

GeoDisease : Principles, Concepts, and Applications

โรคเชิงพื้นที่

หลักการ แนวคิด และการประยุกต์

ฉบับปรับปรุง



อริศรา เจริญปัญญาเนตร
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจริญปัญญาเนตร

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

ปริญญาเอก : Doctor of Technical Science (Remote Sensing and Geographic Information Systems), Asian Institute of Technology, 2009

ปริญญาโท : วท.ม. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2003

ปริญญาตรี : วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2000

สาขาวิชาที่มีความเชี่ยวชาญพิเศษ

ดร.อริศรา เจริญปัญญาเนตร มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์การทำงานด้านรีโมทเซนซิง (remote sensing) หรือการประยุกต์ภาพถ่ายจากดาวเทียมมากกว่า 15 ปี โดยสนใจมุ่งเน้นงานวิจัยด้านการประยุกต์รีโมทเซนซิงในประเด็นต่างๆ อาทิ ประเด็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ฝุ่น PM2.5 สารมลพิษอื่นๆ ภัยพิบัติ การประเมินคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดิน (above-ground carbon stock) การประเมินการบริการของระบบนิเวศ (ecosystem service) การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดิน การวิเคราะห์ทางการเกษตร การประเมินคุณภาพของดิน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาการศึกษาเกี่ยวกับโรคหรือระบาดวิทยาเชิงพื้นที่

GeoDisease : Principles, Concepts, and Applications

โรคเชิงพื้นที่

หลักการ แนวคิด และการประยุกต์

ฉบับปรับปรุง



อริศรา เจริญปัญญาเนตร
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โรคซิฟิลิส

หลักการ แนวคิด และการประยุกต์ (ฉบับปรับปรุง)

บรรณาธิการ:	กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์
ISBN (e-book):	978-616-620-088-1
ผู้เขียน:	อริศรา เจริญปัญญาเนตร
เจ้าของและผู้จัดพิมพ์:	สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์: 0 5394 3603-5 https://cmupress.cmu.ac.th , E-mail: cmupress.th@gmail.com
พิมพ์ครั้งที่ 1:	สิงหาคม 2567
พิมพ์ครั้งที่ 2:	กุมภาพันธ์ 2569
ราคา:	307 บาท

หนังสือเล่มนี้ ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องและต่างสถาบัน เพื่อตรวจสอบและรับรองการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการประเภทหนังสือ หรือตำรา ซึ่งจัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เรียบร้อยแล้ว

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537 ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ รวมทั้งการจัดเก็บถ่ายทอไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใดๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ การบันทึกหรือวิธีการอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

กรณีต้องการสั่งซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์: 0 5394 3603-5
<https://cmupress.cmu.ac.th>, E-mail: cmupress.th@gmail.com

คำนิยม

การบูรณาการองค์ความรู้ด้านสังคมศาสตร์เข้ากับด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ นับว่าเป็นการบูรณาการองค์ความรู้ที่มีคุณค่า สร้างประโยชน์ให้กับงานวิชาการได้อย่างมาก เป็นการสร้างมุมมองที่แตกต่างในบริบทเดียวกัน ในการศึกษาด้านระบาดวิทยาของโรค การศึกษาถึงพื้นที่ที่เกิดโรค มีความสำคัญต่อการพยากรณ์การดำเนินไปของโรค รวมถึงการพยากรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการระบาดไม่ว่าจะเป็นระยะเวลา หรือความรุนแรง

หนังสือ“หนังสือ “โรค” เชิงพื้นที่: หลักการ แนวคิด และการประยุกต์” โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อริศรา เจริญปัญญาเนตร ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นับว่าเป็นหนังสือที่มีความทันสมัย ให้ความรู้ โดยการนำแนวคิดหลักของภูมิศาสตร์ คือ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ มาบูรณาการร่วมกับการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับโรค เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้นับได้ว่าเป็นแนวทางใหม่ที่บูรณาการทั้งแนวคิด ทางภูมิศาสตร์และการศึกษาโรคไว้ด้วยกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ที่ทันสมัยมาประยุกต์เพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและเชื้อโรค หนังสือเล่มนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อนักศึกษา และประชาชนทั่วไป ที่ใช้ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

หนังสือเล่มนี้ได้เขียนขึ้นมาจากประสบการณ์การทำงาน การสอน และการทำวิจัยของผู้แต่ง และได้นำเสนอเป็นรูปแบบหนังสือที่อ่านได้เข้าใจ มีการใช้ภาษาที่ถูกต้อง นอกจากนั้นหนังสือเล่มนี้ยังได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชา แสดงให้เห็นถึงคุณภาพและคุณค่าของหนังสือเล่มนี้ นับว่าเป็นหนังสือที่มีคุณค่าอีกเล่มหนึ่งที่สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่รู้สึกยินดีที่ได้มีโอกาสเป็นผู้ดำเนินการพิมพ์เผยแพร่

ศาสตราจารย์ (เชี่ยวชาญพิเศษ) ดร. นายสัตวแพทย์ กรกฎ งานวงศ์พานิชย์
บรรณาธิการบริหารสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ [ครั้งที่ 1]

หนังสือ “โรค” เชิงพื้นที่: หลักการ แนวคิด และการประยุกต์ (GeoDisease: Principles, Concepts, and Applications) เล่มนี้ ได้รับแรงบันดาลใจในการเขียนจากประสบการณ์การทำวิจัยของผู้เขียนตั้งแต่การศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก รวมถึงหลังจากสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกก็ได้มีโอกาสทำวิจัยและควบคุมวิทยานิพนธ์นักศึกษาทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ผู้เขียนจึงมีความตั้งใจที่จะรวบรวมเนื้อหาที่เป็นการนำแนวคิดหลักของภูมิศาสตร์ นั่นคือ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (geospatial analysis) มาบูรณาการกับการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับโรค (disease) เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้นับได้ว่าเป็นแนวทางใหม่ที่บูรณาการทั้งแนวคิดทางภูมิศาสตร์และการศึกษาโรคไว้ด้วยกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ที่ทันสมัยมาประยุกต์เพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและเชื้อโรค และเพื่อเป็นหนังสือประกอบการเรียนการสอน ใช้เสริมสร้างองค์ความรู้ในการทำวิจัยที่เกี่ยวกับระบาดวิทยาเชิงพื้นที่ โดยเนื้อหาประกอบไปด้วยบทที่ 1 พัฒนาการความเชื่อมโยงของหลักการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และโรค บทที่ 2 หลักการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ บทที่ 3 ข้อมูลเชิงพื้นที่และการศึกษาเกี่ยวกับโรค บทที่ 4 การวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค บทที่ 5 การวิเคราะห์นิเวศวิทยาของโรค บทที่ 6 การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรค บทที่ 7 การสร้างแบบจำลองเฝ้าระวังโรคเชิงพื้นที่ บทที่ 8 การประยุกต์การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค และบทที่ 9 ประเด็นสุดท้ายของหนังสือเล่มนี้ เป็นการกล่าวถึงการวางแผนงานด้านสาธารณสุขด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยมุ่งหวังให้เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มผู้อ่านที่ครอบคลุมทั้งนักวิชาการ (นักศึกษาและผู้สอน) ผู้บริหารเจ้าหน้าที่จากศูนย์ สถาบันกรม กอง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพที่ต้องการทราบแนวทางการบูรณาการความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ สุขภาพ และโรค

ผู้เขียนขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ ทุกท่านที่ล้วนเป็นส่วนหนึ่งในการจุดประกายให้ผู้เขียนมีความรู้ จนกระทั่งผู้เขียนนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดและสร้างสมประสบการณ์จนสามารถรวบรวมและเขียนหนังสือเล่มนี้จนสำเร็จ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อยหากการจัดทำหนังสือครั้งนี้เกิดข้อผิดพลาด ขาดตกบกพร่องประการใด ผู้เขียนขออภัย และขอน้อมรับในความผิดพลาดนั้น

