

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวเมือง  
กรณีศึกษา: เทศบาลเมืองปากช่องและพื้นที่ใกล้เคียง  
Potential Surface Analysis for Urban Expansion  
Case Study: Pak Chong Town Municipality and Vicinity

ธัญญารัตน์ แหวนวงศ์<sup>1</sup> อมรา ตรีวิเศษ<sup>1</sup> และ เอกลักษณ์ สลักคำ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

\*Corresponding author; E-mail address: aekkarak.sk@bru.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวเมือง และวิเคราะห์การขยายตัวเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับในเขตเทศบาลเมืองปากช่อง และพื้นที่ใกล้เคียง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า พื้นที่สิ่งปลูกสร้างระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ 2562 ซึ่งสกัดจากข้อมูลดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์ มีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 6.99 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่สิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่ที่เพิ่มขึ้นจะพบในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวเมืองระดับปานกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่รอบนอกเขตเมืองเดิม และตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่, การขยายตัวเมือง, ปากช่อง, ดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์

### Abstract

This research focused on urban growth and potential surface for urban expansion in Pak Chong Town Municipality and vicinity. Geographic information system (GIS) was applied to the Potential Surface Analysis (PSA) for analyzing the suitable weight of parameters. Regarding the finding, the built-up areas from 1999 - 2019, which were extracted from Normalized Difference Built-up Index (NDBI) data, increased around 6.99 square-kilometers. The most expanding built-up areas locate in the modulate suitability for urban expansion, which is around Pak Chong Town Municipality and along the main road.

**Keywords:** potential surface analysis, urban expansion, Pak Chong, NDBI

## 1. บทนำ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความต้องการพื้นที่เพื่อรองรับการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ของประชากรที่อาศัยอยู่ภายในเขตเมืองเพิ่มมากขึ้น (ปรกรณ์ เมฆแสงสวย. 2548) อย่างไรก็ตาม การขยายตัวของชุมชนเมืองแบบไร้ทิศทางและไม่สอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่ ย่อมนำไปสู่ปัญหาความเสื่อมโทรมด้านต่าง ๆ ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และคุณภาพชีวิต (ก้องภพ สุขกิจบำรุง. 2542) การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผนเพื่อพัฒนาเมืองให้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวมีการให้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ของแต่ละปัจจัย ทำให้สามารถวัดข้อมูลและรวมปัจจัยโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ (พรภัทร อธิวิฑูรย์; และ สุวดี ทองสุกปลั่ง. 2549; ประพัทธ์พงษ์ อุปลา; ชาญวิทย์ พงษ์ขวัญ; และ กฤษณะ แพทย์จะเกร็ง. 2551) และเมื่อนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาทำการวิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคดังกล่าวจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น (พรภัทร อธิวิฑูรย์; และ สุวดี ทองสุกปลั่ง. 2549; ประพัทธ์พงษ์ อุปลา; ชาญวิทย์ พงษ์ขวัญ; และ กฤษณะ แพทย์จะเกร็ง. 2551)

ผลการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า เทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่โดยนักวิจัยหลายท่าน อาทิ ฐิติรัตน์ บัณฑิตรุ่งกิจ (2546) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมต่อการรองรับการขยายตัวของอาคารชุดในเขตเมืองพัทยา ขณะที่ รุ่งอาทิตย์ บูชาอินทร์; และ กฤษณีย์ เจริญจิตร (2563) ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อประเมินทำเลที่เหมาะสมของธุรกิจโรงแรมบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกของประเทศไทย และ สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ (2554) ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองของเขตเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

นอกจากนี้ พรภัทร อธิวิฑูรย์; และ สุวดี ทองสุกปลั่ง (2549) ได้กล่าวว่า เทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในสาขาวิชาภูมิศาสตร์ ภูมิสถาปัตยกรรม และสาขาวิชาด้านผังเมืองในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยเทคนิคดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากนักผังเมืองในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ และเป็นหนึ่งในขั้นตอนของการจัดทำผังเมืองรวม (สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ. 2554) ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่เกี่ยวกับการรองรับการขยายตัวของเมืองนั้น ฐิติรัตน์ บัณฑิตรุ่งกิจ (2546); บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ (2558); สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ (2554) กล่าวว่า สามารถจำแนกออกเป็น 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านส่งเสริมความเป็นเมือง โดยการกำหนดค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยจะพิจารณาจัดลำดับความสำคัญตามความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย โดยใช้กฎเกณฑ์จากหน่วยงานต่าง ๆ

