

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานของจังหวัดนนทบุรี และขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน

Relationship between Morphological Characteristics of Nonthaburi Province and Emergency Medical Service Parameter

รับบทความ	07/05/2568
แก้ไขบทความ	04/06/2568
ยอมรับบทความ	12/06/2568

ปณิธิตา ปันทะจักร์* ไชศรี ภักดีสุขเจริญ
ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Panthita Panthajak, Khaisri Paksukcharern

Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

p.panthajak@gmail.com, khaisri.p@chula.ac.th

*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

โรงพยาบาลเป็นสาธารณูปการสำคัญที่ตอบสนองความต้องการด้านสาธารณสุขของเมือง โดยเฉพาะโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินควรต้องมีระดับความเป็นสาธารณะสูงมีพื้นที่ตั้งเชื่อมโยงสัมพันธ์กับพื้นที่เมืองเป็นอย่างดี เข้าถึงได้สะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งการขยายตัวของเมืองและโครงสร้างพื้นฐานอย่างต่อเนื่องนั้น อาจทำให้ขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินไม่ครอบคลุมพื้นที่เหมือนเช่นเคย และส่งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุขของเมือง โดยสถานการณ์การแพทย์ฉุกเฉินของจังหวัดนนทบุรียังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ คือระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาที ไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะเชิงสัณฐานของจังหวัดนนทบุรี อันประกอบด้วยรูปแบบโครงข่ายการสัญจร (transit network pattern) รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร (land use and building use pattern) และรูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและที่ว่าง (figure and ground pattern) วิเคราะห์ร่วมกับศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ของโรงพยาบาลระดับเมือง (global potential of accessibility and visibility) และระดับย่าน (local potential of accessibility and visibility) การเชื่อมต่อ (potential of connectivity) ด้วยชุดทฤษฎีและเทคนิคสเปซซินแทกซ์ (space syntax) และสรุปความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจร เพื่อให้ทราบถึงความสามารถในการทำความเข้าใจเมือง/ย่าน (intelligibility coefficient) และความผสมผสาน (synergy coefficient) โดยโรงพยาบาลที่มีประสิทธิภาพการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินที่ดีในจังหวัดนนทบุรีจะมีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่าน (local integration) และการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (connectivity) ที่สูง คือมีที่ตั้งอยู่บนหรือใกล้ถนนสายหลักไม่เกิน 1 เลี้ยว มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคารมากกว่า 3 ประเภท มวลอาคารส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมีสัดส่วนของที่ว่างใกล้เคียงกัน โดยเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินใด ๆ ผู้ใช้งานพื้นที่ทุกประเภทจะเลือกใช้เส้นทางที่ใกล้ที่สุดเพื่อสัญจรเข้าถึงพื้นที่ได้ง่าย และสะดวกด้วยจำนวนเลี้ยวที่น้อยที่สุด นำมาสู่การเสนอแนวทางการพัฒนาระบบการแพทย์ฉุกเฉินด้วยการปรับระดับศักยภาพ และเพิ่มขีดความสามารถของโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่บนโครงข่ายการสัญจรที่มีศักยภาพเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อให้มีขอบเขตการให้บริการที่ครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การแพทย์ฉุกเฉิน โรงพยาบาล ลักษณะเชิงสัณฐาน สเปซซินแทกซ์ นนทบุรี

Abstract

Hospitals are essential public infrastructure designed to serve the healthcare needs of urban populations, especially those offering emergency medical services (EMS), rely on a high level of publicness, with a spatial morphology that are well-connected to the urban context to ensure accessible, rapid, and efficient healthcare services. However, this quality may be compromised due to the ongoing urban expansion, which can lead to a reduction in the comprehensiveness of EMS coverage and potentially impact the efficiency and equity of the urban healthcare system. In Nonthaburi Province, EMS performance does not meet the national standard of response time within 8 minutes in at least 36% of cases. This study analyzes urban morphological characteristics in Nonthaburi, focusing on 3 key aspects: transit network pattern, land use and building use pattern and figure and ground pattern. Using space syntax methods, the research assesses spatial potentials such as the global and local potentials of accessibility and visibility and connectivity potential, alongside street network configurations through intelligibility coefficients which assesses how easily users can comprehend the spatial layout and the synergy coefficient, which measures the integrative capacity of the urban fabric. Results indicate that effective EMS depends on hospital locations with high local integration and well-connected street networks. Areas with small urban blocks and multiple access routes enable quicker and more direct emergency responses. The study concludes that optimizing hospital placement based on spatial potential and transit data can improve EMS performance, support urban growth, and ensure hospitals remain responsive to increasing healthcare demands.

Keywords: *Emergency Medical Services (EMS), hospital, morphological characteristics, space syntax, Nonthaburi*

ที่มาและความสำคัญ

โรงพยาบาลควรต้องมีขอบเขตการให้บริการที่ครอบคลุมความต้องการด้านสาธารณสุขอย่างเท่าเทียม ทั้งถึง ทุนเวลา และมีมาตรฐาน ตามนิยามของการแพทย์ฉุกเฉินที่มีระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเสียชีวิต ความพิการ การบาดเจ็บที่รุนแรงมากขึ้น (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2554) แม้โรงพยาบาลจะตั้งอยู่ใจกลางเมืองหรือในชุมชนก็มักพบอุปสรรคเชิงพื้นที่ จากความล่าช้าในการค้นหาจุดเกิดเหตุ และเส้นทางนำส่งที่ไม่ชัดเจน เนื่องจากประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ (spatial efficiency) นั้นขึ้นอยู่กับศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ (potential of accessibility and visibility) ด้วย ทว่าการตั้งอยู่ของโรงพยาบาลมักไม่สัมพันธ์กับขอบเขตการให้บริการปัจจุบัน ซึ่งระยะเริ่มก่อตั้งได้อ้างอิงจากเกณฑ์ขนาดพื้นที่และประชากร เพื่อระบุขอบเขตการให้บริการในช่วงเวลานั้น ๆ รวมถึงจังหวัดนนทบุรีมีการขยายตัวของเมืองอย่างต่อเนื่อง มีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงขึ้น มีความพร้อมของระบบสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน และการขยายเส้นทางคมนาคมที่หลากหลาย อันส่งผลให้โรงพยาบาลเข้าถึงได้ยากขึ้น และไม่อยู่ในศูนย์กลางของขอบเขตการให้บริการเดิม

จังหวัดนนทบุรีมีโรงพยาบาลที่ให้บริการ 12 แห่ง ในพื้นที่ 6 อำเภอ แต่ก็ยังไม่เพียงพอและไม่ทั่วถึง โดยอำเภอเมืองนนทบุรี ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงพยาบาลขนาดใหญ่ มีจำนวนครั้งของปฏิบัติการฉุกเฉินและมีจำนวนเตียงมากที่สุด แต่มีค่าเฉลี่ย response time ภายใน 8 นาที น้อยกว่าอำเภออื่น ๆ ที่มีระดับการให้บริการของโรงพยาบาลที่เล็กกว่า และมีจำนวนครั้งของปฏิบัติการฉุกเฉินที่น้อยกว่า ภาพรวมทั้งจังหวัดนนทบุรีมีค่าเฉลี่ย response time ภายใน 8 นาที อยู่ที่ 5.23 นาที คิดเป็นร้อยละ 7.50 ซึ่งผลลัพธ์ยังไม่เป็นไปตามตัวชี้วัดของระบบปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินที่ต้องมี response time ภายใน 8 นาที ไม่น้อยกว่าร้อยละ 36 (สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2565) แสดงให้เห็นว่า โรงพยาบาลในจังหวัดนนทบุรีมีบริการกว้างเกินกว่าที่จะให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ตาราง 1 สถานการณ์การแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรีประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

โรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน ในจังหวัดนนทบุรี	สังกัด	ระดับ	จำนวน เตียง	จำนวนปฏิบัติการ ฉุกเฉิน (ครั้ง)	ค่าเฉลี่ย RT ภายใน 8 นาที (นาที)	ร้อยละ RT ภายใน 8 นาที
โรงพยาบาลพระนั่งเกล้า	รัฐบาล	A	611	2,189	4.57	11.39
สถาบันบำราศนราดูร	รัฐบาล	M1	234	1,368	5.73	1.34
อำเภอเมืองนนทบุรี			845	3,557	5.15	6.37
โรงพยาบาลปากเกร็ด	รัฐบาล	F1	76	232	5.00	3.54
ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	รัฐบาล	S	424	714	5.95	8.59
โรงพยาบาลวิภาวดีปากเกร็ด	เอกชน	F1	100	1	0.00	0.00
อำเภopakเกร็ด			600	947	5.48	6.07
โรงพยาบาลบางบัวทอง	รัฐบาล	M2	220	699	3.99	7.06
โรงพยาบาลบางบัวทอง 2	รัฐบาล	F2	33	254	6.00	4.34
เกษมราษฎร์รัตนวิเศษ	เอกชน	M2	119	7	3.00	20.00
อำเภอบางบัวทอง			372	960	4.33	10.47
โรงพยาบาลบางใหญ่	รัฐบาล	M2	144	583	3.69	11.92
โรงพยาบาลเกษมราษฎร์อินเตอร์เนชั่นแนลรัตนวิเศษ	เอกชน	M2	133	8	0.00	0.00
อำเภอบางใหญ่			277	591	3.69	11.92
โรงพยาบาลบางกรวย	รัฐบาล	F1	60	1,230	5.25	8.75
อำเภอบางกรวย			60	1,230	5.25	8.75
โรงพยาบาลไทรน้อย	รัฐบาล	F2	58	235	7.50	1.44
อำเภอไทรน้อย			58	235	7.50	1.44
รวม			2,212	7,520	5.23	7.50

ที่มา: ปรับปรุงจากฐานข้อมูล ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (ITEMS) โดย สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ, 2566.

