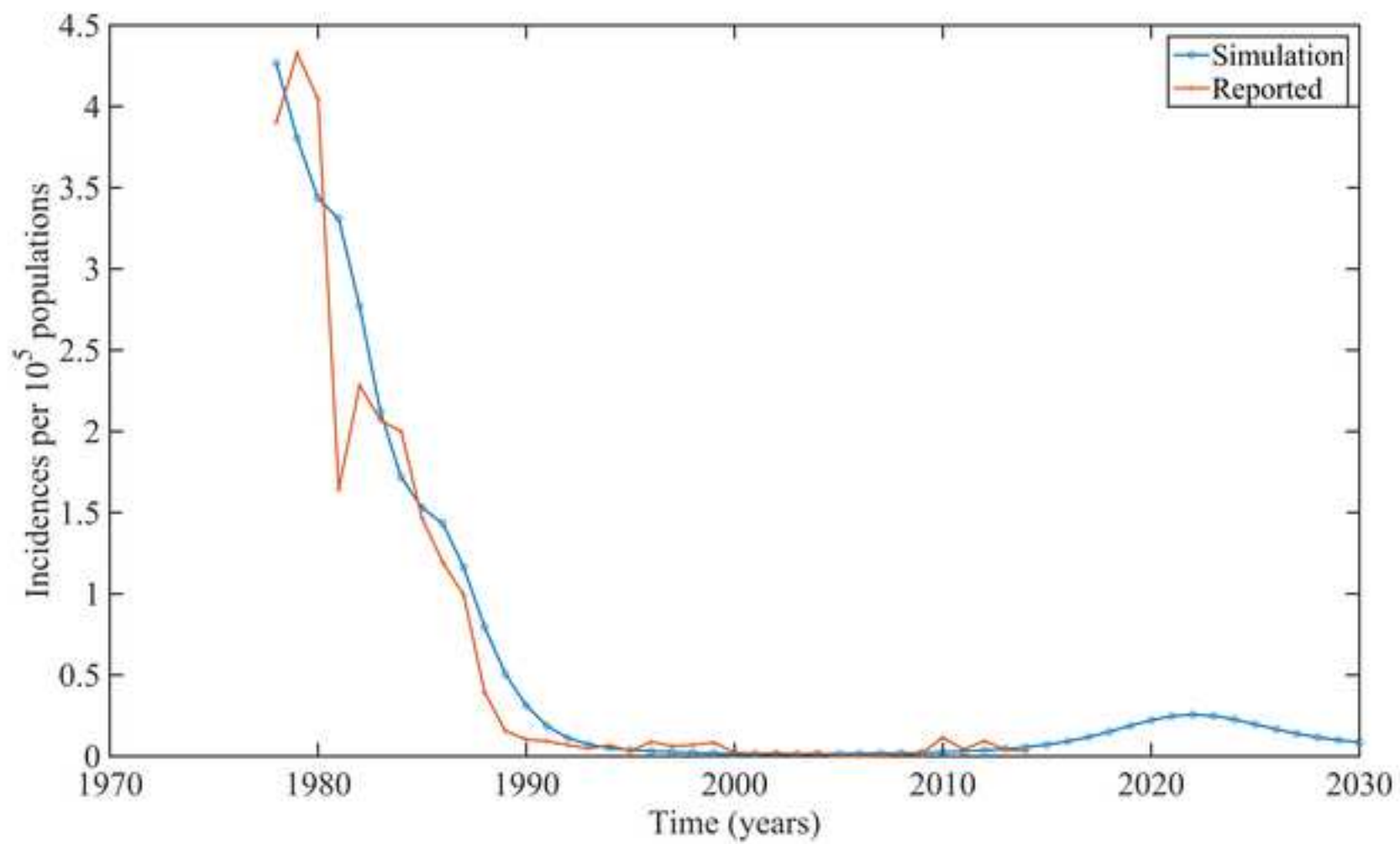


Figure 5

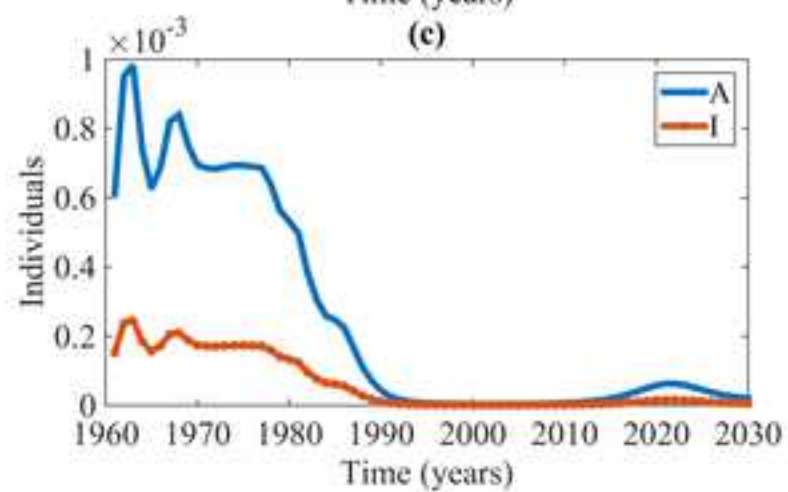