อริศรา เจริญปัญญาเนตร

สิงหาคม 2567

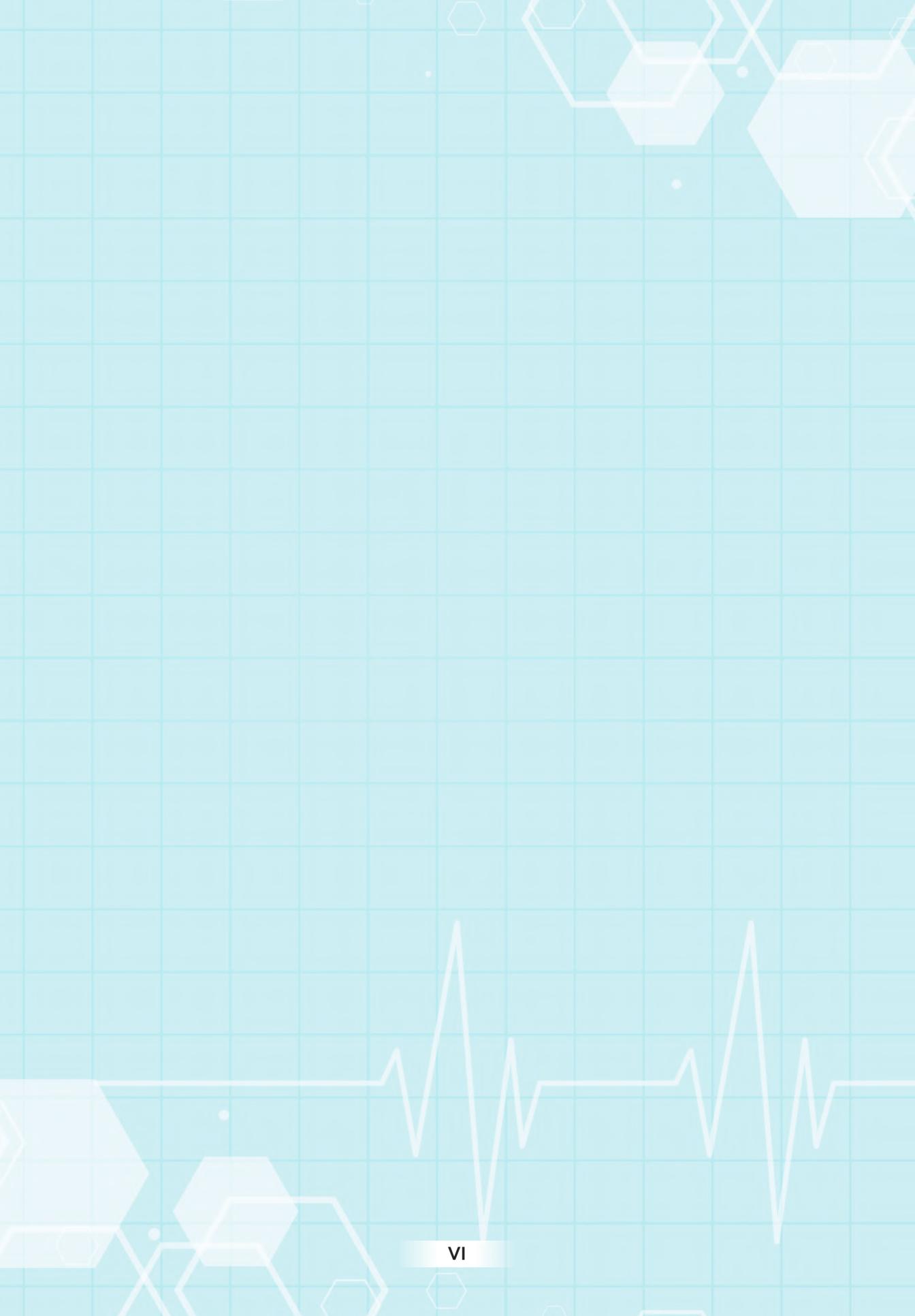
คำนำ [ครั้งที่ 2]

หนังสือ “โรค” เชิงพื้นที่: หลักการ แนวคิด และการประยุกต์ (GeoDisease: Principles, Concepts, and Applications) เล่มนี้ ได้รับแรงบันดาลใจในการเขียนจากประสบการณ์การทำวิจัยของผู้เขียน ตั้งแต่การศึกษาในระดับปริญญาโทและปริญญาเอก รวมถึงหลังจากสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ก็ได้มีโอกาสทำวิจัยและควบคุมวิทยานิพนธ์นักศึกษาทั้งระดับปริญญาโทและปริญญาเอก ผู้เขียน จึงมีความตั้งใจที่จะรวบรวมเนื้อหาที่เป็นการนำแนวคิดหลักของภูมิศาสตร์ นั่นคือ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (geospatial analysis) มาบูรณาการกับการศึกษาและวิเคราะห์เกี่ยวกับโรค (disease) เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้นับได้ว่าเป็นแนวทางใหม่ที่บูรณาการทั้งแนวคิดทางภูมิศาสตร์และการศึกษาโรคไว้ด้วยกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเครื่องมือทางภูมิศาสตร์ที่ทันสมัยมาประยุกต์เพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและเชื้อโรค และเพื่อเป็นหนังสือประกอบการเรียนการสอน ใช้เสริมสร้างองค์ความรู้ในการทำวิจัยเกี่ยวกับระบาดวิทยาเชิงพื้นที่ โดยเนื้อหาประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่ **ส่วนที่ 1 พื้นฐานแนวคิดการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่** ประกอบไปด้วย บทที่ 1 พัฒนาการโรคเชิงพื้นที่ บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานโรคเชิงพื้นที่ บทที่ 3 ข้อมูลและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และบทที่ 4 เทคนิคภูมิสารสนเทศในการศึกษาโรคเชิงพื้นที่ **ส่วนที่ 2 เทคนิคการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่** ประกอบไปด้วย บทที่ 5 การวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค บทที่ 6 การศึกษานิเวศวิทยาของโรค บทที่ 7 การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรค และบทที่ 8 การสร้างแบบจำลองเฝ้าระวังโรคเชิงพื้นที่ **ส่วนที่ 3 การประยุกต์และการวางแผนโรคเชิงพื้นที่** ประกอบไปด้วย บทที่ 9 ตัวอย่างการประยุกต์การศึกษาโรคเชิงพื้นที่ และบทที่ 10 การวางแผนงานด้านสาธารณสุขด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยมุ่งหวังให้เป็นประโยชน์ต่อกลุ่มผู้อ่านที่ครอบคลุมทั้งนักวิชาการ (นักศึกษาและผู้สอน) ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่จากศูนย์ สถาบัน กรม กอง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพที่ต้องการทราบแนวทางการบูรณาการความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ สุขภาพ และโรค

ผู้เขียนขอขอบพระคุณครูบา อาจารย์ ทุกท่านที่ล้วนเป็นส่วนหนึ่งในการจุดประกายให้ผู้เขียนมีความรู้ จนกระทั่งผู้เขียนนำองค์ความรู้นี้ไปต่อยอดและสร้างสมประสบการณ์จนสามารถรวบรวมและเขียนหนังสือเล่มนี้จนสำเร็จ ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเสมอมา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากนักน้อย หากการจัดทำหนังสือครั้งนี้เกิดข้อผิดพลาด ขาดตกบกพร่องประการใด ผู้เขียนขออภัย และขอน้อมรับในความผิดพลาดนั้น

อริศรา เจริญปัญญาเนตร

กุมภาพันธ์ 2569



สารบัญ

	หน้า
คำนิยาม	III
คำนำ (ครั้งที่ 1)	IV
คำนำ (ครั้งที่ 2)	V
สารบัญ	VII
สารบัญภาพ	XI
สารบัญตาราง	XV

ส่วนที่ 1 พื้นฐานแนวคิดการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่ 1

บทที่ 1 พัฒนาการของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค	1
1.1 พัฒนาการของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	2
1.2 พัฒนาการของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค	5
1.3 ความเชื่อมโยงเทคนิคทางภูมิศาสตร์ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค	25
1.4 สรุป	31
คำถามท้ายบท	31
เอกสารอ้างอิง	32

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานโรคเชิงพื้นที่	37
2.1 นิยามและทฤษฎีการเกิดโรค	37
2.2 ธรรมชาติและพลวัตของการเกิดโรค	39
2.3 ประเภทของโรค	43
2.4 ห่วงโซ่การติดเชื้อ	47
2.5 ปฏิกิริยาการตอบสนองของร่างกายและการเฝ้าระวัง	53
2.6 ระบาดวิทยาเชิงภูมิทัศน์และมิติเชิงพื้นที่ของโรค	54
2.7 ระบบสารสนเทศสุขภาพและสิ่งกีดขวาง	55
2.8 สรุป	59
คำถามท้ายบท	59
เอกสารอ้างอิง	60

บทที่ 3 ข้อมูลและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	63
3.1 นิยามของข้อมูลเชิงพื้นที่	64
3.2 ประเภทและแหล่งข้อมูลเชิงพื้นที่	64
3.3 นิยามของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	66
3.4 รูปแบบการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	67
3.5 การเลือกเทคนิคเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โรค	68
3.6 การบูรณาการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค	69
3.7 ประโยชน์ของการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในการติดตามโรค	71
3.8 การวิเคราะห์เชิงพื้นที่และระบาดวิทยา	74
3.9 แนวโน้มการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่	81
3.10 สรุป	82
คำถามท้ายบท	83
เอกสารอ้างอิง	83
บทที่ 4 เทคนิคภูมิสารสนเทศในการศึกษาโรคเชิงพื้นที่	85
4.1 นิยามและความสำคัญ	85
4.2 การทำแผนที่	86
4.3 รีโมทเซนซิง	93
4.4 ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	100
4.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	103
4.6 สรุป	107
คำถามท้ายบท	108
เอกสารอ้างอิง	109
ส่วนที่ 2 เทคนิคการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่	111
บทที่ 5 การวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค	111
5.1 ความสำคัญของการวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค	112
5.2 เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลจุดสำหรับการวิเคราะห์การเกาะกลุ่ม	113

	หน้า
5.3 รูปแบบการวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค	123
5.4 วิธีการสำหรับวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค	125
5.5 ข้อพึงระวังและข้อจำกัดในการวิเคราะห์การเกาะกลุ่ม	130
5.6 ความท้าทายของการศึกษาการเกาะกลุ่มของโรค	132
5.7 สรุป	133
คำถามท้ายบท	134
เอกสารอ้างอิง	134
บทที่ 6 การวิเคราะห์นิเวศวิทยาของโรค	137
6.1 สภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อโรค	137
6.2 การเผชิญโรคในระบบนิเวศ	145
6.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและสุขภาพด้วยภูมิสารสนเทศ	150
6.4 การประยุกต์การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการประเมินความเสี่ยง	153
6.5 ปัญหาของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการศึกษาด้านนิเวศวิทยาของโรค	155
6.6 สรุป	159
คำถามท้ายบท	159
เอกสารอ้างอิง	160
บทที่ 7 การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรค	165
7.1 การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ของโรค	165
7.2 การเคลื่อนย้ายและการแพร่ระบาดของโรค	171
7.3 การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรคด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	178
7.4 สรุป	179
คำถามท้ายบท	180
เอกสารอ้างอิง	180
บทที่ 8 การสร้างแบบจำลองเฝ้าระวังโรคเชิงพื้นที่	183
8.1 นิยามของแบบจำลองเฝ้าระวังโรคเชิงพื้นที่	183
8.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองคาดการณ์เชิงพื้นที่ของโรค	184
8.3 วิธีการทางสถิติสำหรับการสร้างแบบจำลองโรคเชิงพื้นที่	185