(https://ws.niems.go.th/items_front/index.aspx)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัณฐานกับศักยภาพเชิงพื้นที่ของโรงพยาบาล และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานของพื้นที่ และขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลในจังหวัดนนทบุรี

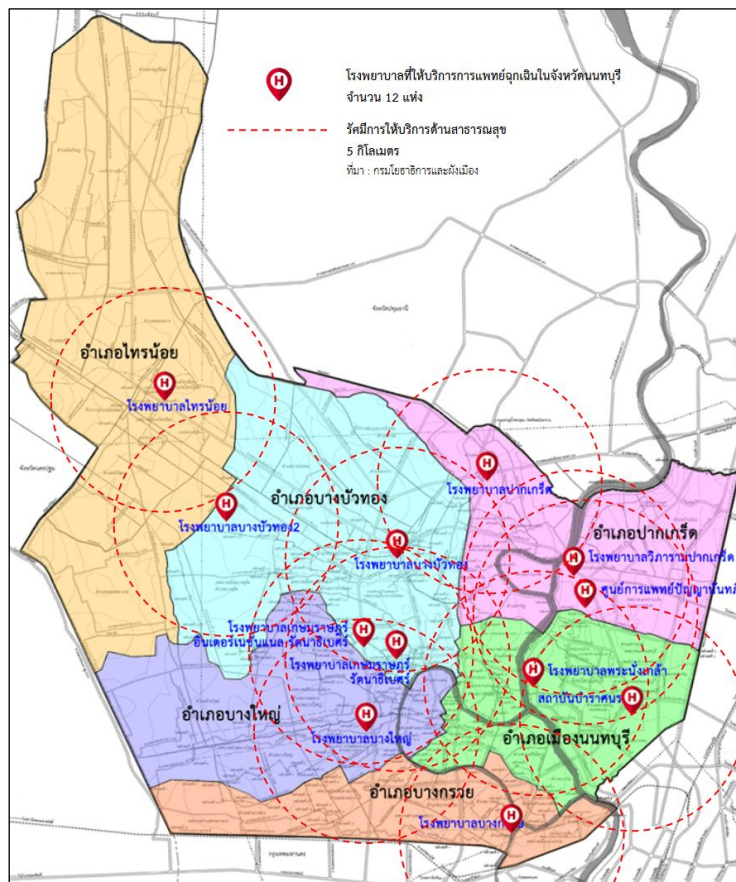
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) มุ่งเน้นการศึกษาด้านกายภาพ โดยกำหนดประเด็นจากสถานการณ์การแพทย์ฉุกเฉินปัจจุบันของจังหวัดนนทบุรี จัดทำแผนที่ลักษณะเชิงสัณฐานพื้นที่โรงพยาบาลนำมาวิเคราะห์ร่วมกับศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ และความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจร เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าเชิงสถิติต่าง ๆ และนำมาสรุปผลความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานของจังหวัดนนทบุรี และขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน

ตาราง 2 สรุปประเด็นการศึกษาและเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2566)

ประเด็นการศึกษา		เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
ลักษณะเชิงสัณฐาน	รูปแบบโครงข่ายการสัญจร (street pattern)	แผนที่การซ้อนทับของชั้นข้อมูล
	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร (land use and building use)	ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (GIS)
	รูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและที่ว่าง (urban figure and ground)	แผนที่ภาพและพื้น (figure and ground map)
ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่	ระดับพื้นที่รวม/ระดับเมือง (global integration)	แบบจำลองเชิงพื้นที่
	ระดับพื้นที่เฉพาะ/ระดับย่าน (local integration)	(space syntax)
	การเชื่อมต่อ (connectivity)	
ความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจร	ความสามารถในการทำความเข้าใจเมือง/ย่าน (intelligibility coefficient)	สถิติ (scattergram)
	ความผสาน (synergy coefficient)	

พื้นที่ศึกษา



ภาพ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี 12 แห่งและรัศมีการให้บริการ 5 กิโลเมตร

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัญญาณ

พิจารณาจากองค์ประกอบทางกายภาพ 3 ประเภท ในรัศมีการให้บริการ 5 กิโลเมตรของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี เพื่อใช้ระบุ หรือจำแนกลักษณะของย่าน หรือเมืองอย่างเป็นรูปธรรม ดังนี้

รูปแบบโครงข่ายการสัญจร (street pattern)

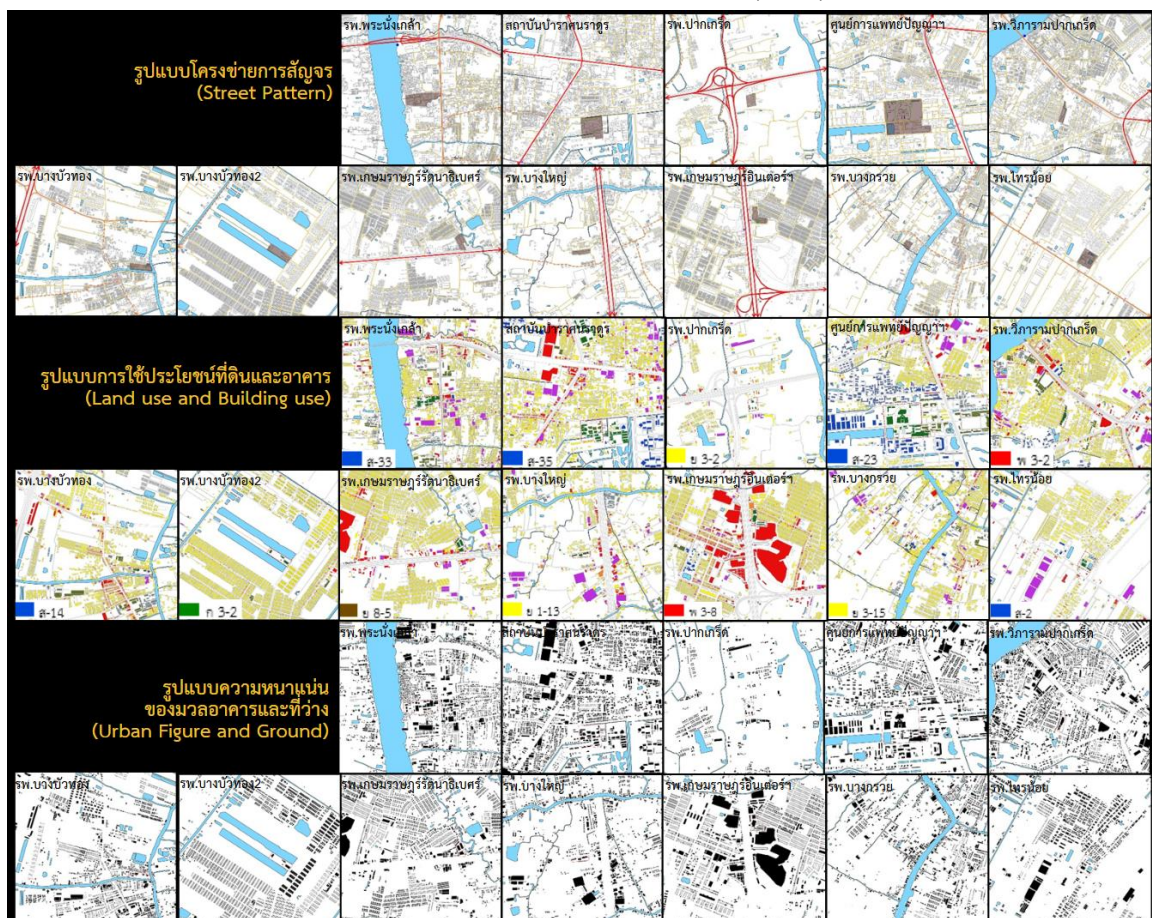
- อยู่บนถนนสายหลัก หรือใกล้กับถนนสายหลักไม่เกิน 1 เลี้ยว
- เชื่อมต่อจากถนนสายหลักไม่เกิน 2 เลี้ยว เป็นถนนเข้าออกโดยเฉพาะ และบางส่วนเป็นซอยตัน
- เชื่อมต่อจากถนนสายหลักมากกว่า 3 เลี้ยว เป็นถนนเข้าออกเฉพาะ (เส้นทางเดิม) และมีซอยตันมาก

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร (land use and building use)

- มีความหลากหลาย (มากกว่า 5 ประเภท) ส่วนใหญ่เป็นประเภทพาณิชย์กรรมและล้อมรอบด้วยที่อยู่อาศัย (ที่ดินประเภทสถาบันราชการ และพาณิชย์กรรม)
- ค่อนข้างหลากหลาย (3-4 ประเภท) ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย (ที่ดินประเภทพาณิชย์กรรม)
- ไม่มีความหลากหลาย (1-2 ประเภท) ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย (ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย และชนบทและเกษตรกรรม)

รูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและที่ว่าง (urban figure and ground)

- มวลอาคารขนาดหลากหลายมีสัดส่วนของมวลอาคารขนาดใหญ่มากกว่า รวมกลุ่มอย่างปานกลางถึงหนาแน่น และมีสัดส่วนของที่ว่างน้อยกว่ามวลอาคาร
- มวลอาคารขนาดหลากหลายรวมกลุ่มอย่างปานกลางถึงหนาแน่น มีสัดส่วนของที่ว่างใกล้เคียงกับมวลอาคาร
- มวลอาคารขนาดเล็กกระจายตัวอย่างเบาบาง มีสัดส่วนของที่ว่าง (open space) มากกว่ามวลอาคาร



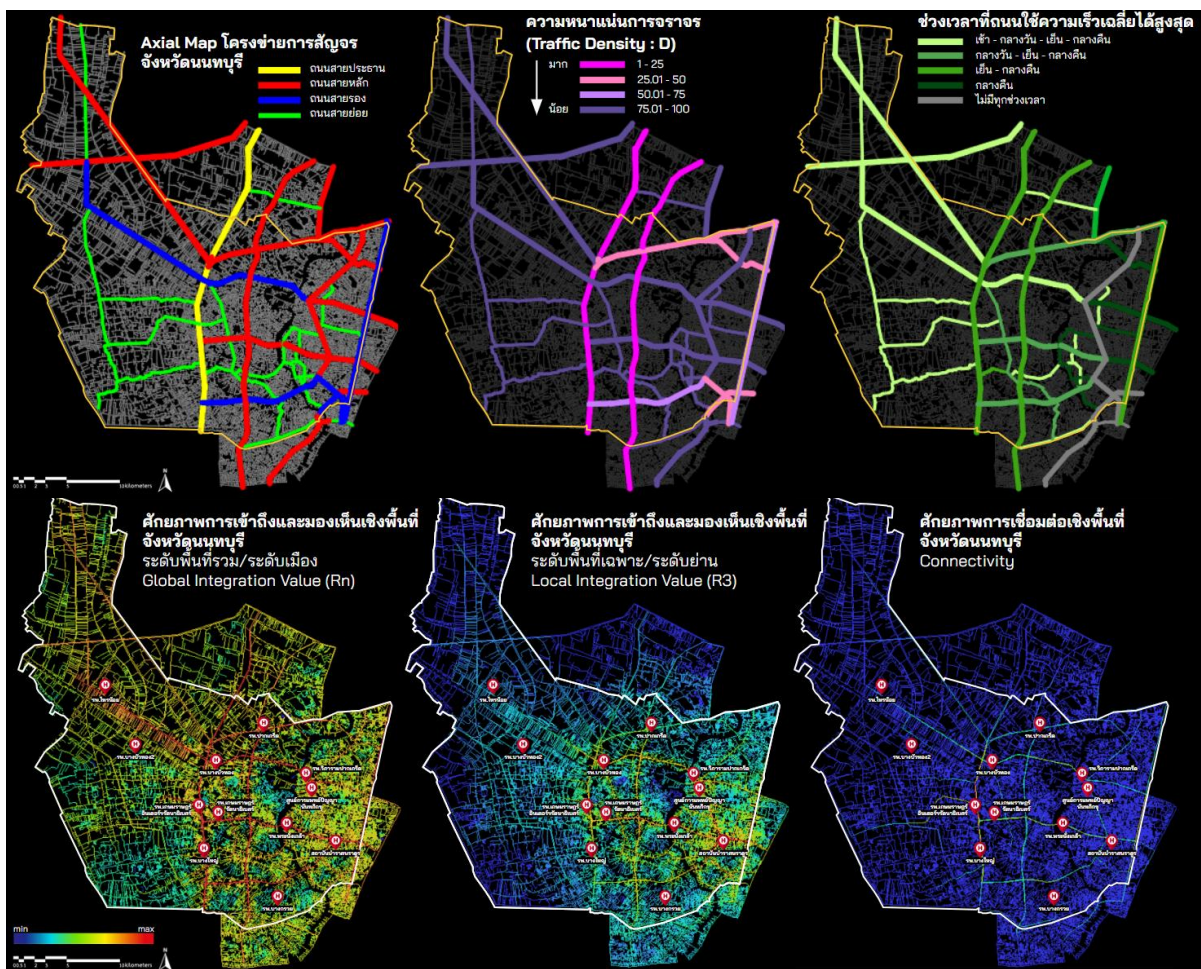
ภาพ 2 ลักษณะเชิงสัณฐานของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เป็นกระบวนการวัดระดับความสัมพันธ์ระหว่าง “โครงสร้างเชิงสัณฐานของพื้นที่” กับ “ลักษณะและระดับความนิยมในการใช้งานของพื้นที่” ด้วยชุดทฤษฎีและเทคนิคสเปซซินแทกซ์ (space syntax) ในการวิเคราะห์เส้น axial line ของโครงข่ายการสัญจร (เส้นที่มีความยาวมากที่สุดแต่มีจำนวนน้อยที่สุด) และอธิบายด้วยค่าสัณฐานวิธี (สีแดง=สูง/มาก, สีน้ำเงิน=ต่ำ/น้อย) โดยวิเคราะห์ในระดับภาพรวมทั้งจังหวัดนนทบุรี และนำมาพิจารณาเฉพาะพื้นที่โรงพยาบาลตามขอบเขตโครงข่ายการสัญจรที่เชื่อมต่อกันเป็นบล็อกขนาดใหญ่ (super block) โดยถนนสายประธานมีลักษณะ axial line เป็นเส้นตรงยาวผ่านบริเวณกลางจังหวัด มีความหนาแน่นการจราจรมาก และใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงสุดในช่วงเวลาเย็นถึงกลางคืน ถนนสายหลักมีลักษณะ axial line เป็นเส้นค่อนข้างตรงยาวต่อเนื่องโดยเฉพาะด้านทิศตะวันออกและทิศใต้ และยังไม่วางคลุมพื้นที่ทั้งหมด มีความหนาแน่นการจราจรค่อนข้างน้อย และใช้ความเร็วเฉลี่ยได้น้อยในช่วงเวลาเช้า ถนนสายรองมีลักษณะ axial line เป็นเส้นตรงยาวและเส้นโค้ง มีความหนาแน่นการจราจรค่อนข้างน้อย และใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงเกือบทุกช่วงเวลา และถนนสายย่อยมีลักษณะ axial line เป็นเส้นค่อนข้างคดเคี้ยวมีความหนาแน่นการจราจรน้อย และใช้ความเร็วเฉลี่ยได้สูงทุกช่วงเวลา

จังหวัดนนทบุรีมีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับเมือง (global integration) เฉลี่ยเท่ากับ 0.631061 โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณกลางจังหวัดที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายแบบตาราง (grid) เชื่อมต่อกันเป็น super block ส่วนศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่าน (local integration) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50632 โครงข่ายการสัญจรหลักส่วนใหญ่มีค่าลดลง ยกเว้นพื้นที่ฝั่งตะวันออกในอำเภอเมืองนนทบุรี และศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (connectivity) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3 โดยเฉพาะพื้นที่ฝั่งตะวันออกจะมีค่าสูงกว่า และถนนรองและย่อยที่เชื่อมต่อกับถนนสายหลักจะมีค่ามากกว่าถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกันเป็น super block