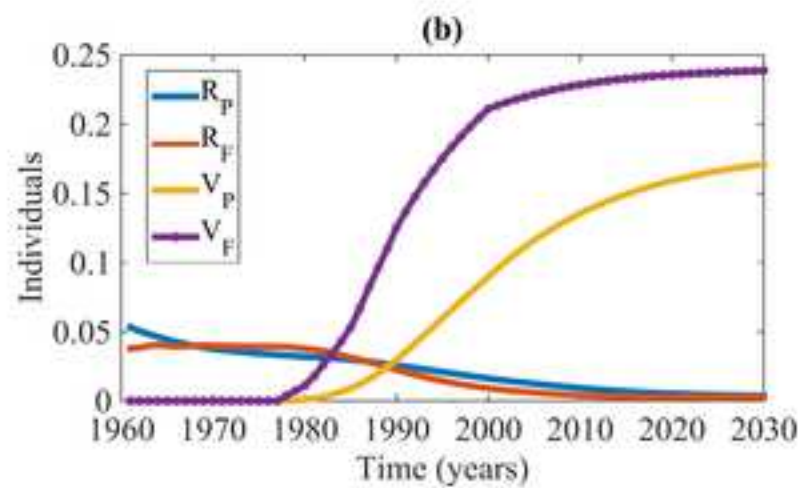
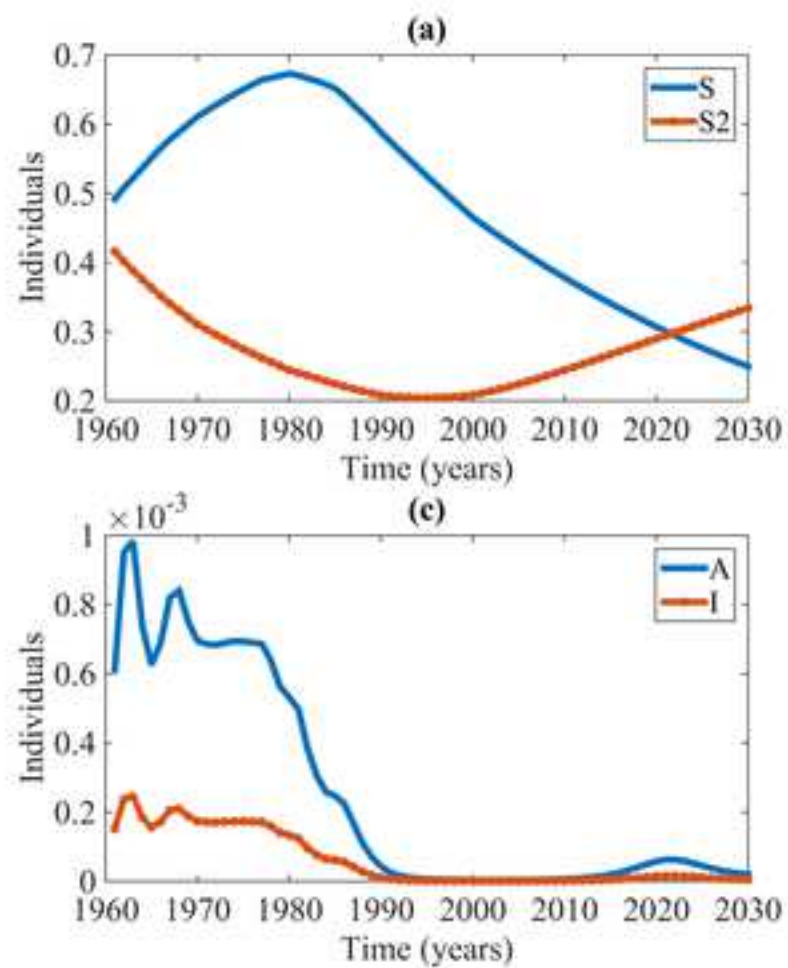


Figure 6