	หน้า
8.4 บทบาทของภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองโรคเชิงพื้นที่	193
8.5 ริโมทเซนซิงและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองโรคเชิงพื้นที่	198
8.6 สรุป	203
คำถามท้ายบท	203
เอกสารอ้างอิง	204

ส่วนที่ 3 การประยุกต์และการวางแผนเฝ้าระวังโรคเชิงพื้นที่ **207**

บทที่ 9 ตัวอย่างการประยุกต์การศึกษาโรคเชิงพื้นที่	207
9.1 การประยุกต์การวิเคราะห์การเกาะกลุ่มของโรค	207
9.2 การประยุกต์การวิเคราะห์พื้นที่เวชวิทยาของโรค	211
9.3 การประยุกต์การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรค	218
9.4 การประยุกต์การสร้างแบบจำลองคาดการณ์การเกิดโรค	220
9.5 สรุป	223
คำถามท้ายบท	224
เอกสารอ้างอิง	224

บทที่ 10 การวางแผนงานด้านสาธารณสุขด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	227
10.1 การวางแผนงานด้านสาธารณสุข	227
10.2 บทบาทของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในงานสาธารณสุข	230
10.3 วัฏจักรการวางแผนกลยุทธ์ด้านสุขภาพและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	235
10.4 การวางแผนงานทางด้านสาธารณสุขระดับพื้นที่	237
10.5 สุขภาพและเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน	246
10.6 สรุป	248
คำถามท้ายบท	248
เอกสารอ้างอิง	249

บรรณานุกรม	251
ดัชนี	275

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 พัฒนาการของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ	4
ภาพที่ 1.2 ตัวอย่างแผนที่การแพร่ระบาดของไข้เหลืองของ Seaman ค.ศ. 1800 แสดงเส้นทางการแพร่ระบาดจากคลังสตอร์ผู้ป่วย	7
ภาพที่ 1.3 แผนที่อหิวาตกโรคส่วนหนึ่งในหนังสือเรื่อง “The History of the Cholera in Exeter in 1832”	8
ภาพที่ 1.4 แผนที่การตายจากอหิวาตกโรคบน Broad street ของ John Snow	10
ภาพที่ 1.5 บางส่วนของแผนที่โรคใน Physikalischer Atlas ของ Berghaus ค.ศ. 1848	11
ภาพที่ 1.6 แผนที่เส้นเท่าและความสัมพันธ์ต่อโรค ของ Johnston ค.ศ. 1856	12
ภาพที่ 1.7 choropleth map ของโรควิธโรคของ Bowditch ค.ศ. 1857	13
ภาพที่ 1.8 แผนที่ที่เน้นการให้สี (colorization) ตามโซนหลักของโลกและ isoline ของ Aitken	14
ภาพที่ 1.9 ตัวอย่างแผนที่คลื่นการแพร่ระบาดของโรค และลมประจำถิ่นเหนือมหาสมุทรของ Felkin	15
ภาพที่ 1.10 รัฐที่มีการติดต่อของโรคปอดในปศุสัตว์ และเส้นทางการแพร่ระบาดของโรค ของ Lyman	16
ภาพที่ 1.11 ตัวอย่างการนำเสนอลักษณะนิเวศวิทยาภูมิทัศน์ (landscape ecology) ของ Pavlovsky	18
ภาพที่ 1.12 แผนที่ความสัมพันธ์ของปริมาณการปล่อยสารเคมีและโรคมะเร็ง ลูคีเมีย และมะเร็งต่อม้าน้ำเหลือง ของ Tufte	21
ภาพที่ 1.13 แบบจำลองการแพร่กระจายของโรคประเภทที่	23
ภาพที่ 1.14 แบบจำลองการแพร่กระจายของโรคขั้นตอนที่ 3 ที่เน้นมิติเชิงเวลา ของ Pyle	23
ภาพที่ 2.1 สเปกตรัมของ COVID-19	40
ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบสามเส้นทางระบาดวิทยา	41
ภาพที่ 2.3 สภาพความไม่สมดุลของปัจจัยที่ทำให้เกิดโรค	43
ภาพที่ 2.4 กระบวนการรับเชื้อและเกิดภูมิต้านทานโรค	45
ภาพที่ 2.5 ห่วงโซ่การติดเชื้อ	48

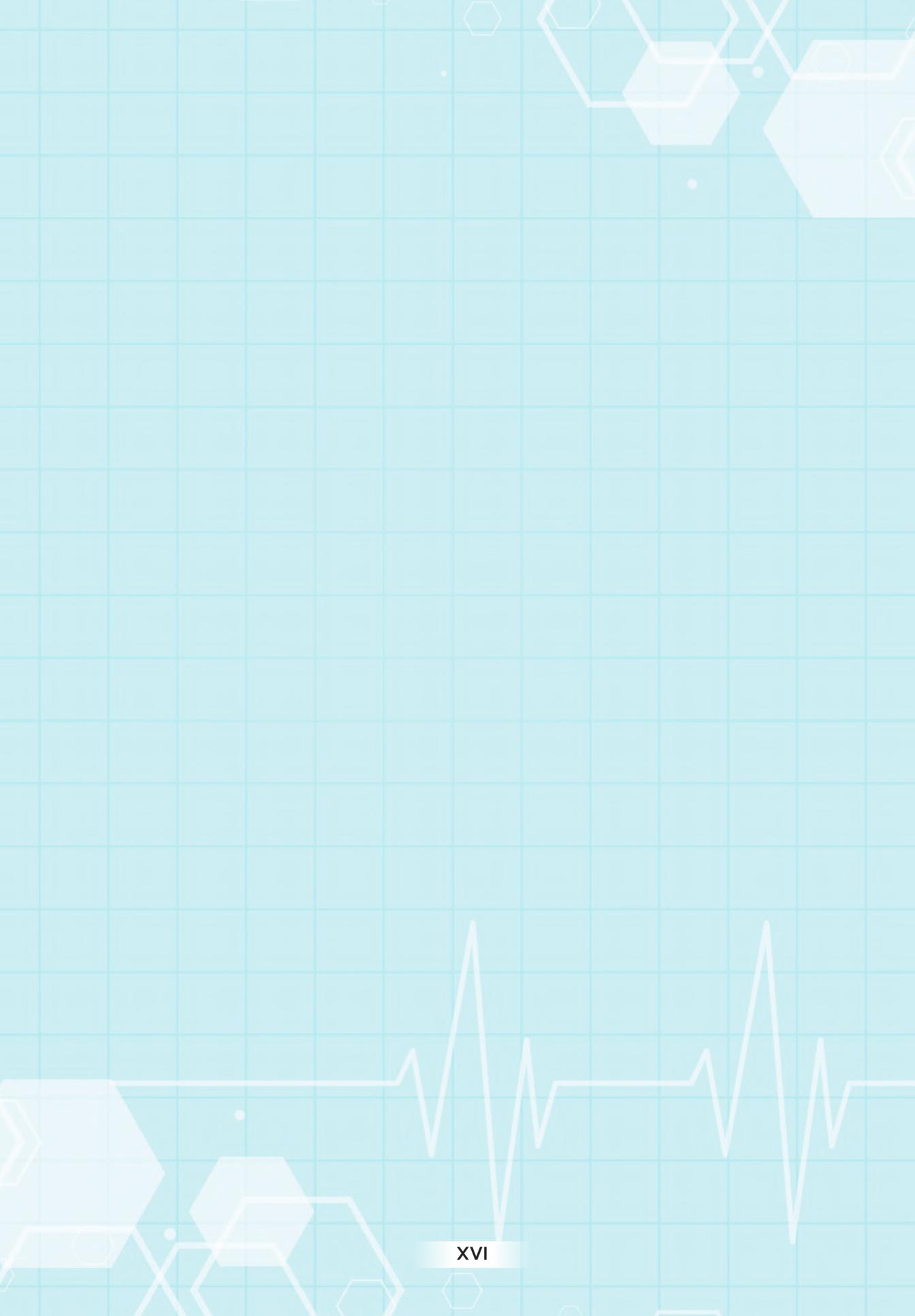
	หน้า
ภาพที่ 2.6 แหล่งรังโรคทางตรงและทางอ้อม	49
ภาพที่ 2.7 รูปแบบการถ่ายทอดเชื้อ	51
ภาพที่ 2.8 ปრაกฏการณ์ภูเขาน้ำแข็งของโรค COVID-19	53
ภาพที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวเชิงภูมิศาสตร์ ของโรคไข้เลือดออกและอุณหภูมิ	55
ภาพที่ 2.10 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงต่อการเกิดโรค	56
ภาพที่ 3.1 ข้อมูลเวกเตอร์สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	65
ภาพที่ 3.2 ข้อมูลแรสเตอร์สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	65
ภาพที่ 3.3 การศึกษาไปข้างหน้า	80
ภาพที่ 3.4 การศึกษาย้อนหลัง	80
ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างแผนที่ระยะฟักตัวของไวรัสเด็งกีในยูงลาย	87
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างแผนที่ที่จำแนกตามลักษณะการใช้งาน	88
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างแผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map)	89
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการแสดงภาพในการทำแผนที่	91
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการแสดงด้วยสีระหว่าง 2 สี เด่น	92
ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการแสดงด้วยสีตามข้อมูลต่างประเด็น	92
ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างการแสดงด้วยสีตามระดับ	92
ภาพที่ 4.8 พาสซีฟและแอคทีฟริโมทเซนซิง	94
ภาพที่ 4.9 หลักการทำงานของรีโมทเซนซิง	95
ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างภาพถ่ายจากดาวเทียมต่างความละเอียดเชิงรังสี	96
ภาพที่ 4.11 ค่า DN แต่ละจุดภาพของภาพขนาด 8 บิต	97
ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างการตรวจหาปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อ การแพร่ระบาดของโรคไข้เลือดออก	100
ภาพที่ 4.13 ส่วนประกอบการทำงานของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	101
ภาพที่ 4.14 การรับสัญญาณระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	102
ภาพที่ 4.15 หลักการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	103
ภาพที่ 4.16 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	104
ภาพที่ 4.17 ตัวอย่างการวิเคราะห์การกระจายตัวและแนวโน้ม เข้าสู่ส่วนกลางของผู้ป่วยไข้เลือดออกด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	106