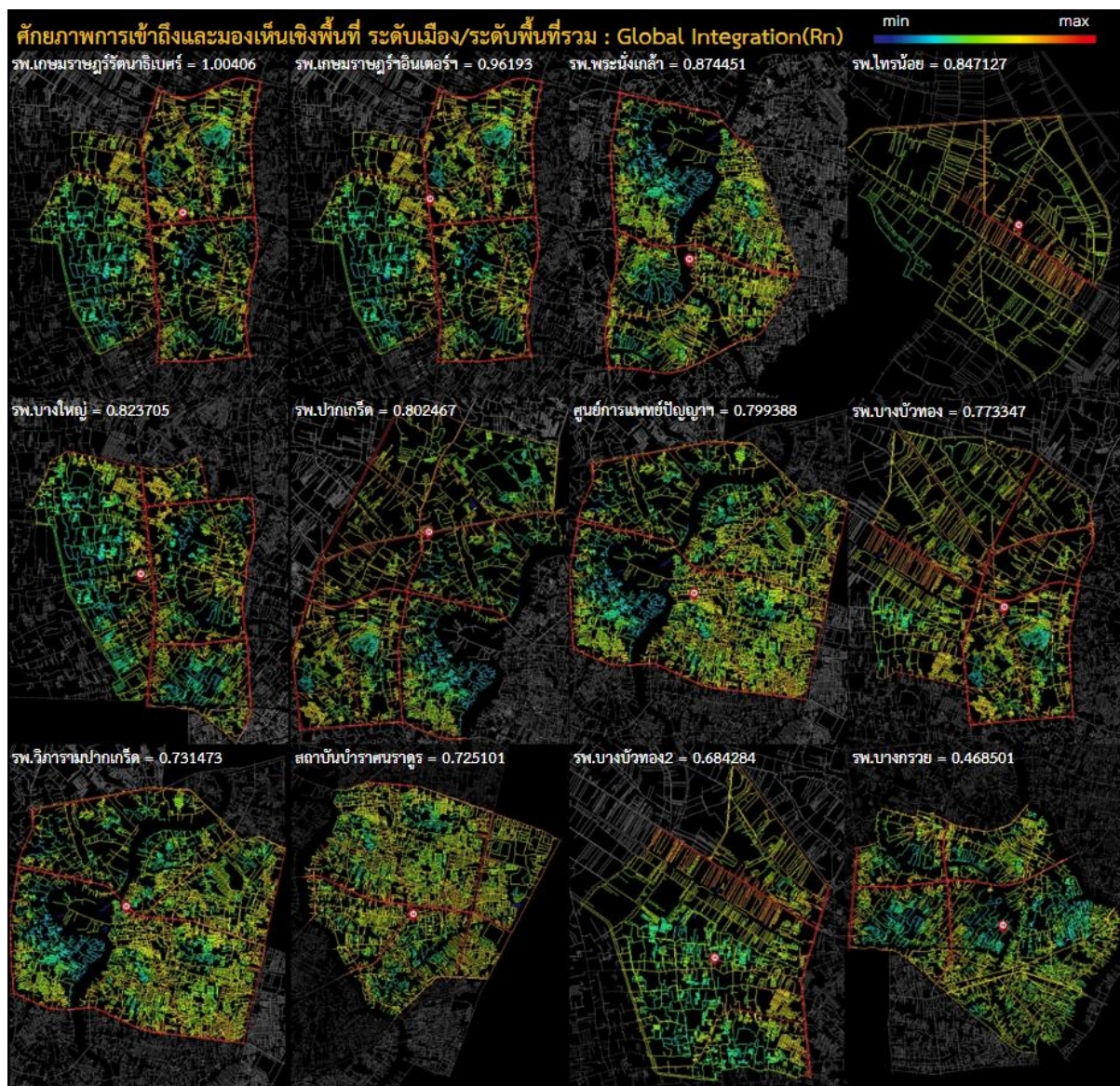


ภาพ 3 Axial map ศักยภาพของโครงข่ายการสัญจร และศักยภาพเชิงพื้นที่ต่าง ๆ ของจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับเมือง หรือระดับภาพรวม (Global integration)

พิจารณาจากค่า Integration (HH) หรือที่ radius N แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของโครงข่ายทางสัญจรที่เชื่อมกับพื้นที่อื่นในระดับภาพรวม (Rn) โดยโรงพยาบาลที่มีการฝังตัวระดับเมือง (global integration) สูง ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บริเวณจุดตัดของโครงข่ายการสัญจรหลักของจังหวัด หรือใกล้กับโครงข่ายการสัญจรหลักที่เชื่อมต่อพื้นที่ฝั่งตะวันออกและตะวันตก และมีลักษณะเชื่อมตัดกันเป็นตาราง (grid) เป็นบล็อกขนาดใหญ่ (super block) ซึ่งเส้นทางที่มีความชัดเจนจะทำให้ผู้ใช้งานภายนอกสามารถทำความเข้าใจภาพรวมของเมืองได้ดี ส่งผลให้โรงพยาบาลมีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นได้ง่ายกว่า ส่วนโรงพยาบาลที่มีการฝังตัวระดับเมืองต่ำจะตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ชุมชน และไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของโครงข่ายการสัญจรหลัก แต่ตั้งอยู่บนถนนที่เป็นเส้นทางแยกย่อยจากบล็อกขนาดใหญ่เพื่อเชื่อมต่อไปยังถนนสายอื่น ๆ หรือตั้งอยู่ในถนนซอยที่มีจำนวนเลี้ยวที่มากกว่า 3 เลี้ยว และเป็นถนนในการสัญจรเพื่อเข้า-ออกพื้นที่โรงพยาบาลโดยเฉพาะ



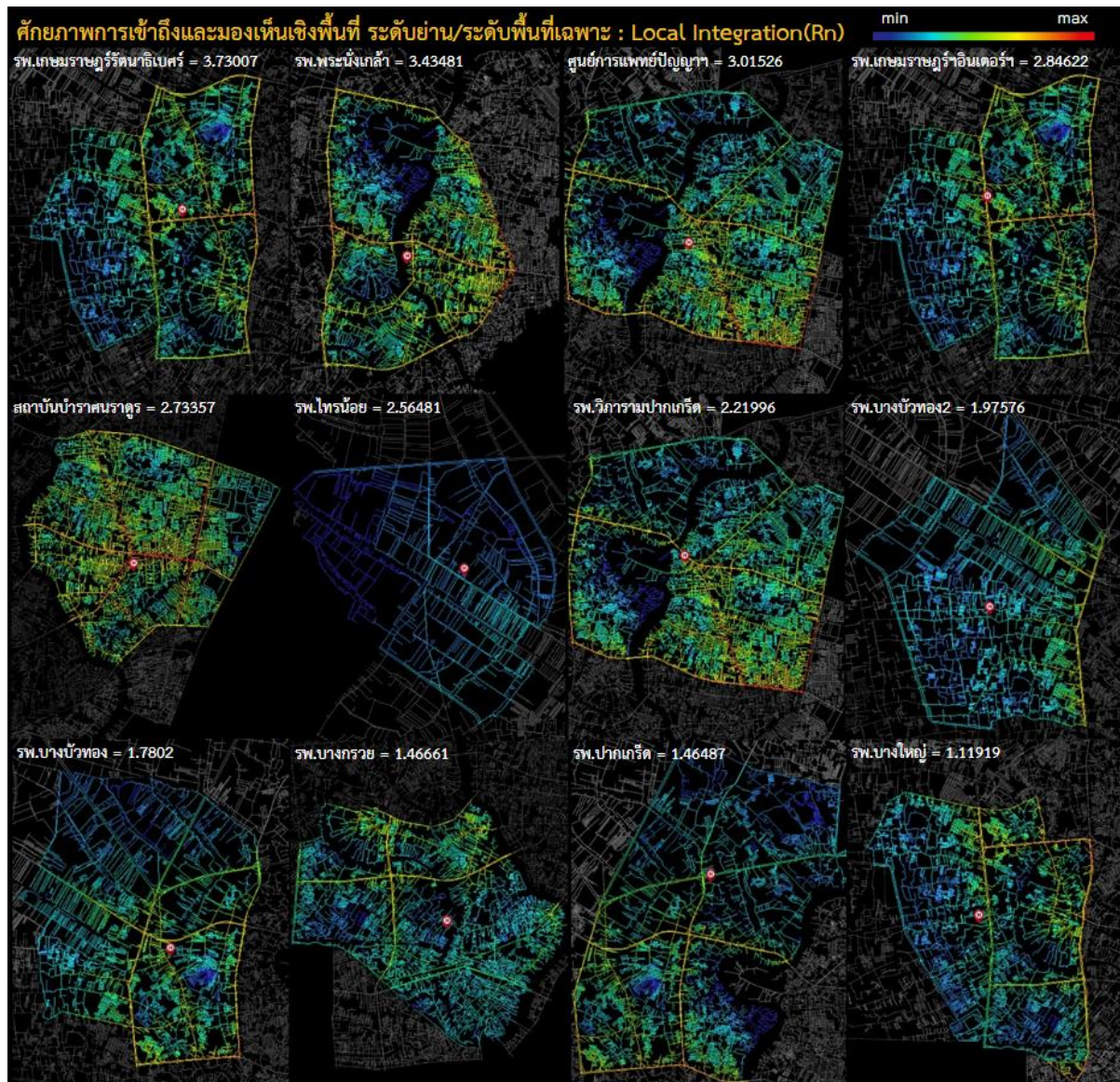
ภาพ 4 ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับเมือง/ระดับภาพรวม (global integration)

ของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่าน หรือระดับพื้นที่เฉพาะ (Local integration)

พิจารณาจากค่า Integration (H3) หรือที่ radius 3 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อของโครงข่ายทางสัญจรที่เชื่อมกับพื้นที่อื่นในระดับพื้นที่เฉพาะ หรือทุก ๆ ถัดไป 3 เลี้ยว (the 3 step grids) (R3) โดยโรงพยาบาลที่มีการฝังตัวระดับย่าน (local integration) สูง ส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บริเวณจุดตัดของโครงข่ายการสัญจรหลักของจังหวัด หรือใกล้กับโครงข่ายการสัญจรหลักที่เชื่อมต่อพื้นที่ฝั่งตะวันออกและตะวันตก แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้งานภายในพื้นที่สามารถจำกัดเส้นทางในย่านนั้น ๆ ได้ดีกว่าผู้ใช้งานภายนอกพื้นที่ที่อาจไม่คุ้นเคยเส้นทาง ส่วนโรงพยาบาลที่มีการฝังตัวระดับย่านต่ำ ที่แม้จะอยู่ใกล้ แต่ก็ไม่สามารถเข้าถึงได้โดยตรงจากถนนสายหลัก โดยสามารถเข้าถึงได้จากถนนซอยเพียงเส้นทางเดียว รวมถึงโรงพยาบาลบางแห่งตั้งอยู่บนถนนซอยที่เป็นเส้นทางเข้า-ออกโรงพยาบาลโดยเฉพาะ และต้องใช้จำนวนเลี้ยวมากเพื่อการสัญจรเข้าถึงพื้นที่



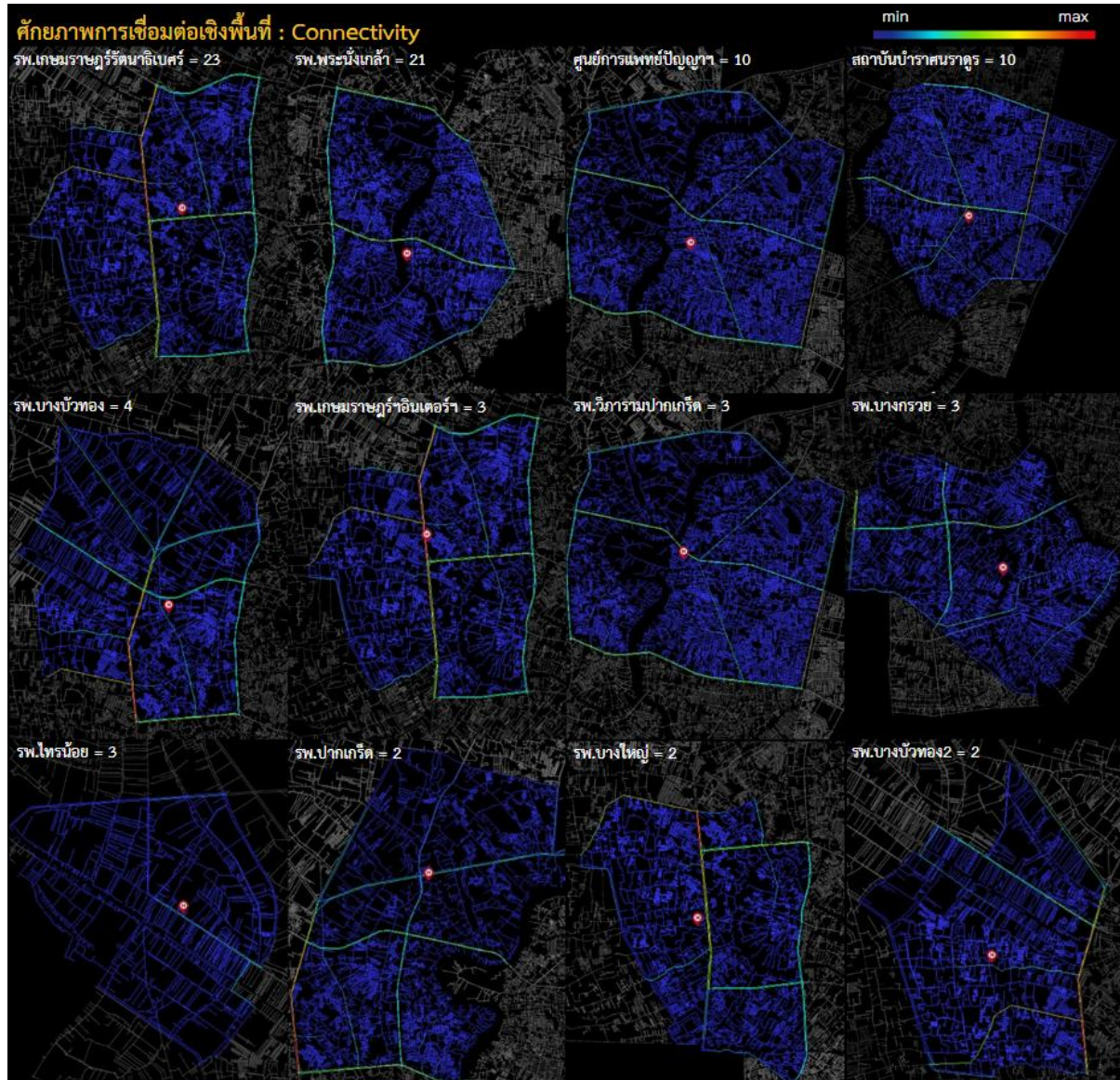
ภาพ 5 ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่าน/ระดับพื้นที่เฉพาะ (local integration)

ของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (Connectivity)

โครงข่ายการสัญจรหลักของจังหวัดนนทบุรีจะมีค่า connectivity สูงกว่าโครงข่ายอื่น ๆ ส่งผลให้โรงพยาบาลที่อยู่บน หรือใกล้โครงข่ายการสัญจรหลัก และมีการฝังตัวระดับเมืองสูง มักจะมีศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ที่สูงตามไปด้วย ส่วนโรงพยาบาลที่มีการฝังตัวระดับย่านสูง และตั้งอยู่บนถนนที่เชื่อมต่อจากถนนสายหลักด้วยจำนวนเลี้ยวที่น้อย มักจะมีศักยภาพรองลงมา ส่วนโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่บนถนนสายรอง หรือสายย่อย มีลักษณะ axial line เป็นช่วงสั้น ๆ หรือเป็นถนนซอยและต้องใช้จำนวนเลี้ยวที่มากกว่าถนนสายหลักเพื่อการสัญจรเข้าถึงพื้นที่ มักจะมีศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ที่ต่ำ