	หน้า
ภาพที่ 5.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่นแบบควอแดรท	114
ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นแบบควอแดรท	115
ภาพที่ 5.3 รูปแบบการวิเคราะห์แบบเคอร์เนล	116
ภาพที่ 5.4 การวิเคราะห์การเกาะกลุ่ม ของโรคไข้เลือดออกด้วยการวิเคราะห์แบบเคอร์เนล	117
ภาพที่ 5.5 จำลองเหตุการณ์สำหรับวิเคราะห์ดัชนี เพื่อนบ้านใกล้เคียง	118
ภาพที่ 5.6 รูปแบบการวิเคราะห์ด้วยดัชนี เพื่อนบ้านใกล้เคียง (NNI)	119
ภาพที่ 5.7 ตัวอย่างการกระจายตัวอุบัติการณ์โรคสครับไทฟัส เดือนมกราคม-มิถุนายน พ.ศ.2558	106
ภาพที่ 5.8 รูปแบบการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันแบบ K ที่สามารถกำหนดระยะทาง	122
ภาพที่ 5.9 การวิเคราะห์ฟังก์ชันแบบ K	123
ภาพที่ 5.10 ตัวอย่างการถ่วงน้ำหนักแบบระยะทางผกผัน (IDW)	128
ภาพที่ 5.11 ตัวอย่างการประมาณค่าในช่วงแบบ spline	129
ภาพที่ 5.12 ตัวอย่างการประมาณค่าในช่วงแบบคริกิง	130
ภาพที่ 6.1 วัฏจักรโรคลายม	139
ภาพที่ 6.2 วัฏจักรโรคไข้เลือดออก/วัฏจักรของยุง	142
ภาพที่ 6.3 ระยะฟักตัวของไวรัสเดงกี ในยุงลาย พ.ศ. 2556 2566 2576 และ 2586	143
ภาพที่ 6.4 การจัดลำดับโรคตามความความซับซ้อนและความอ่อนไหวต่อภูมิอากาศ	145
ภาพที่ 6.5 ปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันหัวเขียว	148
ภาพที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแหล่งเพาะพันธุ์ของแมลงวันหัวเขียว	148
ภาพที่ 6.7 ความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างระดับวิกฤตของโรคอุจจาระร่วงและ พื้นที่เสี่ยงระดับมากที่สุด	149
ภาพที่ 7.1 การแพร่กระจายเชิงพื้นที่ของโรค	165
ภาพที่ 7.2 ทิศทางการแพร่ระบาด (ก) และความรุนแรงของการระบาด (ข) ของโรคปากเท้าเปื่อยในโคนม ในอำเภอแม่อน จังหวัดเชียงใหม่	168
ภาพที่ 7.3 การเคลื่อนย้ายและการแพร่ระบาดของโรค	174
ภาพที่ 7.4 โครงข่ายการขนส่งทางอากาศของโลก	176
ภาพที่ 7.5 รูปแบบการแพร่กระจายของโรคจำแนกตามรูปแบบการถ่ายทอดเชื้อ	178

	หน้า
ภาพที่ 8.1 กรอบแนวคิดในการสร้างแบบจำลองคาดการณ์เชิงพื้นที่	185
ภาพที่ 8.2 แผนภาพการกระจายของความสัมพันธ์แต่ละลักษณะ	187
ภาพที่ 8.3 แผนภาพการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	188
ภาพที่ 8.4 การจำแนกชนิดข้อมูลของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติกส์	192
ภาพที่ 8.5 การบูรณาการเครื่องมือทางภูมิศาสตร์สำหรับการ การสร้างแบบจำลองคาดการณ์โรคเชิงพื้นที่	194
ภาพที่ 8.6 ตัวอย่างการทำแผนที่แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง จำแนกตามระดับความหนาแน่น	200
ภาพที่ 9.1 การวิเคราะห์การกระจายตัว การเกาะกลุ่ม และคาดการณ์การระบาดของโรคไข้เลือดออกในอำเภอเมืองเชียงใหม่	210
ภาพที่ 9.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของยุงก้นปล่องในฤดูกาลที่แตกต่าง	213
ภาพที่ 9.3 เปรียบเทียบสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของยุงก้นปล่อง กับความหนาแน่นของยุงก้นปล่องระดับสูงมากและต่ำ	214
ภาพที่ 9.4 ปัจจัยกายภาพและความหนาแน่นของอุบัติการณ์ของโรคสครับไทฟัส	217
ภาพที่ 9.5 ทิศทางการแพร่ระบาดของโรคปากและเท้าเปื่อยในโคนม พื้นที่อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่	220
ภาพที่ 9.6 ความน่าจะเป็นของความหนาแน่นของยุงก้นปล่องในฤดูกาลที่แตกต่าง	222
ภาพที่ 9.7 การประยุกต์แบบจำลอง (model application) เพื่อสร้างความเที่ยงตรงภายนอก	223
ภาพที่ 10.1 การเชื่อมโยงระหว่างวัฏจักรการเกิดโรค (disease cycle) การจัดการความเสี่ยงโรค (DRM) และแนวทางการศึกษาโรค ด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	231
ภาพที่ 10.2 วัฏจักรการวางแผนกลยุทธ์ด้านสุขภาพด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่	236

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ลำดับพัฒนาการของเทคนิคทางภูมิศาสตร์ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค	26
ตารางที่ 3.1 เทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับโรค	68
ตารางที่ 3.2 ความเหมาะสมของการศึกษาเชิงสังเกตการณ์กับสถานการณ์ของโรค	77
ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบการศึกษาแบบเน้นการสังเกตและเน้นการทดลอง	79
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลภาพตามระดับสีเทาและข้อมูลจากดาวเทียม	97
ตารางที่ 4.2 การประกันคุณภาพเครื่องฉายรังสี C-arm based Linac สำหรับการฉายรังสีเทคนิคครึ่งสี่ร่วมพิกัด	65
ตารางที่ 4.3 การประกันคุณภาพเครื่องกำบังรังสี MLC สำหรับเทคนิคครึ่งสี่ร่วมพิกัด	69
ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติเครื่องเร่งอนุภาคโปรตอน	80
ตารางที่ 4.5 ความแตกต่างของอุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับวิธีการฉายรังสีของเครื่องฉายรังสีโปรตอน	82
ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์จุดด้วยดัชนี เพื่อบ้านใกล้เคียง (NNI) 118	
ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างความแตกต่างปริมาณรังสีต่อครั้ง จากการกำหนดจำนวนครั้งของการฉายรังสีและผลทางชีวรังสีเทียบปริมาณรังสี 2 เกรย์ (EQD ₂) ด้วยค่า	102
ตารางที่ 5.3 ผลกระทบค่าดัชนี CGI ด้วยความแปรปรวนค่าดัชนี และ	110
ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างระยะเวลาการเดินทาง (วัน) โดยเรือและเครื่องบิน และระยะเวลาการพักตัวของโรคติดต่อ	172
ตารางที่ 9.1 สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของปัจจัยทางกายภาพ และอุบัติการณ์ของโรคสครับไทฟัส	217



ส่วนที่ 1

พื้นฐานแนวคิดการวิเคราะห์โรคเชิงพื้นที่

บทที่ 1

พัฒนาการโรคเชิงพื้นที่

จากคำกล่าวที่ว่า “As the world becomes more integrated through the trade of goods and services and capital flows, it has become easier for disease to spread through states, over borders and across oceans—and to do serious damage to vulnerable human and animal populations (American Radio Works and NPR, 2001 อ้างใน Lai and Mak (2007)” ทำให้การแพร่ระบาดของโรค การเกิดโรคอุบัติใหม่มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโรคซาร์ส ไข้หวัดนก ไข้เลือดออก โรคอีโบล่า โดยเฉพาะภูมิภาคเขตร้อนที่มีสภาพกายภาพที่เหมาะสมและก่อให้เกิดความเป็นไปได้สูงในการเกิดความรุนแรงของสถานการณ์ของโรค ทำให้ปัจจุบันมีหน่วยงานหันมาให้ความสำคัญในการเรียนรู้ การรับรู้เกี่ยวกับการเฝ้าระวังโรคและกระบวนการติดตามโรค ดังนั้นความรู้และความตระหนักจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการลดปัญหาความเจ็บปวด ความเครียด ความไม่สบายที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้หลายองค์กรเริ่มกล่าวถึงภูมิสารสนเทศ (geoinformatics) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่จะมาช่วยในการจัดการข้อมูลทางด้านสุขภาพ เพื่อที่จะพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในอดีตวิธีการทางภูมิสารสนเทศถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิจัยมากมาย ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเกษตร ป่าไม้ ภัยพิบัติ ผังเมือง การขนส่ง ความมั่นคงของชาติ เป็นต้น แต่การนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการในประเด็นด้านโรคนั้น พบว่ายังมีการนำมาประยุกต์ใช้ไม่มากเท่าที่ควร ซึ่งภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลายองค์ประกอบ ได้แก่ แผนที่ (map) รีโมทเซนซิง (remote sensing) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information