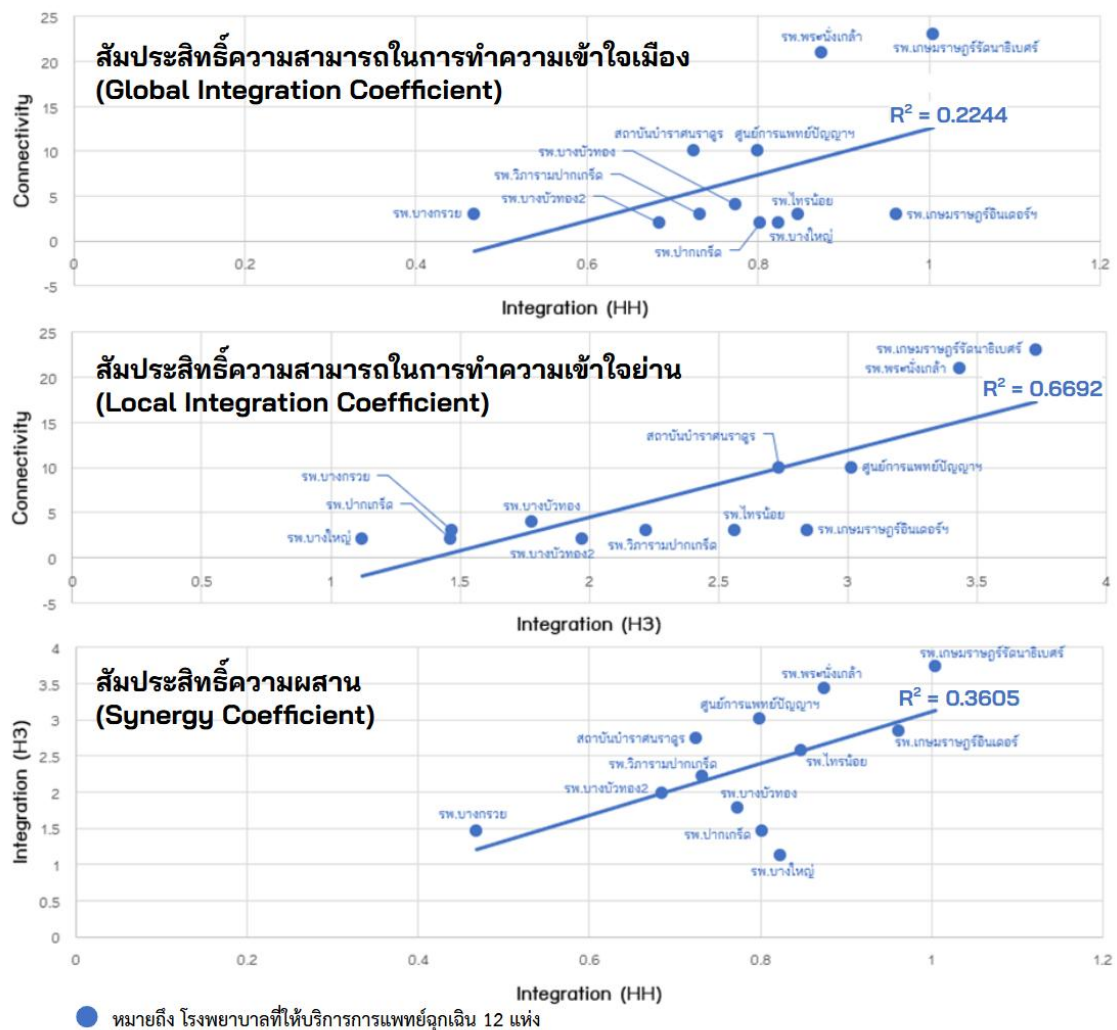


ภาพ 6 ศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (connectivity) ของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจร คือการนำเอาค่าศักยภาพเชิงพื้นที่ต่าง ๆ มาหาความสัมพันธ์กันด้วยกราฟ scattergram เพื่อแสดงความเกี่ยวเนื่อง (correlation) ผ่านการอ่านค่ากลาง (R^2) โดยระดับ R^2 ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุดแสดงว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างค่า x และ y ได้ดี โดยจังหวัดนนทบุรีมีสัมประสิทธิ์ความสามารถในการทำความเข้าใจเมือง (integration coefficient) ที่ต่ำ คือ R^2 อยู่ที่ 0.2244 หมายความว่า ผู้ใช้งานพื้นที่จากภายนอกมีโอกาสไม่ทราบทิศทางสูง เพราะไม่สามารถทำความเข้าใจระบบเส้นทางสัญจรภายในพื้นที่ได้นัก เนื่องจากมีลักษณะเป็นโครงข่ายการสัญจรย่อย ๆ หลายโครงข่าย และมีจำนวนไม่มากที่เชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายการสัญจรหลักของจังหวัดได้ดี ในขณะที่สัมประสิทธิ์ความสามารถในการทำความเข้าใจพื้นที่ในระดับย่านมีค่า R^2 อยู่ที่ 0.6692 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง หมายความว่า ผู้ใช้งานภายในพื้นที่ที่มีความสามารถในการจดจำเส้นทางสัญจรได้ดี ทำให้ง่ายต่อการค้นหาเส้นทางภายในย่านนั้น ๆ และมีทางเลือกในการใช้เส้นทางเพื่อสัญจรมากกว่า ส่วนสัมประสิทธิ์ความผสาน (synergy coefficient) มีค่า R^2 ไม่สูงมากนักอยู่ที่ 0.3605 หมายความว่า จังหวัดนนทบุรียังมีศักยภาพการสัญจรผ่านได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งแม้จะมีโครงข่ายขนาดใหญ่และโครงข่ายย่อย ๆ ผสมกัน แต่โครงข่ายเหล่านั้นก็ยังเชื่อมต่อกันไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด จึงไม่เอื้อให้เกิดความหลากหลายของการสัญจรมากนัก ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวนี้ อาจส่งผลต่อการค้นหาเส้นทางเพื่อการปฏิบัติการฉุกเฉินเป็นไปตามเกณฑ์ระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาที ตามนิยามของการแพทย์ฉุกเฉินได้เช่นกัน



● หมายถึง โรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน 12 แห่ง

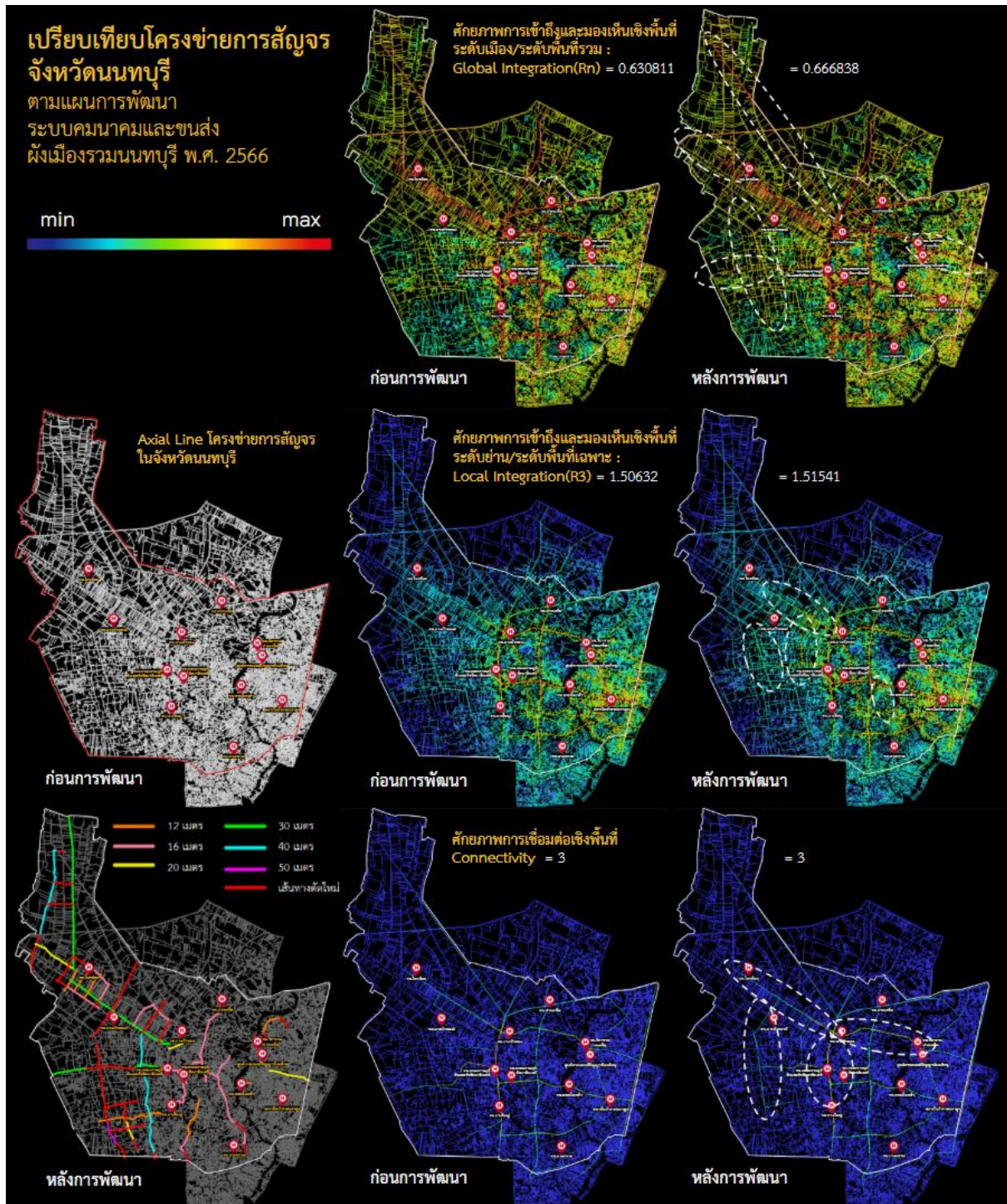
R^2 หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์

(ระดับ R^2 ที่มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด แสดงว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่า x และ y ได้ดี)

ภาพ 7 ความสัมพันธ์ของเส้นทางในโครงข่ายการสัญจรจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

เมื่อเปรียบเทียบโครงข่ายการสัญจรจังหวัดนนทบุรี ตามแผนการพัฒนาระบบคมนาคมและขนส่งเมืองรวมนนทบุรี พ.ศ. 2566 พบว่า โครงข่ายการสัญจรในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัด ได้แก่ อำเภอบางใหญ่ อำเภอบางบัวทอง และอำเภอไทรน้อย มีค่า global integration และ local integration สูงขึ้นอย่างชัดเจนจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสี ส่งผลให้โรงพยาบาลบริเวณนั้นมีการฝังตัวทั้งในระดับเมือง และระดับย่านเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ พบว่า เส้นทางสัญจรที่เชื่อมต่อจากโครงข่ายการสัญจรหลักออกไปทั้งสองด้านมีค่า connectivity สูงขึ้น จึงส่งผลให้มีทางเลือกในการใช้เส้นทางสัญจรที่หลากหลายเพื่อเข้าถึงพื้นที่ของโรงพยาบาลในบริเวณนั้นได้มากขึ้นเช่นกัน



ภาพ 8 ศักยภาพเชิงพื้นที่ก่อนและหลังพัฒนาโครงข่ายการสัญจรในจังหวัดนนทบุรี

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

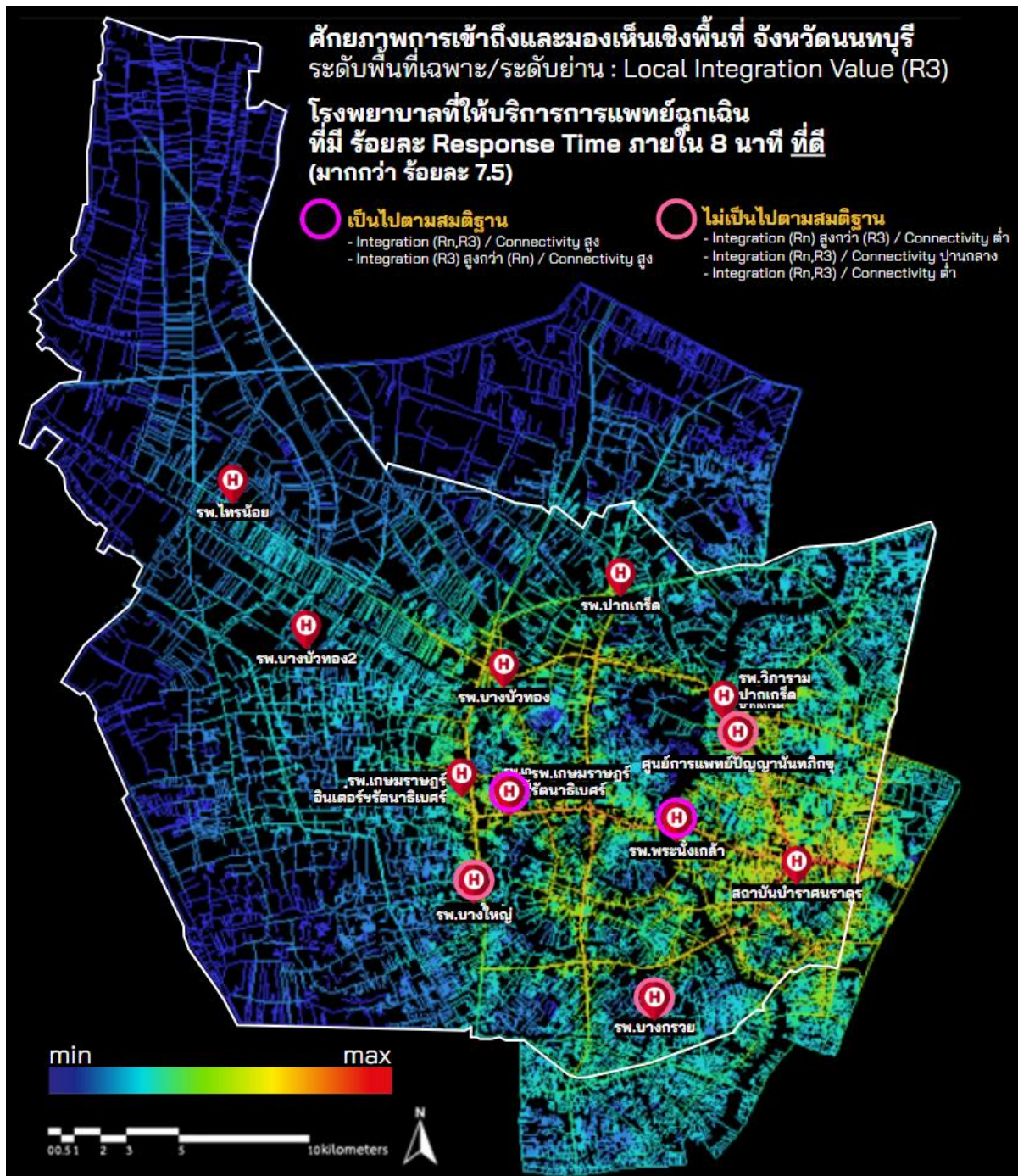
จากการวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัญญาณและศักยภาพเชิงพื้นที่ของโรงพยาบาลที่ให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในจังหวัดนนทบุรี จะเห็นได้ว่า โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่บนหรือใกล้กับโครงข่ายสัญญาณหลักจะมีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ หรือมีการฝังตัว (integration) ในระดับเมืองที่สูงกว่าระดับย่าน โดยเฉพาะโรงพยาบาลในอำเภอบางบัวทองและอำเภอบางใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับการมีร้อยละของระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาทีที่ดีที่สุด (ใช้เวลาได้น้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพมากที่สุด) ส่วนโรงพยาบาลในอำเภอเมืองนนทบุรีซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่มีระบบบริการทางการแพทย์ระดับตติยภูมิ มีจำนวนเตียงและจำนวนครั้งของปฏิบัติการฉุกเฉินรวมกันมากที่สุด แม้จะมีศักยภาพเชิงพื้นที่ต่าง ๆ มากกว่าโรงพยาบาลในพื้นที่อื่น แต่กลับมีร้อยละของ response time ภายใน 8 นาทีที่น้อยกว่า เนื่องจากมีโครงข่ายการสัญญาณต่อเนื่องกับกรุงเทพมหานคร ประกอบกับลักษณะเชิงสัญญาณต่าง ๆ ทำให้มีความหนาแน่นของการจราจรมากและติดขัดในหลายช่วงเวลา ส่วนโรงพยาบาลในอำเภออื่นที่มีร้อยละของ response time ภายใน 8 นาทีที่ดี แต่ไม่สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยของ response time ภายใน 8 นาทีที่มาก แสดงให้เห็นว่า แม้บริเวณนี้จะมีลักษณะเชิงสัญญาณที่ไม่ซับซ้อนเท่ากับพื้นที่อำเภอเมืองนนทบุรี แต่ก็มีศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (connectivity) ที่ค่อนข้างต่ำ จึงทำให้มีศักยภาพเชิงพื้นที่อื่น ๆ น้อยตามไปด้วย จากการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ศักยภาพการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัดนนทบุรี

การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า โรงพยาบาลที่มีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นระดับย่าน (local integration) และการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (connectivity) ที่สูงนั้น หมายความว่า เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินใด ๆ ขึ้น ผู้ใช้งานพื้นที่ทุกประเภทจะเลือกใช้เส้นทางที่อยู่ใกล้ที่สุดเพื่อการสัญญาณเข้าถึงพื้นที่ได้ง่ายและสะดวกด้วยจำนวนเส้นทางที่น้อยที่สุด โดยมีลักษณะเชิงสัญญาณที่สอดคล้องกับขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินที่ต้องมีร้อยละของระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาทีที่ดี คือมากกว่าร้อยละ 7.5 (ค่าเฉลี่ยรวมทั้งจังหวัด) ได้แก่ โรงพยาบาลเกษมราษฎร์รัตนธิเบศร์ และโรงพยาบาลพระนั่งเกล้า โดยมี 1) รูปแบบโครงข่ายการสัญญาณ (street pattern) ที่ตั้งอยู่บนถนนสายหลัก หรือใกล้กับถนนสายหลักไม่เกิน 1 เลี้ยว 2) รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร (land use and building use) ที่ค่อนข้างหลากหลายตั้งแต่ 3 ประเภทขึ้นไป และส่วนใหญ่เป็นประเภทที่อยู่อาศัย และ 3) รูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและที่ว่าง (urban figure and ground) ทั้งกระจุกตัว (cluster) เรียงตัวตามแนวยาว (linear) และเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (uniform) อย่างหนาแน่น ขนาดของมวลอาคารมีความหลากหลาย และมีสัดส่วนของที่ว่างใกล้เคียง หรือน้อยกว่ามวลอาคาร ในขณะที่โรงพยาบาลบางแห่งที่แม้จะมีร้อยละของ response time ภายใน 8 นาทีที่ดี แต่กลับมี local integration ที่ไม่สอดคล้องกับ connectivity ได้แก่ โรงพยาบาลบางใหญ่ และโรงพยาบาลบางกรวย ซึ่งอาจเป็นเพราะเป็นโรงพยาบาลระดับอำเภอประกอบกับการมีพื้นที่เชื่อมต่อจากกรุงเทพมหานคร จึงทำให้มีจำนวนครั้งของปฏิบัติการฉุกเฉินที่มากด้วย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น การเป็นโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ในพื้นที่กรรมสิทธิ์ส่วนบุคคลซึ่งเป็นสถาบันราชการ ได้แก่ ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จึงไม่เอื้อให้เกิดการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และไม่ปฏิบัติตามสมมติฐานข้างต้น

ตาราง 3 โรงพยาบาลที่มีร้อยละของระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาทีที่ดี

ร้อยละ RT ภายใน 8 นาที	Integration (Rn)	Integration (R3)	Connectivity	โรงพยาบาล
ดี (มากกว่า 7.5)	สูง	สูง	สูง	เกษมราษฎร์รัตนธิเบศร์
	ปานกลาง			พระนั่งเกล้า
	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุฯ
	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	บางใหญ่
	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	บางกรวย

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566



ภาพ 9 ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่าน/ระดับพื้นที่เฉพาะ (local integration) ของโรงพยาบาลที่มีร้อยละของ
ระยะเวลาตอบสนองการปฏิบัติการฉุกเฉิน (response time) ภายใน 8 นาทีที่ดี
ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

ทั้งนี้ การพัฒนาโครงข่ายการสัญจรจังหวัดนนทบุรีตามแผนการพัฒนาระบบคมนาคมและขนส่งผังเมืองรวมนนทบุรี พ.ศ. 2566 ส่งผลให้บางพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ได้แก่ โรงพยาบาลไทรน้อย ที่แม้จะมีการฝังตัวระดับเมืองค่อนข้างสูง แต่กลับมีค่าเฉลี่ยและร้อยละของ response time ภายใน 8 นาทีที่ไม่ค่อยดีนัก แต่หลังจากการพัฒนาโครงข่ายการสัญจรก็ทำให้พื้นที่บริเวณนี้มีการฝังตัวระดับย่านสูงขึ้นมาก และหากพิจารณาพื้นที่ฝังตัวระดับของจังหวัด ได้แก่ อำเภอไทรน้อย อำเภอบางบัวทอง อำเภอบางใหญ่ และอำเภอบางกรวย ที่มีแนวโน้มของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยชั้นดีเพิ่มขึ้นจึงควรพัฒนาพื้นที่เพื่อรองรับกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งหมายรวมถึงประเด็นของระบบสาธารณสุขด้วยเช่นกัน โดยภายหลังการพัฒนาโครงข่ายการสัญจรให้มีความเชื่อมโยงกันมากขึ้นทั้งระบบ ส่งผลให้โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวมีศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับเมือง (global

integration) สูงขึ้นทั้งหมด และเป็นไปได้ว่า แนวโน้มของการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในภาพรวมนั้นจะมีขอบเขตการให้บริการที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัดได้มากขึ้น