Systems: GIS) และระบบดาวเทียมระบุตำแหน่งบนโลก (Global Navigation Satellite System: GNSS) ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาประเทศ เพื่อที่จะได้ข้อมูลทางด้านสุขภาพ ที่ถูกต้องและมีความทันสมัย สามารถที่จะนำผลการวิเคราะห์แต่ละแง่มุมในประเด็นเกี่ยวกับโรคไปใช้ ประกอบการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.1 พัฒนาการของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่เกี่ยวกับเทคนิคทางภูมิศาสตร์หรือภูมิสารสนเทศสามารถแบ่งตามยุคสมัย ของโลกออกเป็น 2 ยุคใหญ่ ตามเกณฑ์วิวัฒนาการทางคอมพิวเตอร์ คือ ก่อนและหลังยุคคอมพิวเตอร์ เนื่องด้วยหลังจากการพัฒนาทางด้านคอมพิวเตอร์เริ่มเกิดขึ้นบนโลกได้ส่งผลให้เทคโนโลยีดังกล่าว มีการเปลี่ยนแปลงทั้งรูปแบบ วิธีการศึกษา ดังจะกล่าวเปรียบเทียบรายละเอียดของทั้ง 2 ยุค ดังต่อไปนี้

1.1.1 ก่อนยุคคอมพิวเตอร์ (ก่อน ค.ศ. 1970)

การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่นับได้ว่าเริ่มต้นมานานกว่า 8,000 ปี แต่การถือกำเนิดในช่วงแรกนี้ เป็นเพียงการสร้างแผนที่เท่านั้น เทคโนโลยีที่ทันสมัยประเภทอื่นเกิดขึ้นในช่วงหลังยุคคอมพิวเตอร์ ที่วิทยาการทางการศึกษาเริ่มมีการพัฒนามากขึ้น โดยศาสตร์การทำแผนที่นี้เริ่มตั้งแต่การวาดภาพ บนผนังถ้ำและบนโขดหินของชาวบาบิโลน กรีก และเอเชีย ในยุคสำรวจค้นพบ (age of exploration) ช่วงแรกเป็นการวาดภาพธรรมชาติที่พบเห็นโดยทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นภูเขา แม่น้ำ หุบเขา พืชพรรณ และ เส้นทาง ซึ่งแผนที่ในช่วงแรกเริ่มเป็นเพียงการวาดในรูปแบบ 2 มิติ หลังจากนั้นเริ่มมีการทำแผนที่ ในมุมมอง bird's eye view เป็นการจำลองจากมุมสูงนำเสนอหลังคาของสิ่งปลูกสร้าง โดยการทำแผนที่ ในช่วงนี้จึงเป็นการแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างวัตถุบนพื้นโลกเท่านั้น ยังไม่มีวิธีการที่ทำให้เกิด ความถูกต้องเชิงพื้นที่ หลังจากนั้นในช่วง ancient babylonia (7000 BC) การทำแผนที่เริ่มมีการนำเอา เทคนิคการสำรวจ (surveying techniques) มาใช้มากขึ้น เพื่อให้แผนที่ที่สร้างออกมามีความถูกต้อง เชิงตำแหน่งมากยิ่งขึ้น เริ่มมีการให้สัญลักษณ์บนแผนที่ จากนั้นช่วง ancient greek (c.611-546 BC) แผนที่ถูกรวบรวมโดย Anaximander, Hecataeus of Miletus, Herodotus, Eratosthenes และ Ptolemy โดยการสำรวจจริงวัดและใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ (mathematical approach) มาช่วยในการทำแผนที่ จากนั้นได้เข้าสู่ยุค Roman Empire ได้มีการทำแผนที่ถนนของกรุงโรม เป็นการทำแผนที่ที่เน้นระดับ ที่เล็กลงไป จากนั้นในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และ 2 แผนที่ได้รับความสำคัญและเป็นที่ยอมรับมาก ในวงการทหารในช่วง modern military revolution เพื่อเป็นเครื่องมือใช้เชิงยุทธศาสตร์ จนกระทั่ง ช่วงศตวรรษที่ 20 เริ่มเข้าสู่ยุคการเปลี่ยนแปลง การทำแผนที่เริ่มถูกสร้างโดยคอมพิวเตอร์ทำให้เกิด การพัฒนาเทคนิคอื่นด้านภูมิสารสนเทศตามไปด้วย



1.1.2 ยุคคอมพิวเตอร์ (ค.ศ. 1970-ปัจจุบัน)

ช่วงนี้ถือว่าเป็นช่วงที่คอมพิวเตอร์ใช้ระบบที่มีศักยภาพในการประมวลผลสูงมาก (Very Large Scale Integration: VLSI) อีกทั้งยังมีซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถสูง ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยสามารถแบ่งตามระยะที่สำคัญ ได้ทั้งสิ้น 4 ระยะ (ภาพ 1.1) ได้แก่

ระยะที่ 1 (ทศวรรษ 1970) เมื่อเข้าสู่ยุคเฟื่องฟูของคอมพิวเตอร์ ภูมิสารสนเทศก็ได้เริ่มเกิดและพัฒนาขึ้น ช่วงเวลานี้ถือว่าเป็นระยะของการเริ่มต้นที่เน้นการพัฒนา ระบบ (systems) มี innovators เพียงไม่กี่ร้อยคนเริ่มทำวิจัยหรือนวัตกรรมที่เน้นประเด็นพื้นฐานของภูมิสารสนเทศ ในช่วงนี้เน้นเกี่ยวกับการทำแผนที่จากคอมพิวเตอร์ (computer mapping) โดย programmer และผู้จัดการระบบเริ่มเข้ามามีบทบาทมากในช่วงนี้ ในขณะที่นักพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีบทบาทน้อยมาก จะเห็นว่าช่วงนี้ยังเน้นระบบ และไม่มีการวิเคราะห์หรือการประยุกต์ใช้ในแต่ละสถานการณ์มากนัก

ระยะที่ 2 (ทศวรรษ 1980) หลังจากผ่านพ้นช่วง 1970s ก็เริ่มมีการพัฒนาเครื่องมือทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และรีโมทเซนซิง เพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ในหลากหลายประเด็น ความซับซ้อนของศาสตร์ภูมิสารสนเทศเริ่มมากขึ้น ในช่วงนี้ programmer มีบทบาทสำคัญมากขึ้น นักพัฒนาทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS developers) ที่เดิมไม่มีบทบาทเลยกลับได้รับความสำคัญมากในช่วงนี้ ในขณะที่ผู้จัดการระบบ (system managers) เริ่มถูกลดบทบาทลงไปด้วยการแทนที่ของผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS specialists) และผู้จัดเตรียมข้อมูล (data providers) ดังนั้นในช่วงนี้ศาสตร์ทางภูมิสารสนเทศเริ่มมีความชัดเจนมากขึ้น ส่วนใหญ่เป็นการเน้นการประมวลผลเวกเตอร์ (vector processing) ของข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลจุด (point) เส้น (line) และพื้นที่ (area) นอกจากนี้ยังเริ่มมีการพัฒนาฐานข้อมูล การสร้างแบบจำลองแผนที่ (cartographic modeling) แทนการวิเคราะห์แผนที่ด้วยมือ เช่น การซ้อนทับแบบอินเตอร์เซกชัน (intersection) การซ้อนทับ (overlay) การทำพื้นที่กันออก (buffer) และการสืบค้นข้อมูลภูมิศาสตร์ (geo-query) ในช่วงเวลานี้เองความก้าวหน้าของ hardware และ software ทำให้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นที่สนใจของหลากหลายหน่วยงาน

ระยะที่ 3 (ทศวรรษ 1990) ในระยะนี้ programmer ทวีบทบาทมากขึ้นไปอีก นักพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ยังคงเป็นที่สนใจ (แต่เริ่มเปลี่ยนกลยุทธ์ในการพัฒนา เช่น หยุดการเขียน code เปลี่ยนไปเป็นการใช้ toolkits ในการพัฒนาหรือแก้ปัญหา) ในขณะที่ผู้จัดการระบบถูกให้ความสำคัญมากขึ้น นอกจากนั้นเริ่มมีผู้ใช้งานด้านภูมิสารสนเทศมากขึ้น เริ่มมีการประยุกต์ใช้ในการวางแผนแก้ปัญหามากขึ้นเป็นลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงนี้ผู้จัดเตรียมข้อมูลเริ่มถูกลดบทบาทลงไป เนื่องจากข้อมูลได้ถูกสร้างและพัฒนาจนเพียงพอต่อความต้องการในช่วง 10 ปีก่อนหน้านี้ ช่วงนี้ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกเริ่มถูกนำมาใช้และช่วยในงานทางด้านภูมิสารสนเทศในการกำหนดทิศทางของสิ่งปลูกสร้างและปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลกพร้อมกับการบูรณาการร่วมกับเทคโนโลยีรีโมทเซนซิง



ระยะที่ 4 (ทศวรรษ 2000) ในระยะนี้เองที่ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านต่างมีบทบาทเท่าเทียมกันทั้งหมด โดยผู้ใช้งานภูมิสารสนเทศเริ่มขยายวงกว้างมากขึ้นไปอีก ในขณะที่ผู้เชี่ยวชาญระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์กลับถูกลดความสำคัญลงเล็กน้อย แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าผู้จัดเตรียมข้อมูลที่เคยถูกลดบทบาทลงไปในช่วง 1990s กลับมามีบทบาทสำคัญอีกครั้ง เพราะประเด็นเกี่ยวกับมาตรฐานของข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีการสร้างจากหลากหลายหน่วยงานด้วยมาตรฐานที่ต่างกัน จึงทำให้ยากต่อการใช้งาน ดังนั้นในช่วงหลังนี้จึงเกิดแนวคิดในการปรับปรุงมาตรฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน จะเห็นว่าช่วงนี้ทั้งระบบและการประยุกต์ต่างมีความสำคัญเท่าเทียมกัน ภูมิสารสนเทศเริ่มเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย สังเกตจากการสร้างโปรแกรม google earth ที่แสดงแผนที่ได้ทั่วโลก แสดงข้อมูลด้วยเทคโนโลยีทันสมัยแบบ 3D พร้อมทั้งแสดงข้อมูลจริงของพื้นที่ด้วยโปรแกรม street view นอกจากนี้ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกยังเป็นที่รู้จักและแทรกซึมเข้าเป็นฟังก์ชันการใช้งานของอุปกรณ์ที่ประชาชนใช้ในชีวิตประจำวัน ช่วงนี้ประเด็นความต้องการในการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติ และการสร้างแบบจำลองเพิ่มมากยิ่งขึ้น สิ่งนี้เองที่ทำให้ให้นักพัฒนาได้รับความพัฒนามากขึ้นโดยเน้นบทบาทในการวางแผนและปรับกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับผู้ใช้งานทุกระดับ ทั้งการนำทางของผู้ขับขี่ ผู้ใช้งานที่มีความรู้เพิ่มมากขึ้นในการใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ



ภาพ 1.1 พัฒนาการของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
ที่มา: ผู้เขียน



ระยะที่ 5 (ทศวรรษ 2010) เป็นระยะเวลาที่คาดเดาว่าสถานการณ์ความเป็นไปของภูมิสารสนเทศจะต้องมีลักษณะเหมือนแพ ที่เป็นการรวมทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ใช้งานสาธารณะเข้าไว้ด้วยกัน เน้นการประยุกต์ใช้ที่ประกอบไปด้วย programmers นักพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และผู้จัดการระบบ ที่มุ่งเน้นระบบ (system) ชุมชนภูมิสารสนเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการไปสู่ความสมบูรณ์แบบ ความท้าทายอันใหญ่หลวงที่ต้องเผชิญในอนาคต คือ การที่ทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และผู้ใช้ ที่จะต้อง “คิดด้วยแผนที่ (think with maps)” แทนที่เพียงแค่ “การทำแผนที่ (mapping)” ซึ่งการทำแผนที่ดิจิทัลสมัยใหม่ต้องตอบคำถามให้ได้ว่า แผนที่ คือ อะไรและใช้อย่างไร

1.2 พัฒนาการของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการศึกษาเกี่ยวกับโรค

ถึงแม้ว่าการศึกษาทางด้านโรคหรือการแพทย์ได้เริ่มขึ้นมาเนิ่นนาน ด้วยความเชื่อและวิธีการศึกษาที่มีความหลากหลาย ทั้งยังมีการศึกษา คิดค้น ขยายวงกว้างมากขึ้น แต่การศึกษาในช่วงแรกยังเป็นการศึกษาโดยใช้เทคนิควิธีการทางการแพทย์เท่านั้น หลังจากศาสตร์ทางด้านภูมิศาสตร์ได้ถือกำเนิดขึ้นโดย Herodotus (484-425 BC) ทำให้ศาสตร์นี้เริ่มเป็นที่รู้จัก และถูกเริ่มนำเอาแนวคิดและทฤษฎีทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ในการศึกษาทางด้านสุขภาพหรือด้านสุขภาพ ทั้งนี้ในยุคแรกยังไม่ได้มีการนำภูมิสารสนเทศมาใช้ แต่เป็นการนำแนวคิดเชิงภูมิศาสตร์มนุษย์ เช่น Hippocrates (460-370 BC) แพทย์ชาวกรีก เป็นคนแรกที่ไม่เชื่อว่าโรคเกิดจากโชคชะตาหรือพระเจ้า แต่เชื่อว่าโรคเกิดจากสภาพแวดล้อมที่ผู้ป่วยสัมผัส เขาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโรคและลักษณะทางภูมิศาสตร์ทั้งอากาศ น้ำ และสถานที่ หลังจากนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสุขภาพ (health) และสถานที่ (place) ก็มีมากขึ้น เน้นประเด็นการตีความทางวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมที่สัมพันธ์กับการก่อโรค เน้นการตีความทรัพยากรธรรมชาติที่สัมพันธ์ต่อคน สถานที่ วิถีชีวิต และกิจกรรมจากการทำงานที่ส่งผลต่อโรค การเคลื่อนย้ายจากสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่งถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพของคน ทำให้การศึกษาทางด้านภูมิศาสตร์การแพทย์ต้องระบุสถานที่เพื่อเป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษาโรคก่อนที่ภูมิอากาศการแพทย์ (medical climatology) อุตุนิยมวิทยาการแพทย์ (medical meteorology) และภูมิศาสตร์การแพทย์ (medical geography) จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาทางการแพทย์ หรือเป็นส่วนหนึ่งของการคิดหรือปรัชญาทางการแพทย์ ผู้คนจะใช้ปัจจัยเหล่านี้ในการตอบคำถามเมื่อเกิดการเดินทาง การเคลื่อนย้าย การย้ายที่อยู่อาศัยทั้งชั่วคราวในบางสถานการณ์ หรือการเลือกพื้นที่ใหม่เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยถาวร

ภายหลังจากที่ Hippocrates เริ่มสนใจความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคกับปัจจัยทางภูมิศาสตร์ แต่การศึกษาดังกล่าวยังขาดเครื่องมือเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะมาช่วยในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย รวมถึงการแสดงผลการศึกษาให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง โดยหากย้อนไปในอดีตที่เริ่มมีการนำภูมิสารสนเทศมาใช้งานในแต่ละรูปแบบ ดังที่กล่าวแล้วในหัวข้อข้างต้น รูปแบบของการนำไปใช้งานในช่วงแรกมักเน้นภูมิทัศน์ของท้องถิ่น (local landscape) เป็นสำคัญ หลังจากนั้นจึงเริ่มเน้นการตีความพื้นผิวและภูมิทัศน์ของโลก (global landscape) ซึ่งหลังจากที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมเริ่มเป็นที่นิยม ก็ทำให้มนุษย์ได้มองเห็นความแตกต่างของโลกในแต่ละช่วงเวลาและสถานที่ได้มากยิ่งขึ้น ช่วยในการวัดขนาด พื้นที่ ความลึก และความสูงของภูมิประเทศ ทำให้เกิดการค้นคว้าหาความรู้ใหม่เฉพาะทางมากขึ้น โดยสามารถสรุปการนำภูมิสารสนเทศสำหรับการศึกษาทางด้านสุขภาพตามยุค ได้ทั้งสิ้น 3 ยุคหลัก ดังนี้

1.2.1 ยุคเริ่มต้น (ก่อนครึ่งแรกของศตวรรษที่ 19)

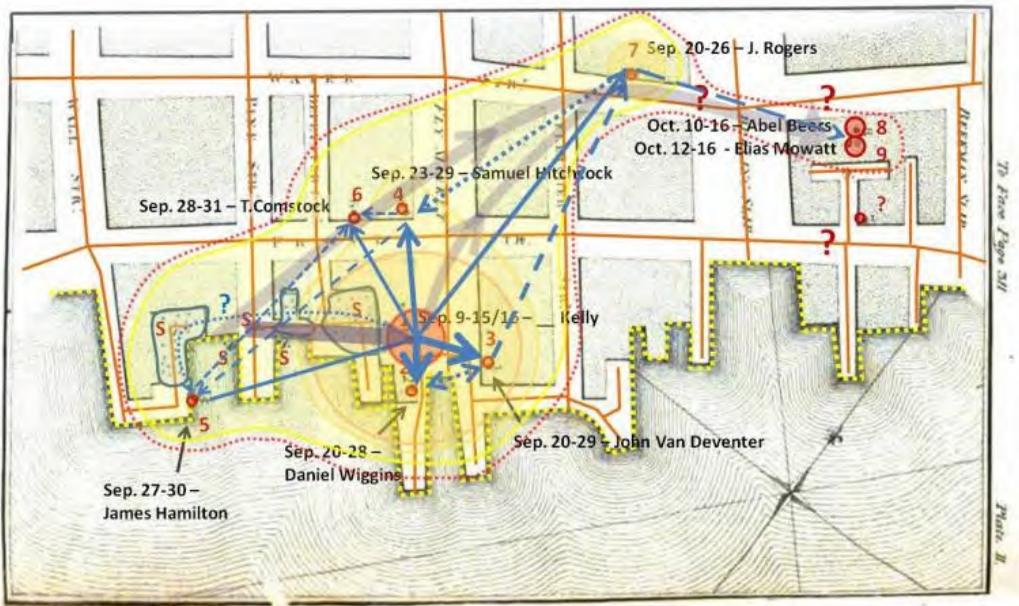
ยุคนี้เป็นยุคเริ่มต้นการทำแผนที่โรค (disease map) โดยบุคคลแรกที่ริเริ่มในการสร้างแผนที่โรค คือ Seaman (1800) ซึ่งเขาได้ทำแผนที่บันทึกการระบาดของไข้เหลือง (yellow fever) ใน New York-New Jersey สหรัฐอเมริกา ที่เกิดจากการขนย้ายสินค้าระหว่างประเทศบริเวณท่าเรือ เป็นโรคที่เกิดจากชาวต่างชาติที่เดินทางเข้ามายัง New York งานของเขาได้ถูกตีพิมพ์ในปี 1804 แผนที่นี้มีประโยชน์ในการค้นพบในยุคนั้น เป็นการช่วยในการหาสาเหตุของการรวมกลุ่มของผู้ป่วย จากผลงานที่เขานำเสนอพบว่า การกระจายเชิงพื้นที่ของผู้ป่วยมีรูปแบบคล้ายทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศ สภาพความชื้นและอุณหภูมิของพื้นที่ และรูปแบบประชากรของภูมิภาครวมทั้งรูปแบบการใช้ที่ดิน สิ่งปรากฏในแผนที่เหล่านี้ทำให้ง่ายต่อการหาความสัมพันธ์แบบจุดต่อจุด (point-to-point relationships) โดยแผนที่ไข้เหลืองที่ถูกผลิตขึ้นในช่วงนี้เป็นแผนที่โรคที่น่าเสนอตำแหน่งของผู้ป่วยที่พบจริงที่มีการเคลื่อนย้าย ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่ผู้ป่วยไข้เหลืองมีการเคลื่อนย้ายได้