ดังนั้นผลที่ได้การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้อาจนำไปใช้เป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการพัฒนาระบบสาธารณสุขได้ ด้วยการพัฒนา ระบบคมนาคมและขนส่งของจังหวัดนนทบุรีเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้งานโรงพยาบาลอาจขึ้นอยู่กับศักยภาพเชิงพื้นที่ของโรงพยาบาลนั้น ๆ เป็นสำคัญ รวมถึงการเพิ่มขีดความสามารถให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่บริเวณโครงข่ายการสัญจรที่มีศักยภาพเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับอัตราการขยายตัวของเมืองและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในอนาคต อันจะส่งผลให้ “โรงพยาบาล” ซึ่งเป็นสาธารณูปการที่สำคัญได้ทำหน้าที่ตอบสนองความต้องการด้านสาธารณสุขของเมืองได้เป็นอย่างดี

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานกับศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่

		ลักษณะเชิงสัณฐาน (Morphological Characteristics)				
		รูปแบบโครงข่ายการสัญจร (Street Pattern)	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและอาคาร (Land use and Building se)	รูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและที่ว่าง (Urban Figure and Ground)		
ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับภาพรวม/หรือระดับเมือง (Global Integration)	สูง 0.874451 - 1.00406	- อยู่บนหรือใกล้กับถนนสายหลัก - เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (1 เลี้ยว)	- หลากหลาย (5 ประเภทขึ้นไป) - พาณิชยกรรมขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก - ล้อมรอบด้วยที่อยู่อาศัย	- มวลอาคารขนาดหลากหลาย (สัดส่วนของมวลอาคารขนาดใหญ่มากกว่า) รวมกลุ่มอย่างหนาแน่น - สัดส่วนของที่ว่างน้อยกว่ามวลอาคาร	สูง 21 - 23	ศักยภาพการเชื่อมต่อเชิงพื้นที่ (Connectivity)
	ปานกลาง 0.684284 - 0.874451	- เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (1-2 เลี้ยว) - เป็นถนนเข้าออกโดยเฉพาะ (เส้นทางเดิม) - บางส่วนเป็นซอยตัน (พื้นที่ริมน้ำบางส่วน)	- ค่อนข้างหลากหลาย (3-5 ประเภท) - ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย - ประเภทอื่นค่อนข้างชัดเจน	- มวลอาคารขนาดหลากหลาย (สัดส่วนของมวลอาคารขนาดใหญ่มากกว่า) รวมกลุ่มอย่างหนาแน่น - บางพื้นที่รวมกลุ่มอย่างเบาบาง - สัดส่วนของที่ว่างน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับมวลอาคาร	ปานกลาง 10	
	ต่ำ 0.468501 - 0.684284	- เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (มากกว่า 2 เลี้ยว) - เป็นถนนเข้าออกเฉพาะ (เส้นทางเดิม) - มีซอยตันมาก (พื้นที่ริมน้ำบางส่วน)	- ไม้มีความหลากหลาย (1-2 ประเภท) - ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย	- มวลอาคารขนาดเล็ก - รวมกลุ่มอย่างเบาบาง - สัดส่วนของที่ว่างมากกว่ามวลอาคาร - มี Open Space มาก	ต่ำ 2 - 4	
ศักยภาพการเข้าถึงและมองเห็นเชิงพื้นที่ระดับย่านหรือระดับพื้นที่เฉพาะ (Local Integration)	สูง 3.01526 - 3.73007	- อยู่บนหรือใกล้กับถนนสายหลัก - เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (1 เลี้ยว)	- หลากหลาย (5 ประเภทขึ้นไป) - ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย - ประเภทอื่นค่อนข้างชัดเจน	- มวลอาคารขนาดหลากหลาย (สัดส่วนของมวลอาคารขนาดใหญ่รวมกลุ่มอย่างหนาแน่น - บางพื้นที่รวมกลุ่มอย่างเบาบาง - สัดส่วนของที่ว่างน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับมวลอาคาร	10,000 เมตร / 5,000 เมตร	ศักยภาพการเข้าถึงพื้นที่ตามระยะทางจริง
	ปานกลาง 2.21996 - 3.01526	- เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (1-2 เลี้ยว) - เป็นถนนเข้าออกโดยเฉพาะ (เส้นทางเดิม) - บางส่วนเป็นซอยตัน (พื้นที่ริมน้ำบางส่วน)	- ค่อนข้างหลากหลาย (3-5 ประเภท) - ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย - ประเภทอื่นค่อนข้างชัดเจน	- มวลอาคารขนาดหลากหลาย (สัดส่วนของมวลอาคารขนาดใหญ่รวมกลุ่มอย่างหนาแน่น - บางพื้นที่รวมกลุ่มอย่างเบาบาง - สัดส่วนของที่ว่างน้อยกว่าหรือใกล้เคียงกับมวลอาคาร		
	ต่ำ 1.11919 - 2.21996	- เชื่อมต่อจากถนนสายหลัก (มากกว่า 2 เลี้ยว) - เป็นถนนเข้าออกเฉพาะ (เส้นทางเดิม) - มีซอยตันมาก (พื้นที่ริมน้ำบางส่วน)	- ไม้มีความหลากหลาย (1-2 ประเภท) - ส่วนใหญ่เป็นที่อยู่อาศัย	- มวลอาคารขนาดเล็ก - รวมกลุ่มอย่างเบาบาง - สัดส่วนของที่ว่างมากกว่ามวลอาคาร - มี Open Space มาก	400 / 1,200 / 2,000 เมตร	

ที่มา: ผู้วิจัย, 2566

บรรณานุกรม

- ไชศรี ภักดิ์สุขเจริญ. (2547). วาที่กรรมของเมืองผ่านโครงสร้างเชิงสัณฐาน. *วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์*, 2(2), 63–76.
- รงค์ศักดิ์ชัย สายพระราชฤทธิ์, นิตยา แสงประจักษ์, วรกร วิชัยโย, และธวัชวงษ์ชัย ไตรทิพย์. (2565). การกระจายของชุดปฏิบัติการฉุกเฉินกับการเข้าถึงบริการและประสิทธิภาพการบริการการแพทย์ฉุกเฉินของผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤตในประเทศไทย. *วารสารการแพทย์ฉุกเฉินแห่งประเทศไทย*, 2(2), 159–168. <https://doi.org/10.14456/jemst.2022.15>
- ธนวรรณ ทิพย์จันทร์. (2563). *การวิเคราะห์โครงข่ายการให้บริการช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุการจราจรทางบกของมูลนิธิร่วมกตัญญูอำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี* [วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- นันทา สมสอน. (2559). *การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินจากการขยายตัวของเมือง จังหวัดนนทบุรี*. [วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง การใช้ใช้บังคับผังเมืองรวมนนทบุรี พ.ศ. 2566. (2566, 1 มีนาคม).
- ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 140 ตอนพิเศษ 48 ง หน้า 73–125.
- พรชัย จันทน์ถาวร และภาวณิ เอี่ยมตระกูล. (2553). การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงสร้างเชิงสัณฐาน (space syntax) ในการวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ กรณีชนท้าย. *การประชุมวิชาการ การขนส่งแห่งชาติครั้งที่ 7*, 7(1), 24–32. <https://trsl.thairoads.org/FileUpload/1387/140804001387>
- ลักขณา สัมมานิธิ และรอรอล วงษ์वाल. (2565). การเข้าถึงพื้นที่ของโครงข่ายคมนาคมและการขนส่งกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในบริบทผังเมืองรวมเมืองเชียงใหม่ (ปรับปรุงครั้งที่ 4) พ.ศ. 2565.
- สิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวิจัย, 22(2), 15–30. <https://doi.org/10.14456/bei.2023.9>
- ว่าน ฉันทวิลาสวงศ์ และอดิศักดิ์ กันทะเมืองลี. (2562, 4 พฤศจิกายน). *สุสานคนเป็น : ความเสี่ยงในการเข้าถึงบริการสาธารณสุขของผู้ป่วยในมือ*. Urban Design and Development Center. <https://theurbanis.com/insight/04/11/2019/98>
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. (2554). *รายงานการศึกษาความคุ้มค่าการพัฒนาประสิทธิภาพของการปฏิบัติการฉุกเฉินอย่างทั่วถึง*. https://www.niems.go.th/1/upload/migrate/file/255605011640317984_RvSYXfsNA89xrOvX.pdf?utm_source=chatgpt.com
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. (2565). *แผนหลักการแพทย์ฉุกเฉิน ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2566–2570)*. <https://www.niems.go.th/1/Ebook/Detail/16665?group=79>
- สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ. (2566). *ระบบสารสนเทศการแพทย์ฉุกเฉิน (ITEMS)*. https://ws.niems.go.th/items_front/index.aspx
- อภิรดี เกษมสุข. (2561). *สเปซซินแทกซ์ หนึ่งการศึกษาสัณฐานวิทยา*. เมจิค พับลิเคชัน.
- Hillier, B. (2000). Centrality as a process: Accounting for attraction inequalities in deformed grids. *Urban Design International*, 3(4), 107–127.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511597237>
- Hillier, B., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: Or configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29–66. <https://doi.org/10.1068/b200029>
- Holguin, J. M., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2018). Access to emergency medical services: An urban planning methodology for the generation of equity. *Global Journal of Health Science*, 10(6), 181.