ปัจจัยเส้นทางการขนส่งได้ถูกนำมาพิจารณาในรูปแบบของปัจจัยหลักของการแพร่กระจายของการอพยพของผู้ป่วยไข้เหลือง ความสำคัญของเส้นทางการส่งสินค้าถูกลดความสำคัญลงไป เนื่องจากถูกโต้แย้งว่าลักษณะเฉพาะถิ่นของพื้นที่ขนาดเล็กเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งบ่งบอกเป็นนัยยะว่าเส้นทางการขนส่งสินค้ามีผลโดยอ้อมต่อการเกิดโรค ปัจจัยโดยตรง คือ ผู้คนที่เดินทางผ่านสภาพแวดล้อมระหว่างการอพยพ ซึ่งต้องเผชิญลักษณะสภาพแวดล้อมที่ทำให้พวกเขาอ่อนแอต่อโรคหรือเสี่ยงต่อการรับเชื้อ โดยสืบหาเส้นทางแรกที่ใช้ในการเดินทาง การเก็บข้อมูลและการตีความเริ่มต้นขึ้นเพื่อหาข้อสรุปของเหตุการณ์การระบาดของไข้เหลืองที่แพร่ระบาดเข้ามาถึงทางตอนเหนือของอเมริกาใน ค.ศ. 1821 แพทย์ในช่วงนี้เน้นทั้งการวิเคราะห์และการตัดสินใจจากรูปแบบของโรคเชิงพื้นที่เกี่ยวกับ

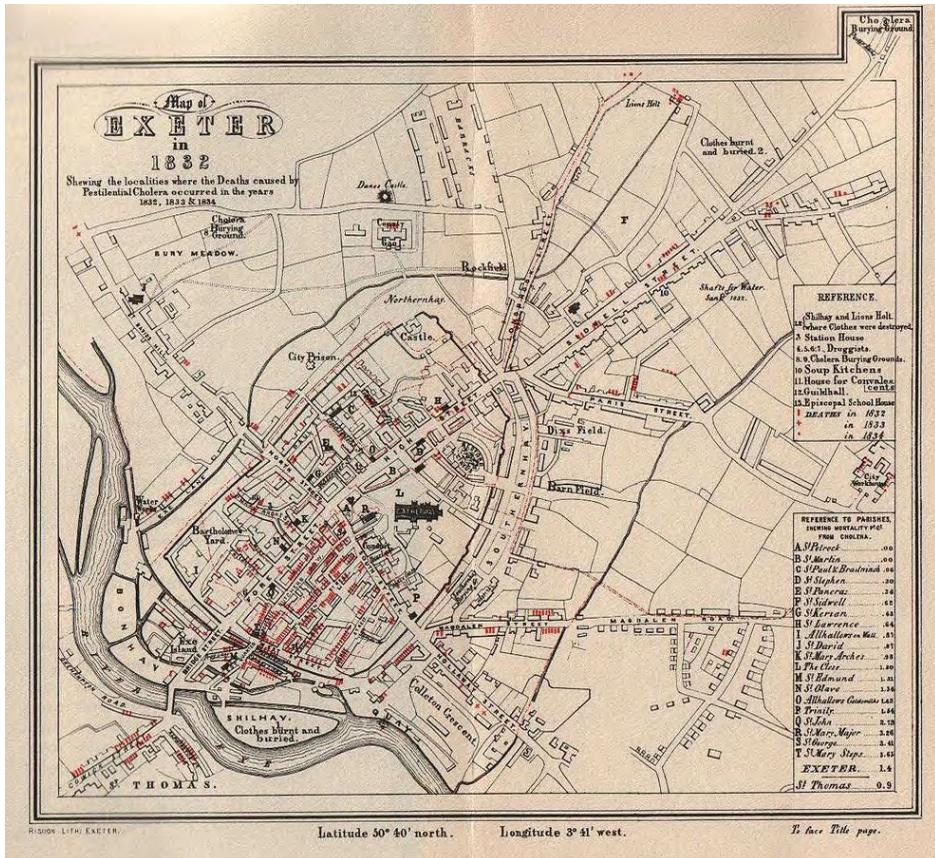


สาเหตุและผลของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างจุดเริ่มต้นของโรค สถานที่ที่ผู้ป่วยเดินทางผ่าน และจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของผู้ป่วย โดยการแสดงเป็นจุดหรือพื้นที่ขนาดเล็กบนแผนที่ (ภาพ 1.2) งานของเขาถือว่าเป็นประโยชน์ต่อแพทย์และนักการเมืองในพื้นที่เป็นอย่างมาก

หลังจากนั้น Shapter (1832) ได้ทำแผนที่แสดงอหิวาตกโรค โดยเน้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมและโรค เขาเขียนหนังสือเรื่อง “*The History of the Cholera in Exeter in 1832*” ที่ได้รับการตีพิมพ์ใน ค.ศ. 1849 ผลงานชิ้นนี้ของเขาประสบความสำเร็จมากในช่วงนั้นและได้รับการกล่าวขานว่าเป็นการวิเคราะห์ในแนวระบาดวิทยาเชิงประวัติ (historical epidemic) ผลงานของเขาได้วิเคราะห์การได้รับเชื้อโรคในเขตเมือง ปฏิบัติการของผู้คนและเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบด้านสาธารณสุขในการรับมือกับการระบาดของโรค ผลงานของเขาได้นำเสนอภาพที่แสดงสภาพแวดล้อมของพื้นที่เมืองที่ช่วยทำให้การวิเคราะห์การแพร่ระบาดของโรคในเขตเมืองได้เป็นอย่างดี เน้นปัญหาของเมืองในช่วงศตวรรษที่ 19 ที่เกิดการบริหารที่ไม่เท่าเทียมกันทั้งการจัดสรรงบประมาณ หน่วยงานบุคลากร ผลงานของ Shapter เป็นที่รู้จักอย่างดีใน London เพราะเขาทำแผนที่แสดงสภาพของพื้นที่ของผู้ที่เสียชีวิตจากโรค ได้แสดงแหล่งน้ำบนถนน Broad ทำให้แผนที่ของเขาได้รับการเรียกขานในวงกว้างว่า “Ghost Map” (ภาพ 1.3)



ภาพ 1.2 ตัวอย่างแผนที่การแพร่ระบาดของไข้เหลืองของ Seaman ค.ศ. 1800 แสดงเส้นทางการแพร่ระบาดจากคัสเตอร์ผู้ป่วย
ที่มา: Seaman (1800)



ภาพ 1.3 แผนที่อิวตาดกโรคส่วนหนึ่งในหนังสือเรื่อง “The History of the Cholera in Exeter in 1832”

ที่มา: Shapter (1849)

ผลงานของ Shapter ขึ้นนี้ได้ส่งผลต่อ Snow (1856) ซึ่งเขาเป็นแพทย์ชาวอังกฤษที่ได้นำงานของ Shapter มาขยายผล ทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเกิดโรคมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น งานของ Snow ได้เน้นแผนที่จุด (spot map) ที่ช่วยในการแสดงภาพความสัมพันธ์ของผู้เสียชีวิตจากอิวตาดกโรคและสภาพแวดล้อม ผลงานตีพิมพ์ชิ้นแรกของเขาใน ค.ศ. 1849 คือ “On the Model of Communication of Cholera” เขาพบว่าสาเหตุของการระบาดของอิวตาดกโรคใน London นั้นเป็นเพราะน้ำดื่มเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งเครื่องสูบน้ำที่มีการแจกจ่ายน้ำให้แก่ประชาชนที่อาศัยโดยรอบ ดังข้อความที่ Snow ได้เขียนไว้.....



“On proceeding to the spot, I found that nearly all the deaths had taken place within a short distance of the [Broad Street] pump. There were only ten deaths in houses situated decidedly nearer to another street-pump. In five of these cases the families of the deceased persons informed me that they always sent to the pump in Broad Street, as they preferred the water to that of the pumps which were nearer. In three other cases, the deceased were children who went to school near the pump in Broad Street...

With regard to the deaths occurring in the locality belonging to the pump, there were 61 instances in which I was informed that the deceased persons used to drink the pump water from Broad Street, either constantly or occasionally...

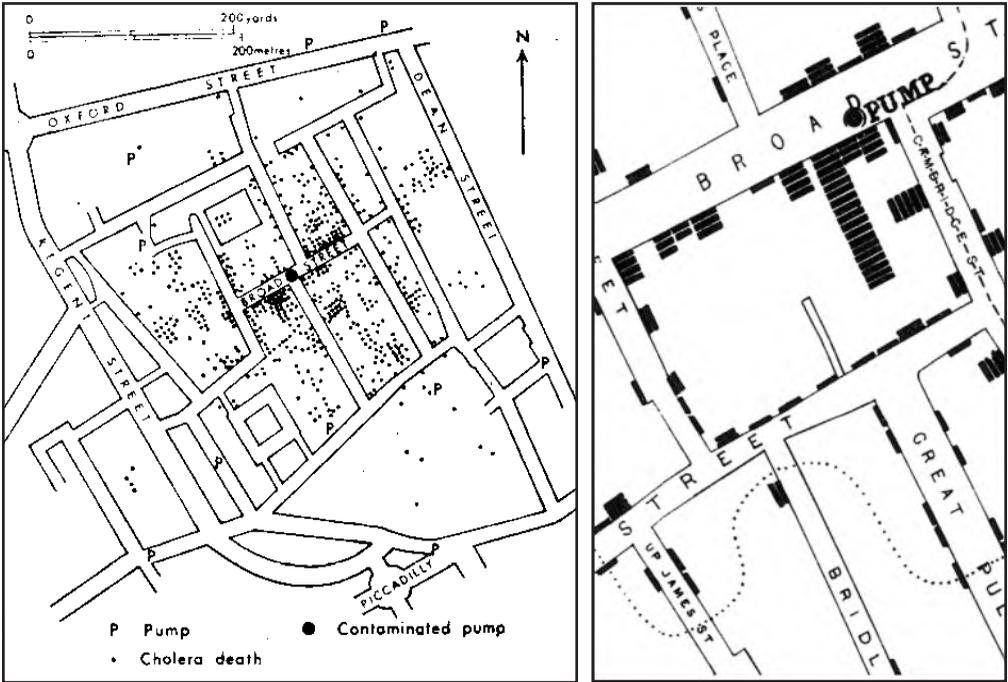
The result of the inquiry, then, is, that there has been no particular outbreak or prevalence of cholera in this part of London except among the people who were in the habit of drinking the water of the above-mentioned pump well.

I had an interview with the Board of Guardians of St James’s parish, on the evening of the 7th inst [7 September] and represented the above circumstances to them. In consequence of what I said, the handle of the pump was removed on the following day.”

—Snow, letter to the editor of the Medical Times and Gazette (อ้างใน Brody et al, 2000).

จากการนำเสนอแผนที่ความสัมพันธ์ระหว่างที่อยู่ของผู้ที่เสียชีวิตจากโรคและที่ตั้งของเครื่องสูบน้ำ เขาจึงได้เสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยการนำเครื่องสูบน้ำออกจาก Broad street (ภาพ 1.4) เพราะนั่นคือ สาเหตุของการระบาดของโรค และหลังจากการนำเครื่องสูบน้ำออกไปจากถนน การระบาดของอหิวตไคร์ก็ชะงักลงไป





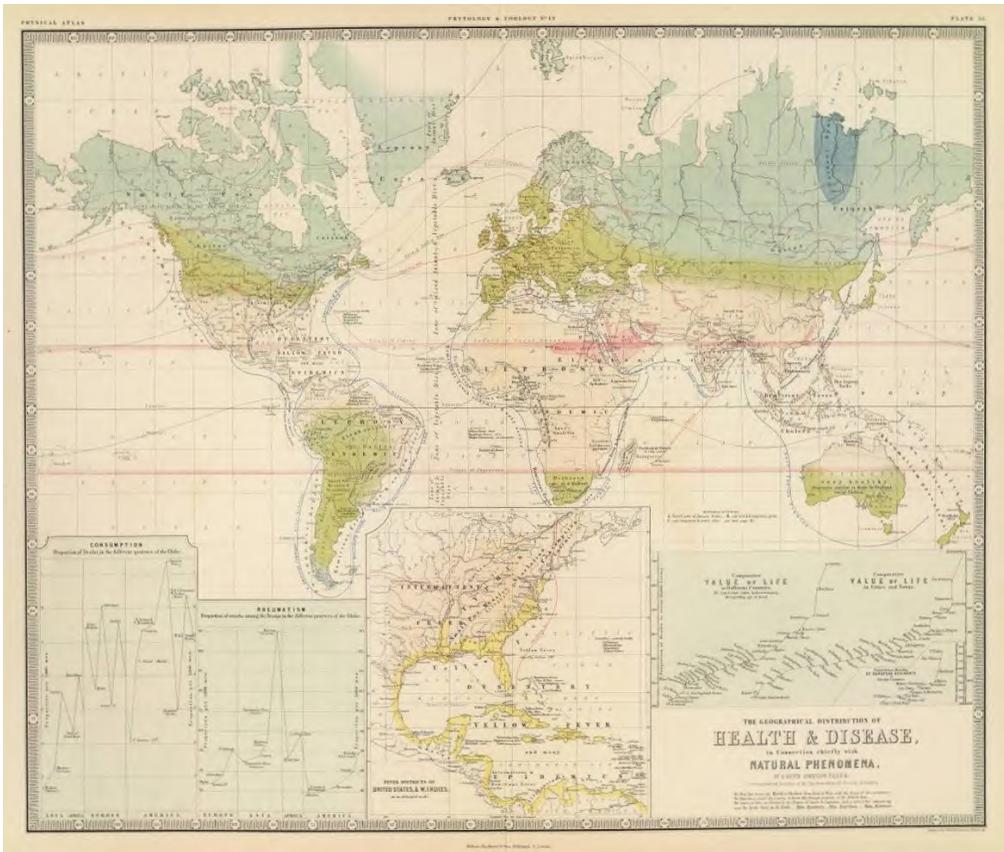
ภาพ 1.4 แผนที่การตายจากอหิวาตกโรคบน Broad street ของ John Snow
ที่มา: Snow (1849)

Berghaus (1848, อ้างใน Camerini, 2012) ได้ผลิตหนังสือแผนที่ (atlas) เล่มแรกของโลก ชื่อ “Physikalischer Atlas” ประกอบด้วยแผนที่ 90 ชิ้น ความตั้งใจของเขาที่ปรากฏในผลงานชิ้นนี้ คือ แผนที่โรค (disease map) (ภาพ 1.5) นับเป็นแผนที่ในยุคแรกของโลกที่นำเสนอการกระจายทางภูมิศาสตร์ที่สัมพันธ์กับกระบวนของโรคที่เกิดในมนุษย์ แผนที่ฉบับนี้ได้เป็นที่รู้จักในหมู่นักแผนที่ทางการแพทย์ ที่นำเสนอทั้งการสังเคราะห์โรคในสมัยแรกและเป็นการเริ่มต้นของการทำแผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map) เป็นผลงานที่ส่งเสริมให้แนวความคิดและการนำเสนอเกี่ยวกับโลกมีความชัดเจนมาก และยังทำให้ “Humboldtian science” เป็นที่รู้จักไปเป็นวงกว้าง



ภาพ 1.5 บางส่วนของแผนที่โรคใน *Physikalischer Atlas* ของ Berghaus ค.ศ. 1848
ที่มา: Berghaus (1848)

นอกจากนั้นยังมีผลงานของ Muhry (1857) ที่โด่งดังไม่แพ้กัน เขาได้เสนอแผนที่โรคของโลก (global disease map) โดยอาศัยแผนที่เส้นเท่า (isotherm map) ในการกำหนดโซนของโลกเป็น 3 โซน คือ เขตร้อน ชุ่มชื้น และหนาวเย็น และวิเคราะห์สภาพอากาศของแต่ละเขตว่ามีความสัมพันธ์กับการระบาดของโรคเฉพาะถิ่นอย่างไรบ้าง มุ่งเน้นโรคโดยอาศัยประวัติการเดินทาง การอพยพ และการค้นพบ (ภาพ 1.6) งานของเขาได้รับการกล่าวขานว่าเป็นการสร้างแผนที่โรคโดยอาศัยพื้นที่เป็นฐาน (area-based disease tendency map) อย่างไรก็ตามงานของเขาเป็นการวิเคราะห์โรคในมาตราส่วนใหญ่ จากนั้นก็ได้เริ่มนำงานของเขามาปรับเพื่อการวิเคราะห์ในพื้นที่เล็กลงไป ในระดับประเทศ เมือง ชนบท เป็นต้น โดยบุคคลที่เริ่มลดขนาดขอบเขตพื้นที่ในการวิเคราะห์ ได้แก่ Bowditch (1857) เขาได้ตีพิมพ์ผลงานโดยอาศัยการทำแผนที่โรควัดโรค แผนที่นี้เน้นการนำเสนอความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของประเภทดินที่มีผลต่อวัณโรค เป็นการศึกษาในรัฐ Massachusetts เป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างของดินภายในพื้นที่ โดยสร้าง choropleth map และหาความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินแต่ละพื้นที่ (ภาพ 1.7) โดยอาศัยสถิติอิทธิภูมิและความขึ้นมาประกอบการวิเคราะห์ บทความของเขาแนะนำเสนอแผนที่ทางระบาดวิทยาที่เน้นการวิเคราะห์พื้นที่ขนาดเล็กและเน้นลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา



ภาพ 1.6 แผนที่เส้นเท่าและความสัมพันธ์ต่อโรค ของ Johnston ค.ศ. 1856

ที่มา: Muhry (1857)

ช่วงสิ้นสุดศตวรรษที่ 18 การทำแผนที่โรคเป็นที่นิยมในวงการทหาร การแพทย์ และวิทยาศาสตร์ ในช่วงเวลานี้หลังจากภูมิสารสนเทศเริ่มได้รับการนำมาใช้กับศาสตร์ทางการแพทย์มาได้ระยะหนึ่ง สามารถสรุปรูปแบบการศึกษาโดยการนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ได้ 2 แบบ คือ 1) แผนที่ที่เน้นการนำเสนอข้อมูลจุด ได้แก่ ที่อยู่ของผู้ป่วย ที่อยู่ของผู้ป่วยที่สัมพันธ์กับโรค และ 2) แผนที่พื้นที่เสี่ยง ที่สร้างจากความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรค โดยทั้ง 2 รูปแบบเกิดขึ้นในช่วงกลางทศวรรษ 1840