ที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมโยธาธิการและผังเมือง ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

เทศบาลเมืองปากช่องมีลักษณะเป็นเมืองท่องเที่ยว อีกทั้งจำนวนประชากรระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2560 มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยมีจำนวนประชากรเท่ากับ 34,560, 34,842 และ 34,947 คน ตามลำดับ (งานทะเบียนราษฎร เทศบาลเมืองปากช่อง. 2562) ส่งผลให้เทศบาลเมืองปากช่องมีแผนพัฒนาพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษเมือง เพื่อพัฒนาระบบเมืองศูนย์กลางความเจริญ ซึ่งต้องมีการจัดการสิ่งแวดล้อมเมือง การจัดระบบผังเมืองที่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานทางสังคมและเศรษฐกิจที่สอดคล้องกับศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ (เทศบาลเมืองปากช่อง. 2564; งานวิเคราะห์นโยบายและแผนกองวิชาการและแผนงาน. 2562) การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเทศบาลเมืองปากช่อง ตลอดจนวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับอันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวางแผนเพื่อบริหารจัดการการขยายตัวของเมืองต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองภายในเขตเทศบาลเมืองปากช่อง และพื้นที่ใกล้เคียง

2.2 เพื่อสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง

2.3 เพื่อวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ

## 3. วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ 2) การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง 3) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง และ 4) การวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ โดยรายละเอียดดังนี้

### 3.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจำแนกเป็น 3 กลุ่ม (ปัจจัย) คือ ปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านส่งเสริมความเป็นเมือง สำหรับข้อมูลเส้นทางคมนาคมได้มาจากการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ NUGIS ขณะที่ข้อมูลสถานที่ต่าง ๆ จะถูกนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบของข้อมูลประเภทจุด (Point) โดยทำการปักหมุดตำแหน่งผ่านโปรแกรม Google Earth และทำการแปลตีความภาพถ่ายด้วยสายตาเพื่อสร้างข้อมูลประเภทพื้นที่รูปปิด (Polygon) แสดงขอบเขตของสถานที่ต่าง ๆ และทำการตรวจสอบความถูกต้องผ่าน Google Street View ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม ส่วนข้อมูลแหล่งน้ำได้จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 ปี พ.ศ. 2562 โดยนำเข้าสู่ข้อมูลในรูปแบบข้อมูลประเภทพื้นที่รูปปิดเช่นกัน

ส่วนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 บันทึกข้อมูลช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2542 และภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 OLI บันทึกข้อมูลช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2562 โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นภาพถ่ายที่ปราศจากเมฆปกคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแบบหลายช่วงเวลา ดังนั้น ข้อมูลภาพถ่ายที่นำมาใช้ต้องผ่านการปรับแก้การบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตด้วยวิธีภาพต่อภาพ (Image-to-Image) เพื่อให้ภาพถ่ายแต่ละช่วงเวลามีพิกัดตำแหน่งที่ตรงกัน

### 3.2 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง

การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง อาศัยปัจจัยในการวิเคราะห์ ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านส่งเสริมความเป็นเมือง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพพื้นที่

กลุ่ม	ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ระดับคะแนน /ระยะทาง (เมตร)		
			มาก (3)	ปานกลาง (2)	น้อย (1)
ด้านกายภาพ	1. เส้นทางคมนาคม	3	0 - 300	300 - 500	> 500
	2. สถานีรถไฟ		0 - 500	500 - 5,000	> 5000
ด้านสิ่งแวดล้อม	3. แหล่งน้ำ	2	> 96	36 - 96	6 - 36
	4. โรงบำบัดน้ำเสีย		> 15	-	0 - 15
	5. โรงงานอุตสาหกรรม		> 3,000	1,500 - 3,000	0 - 1,500
ด้านส่งเสริมความเป็นเมือง	6. สถานศึกษา	1	0 - 500	500 - 2,000	> 2,000
	7. โรงพยาบาล		0 - 1,600	1,600 - 5,000	> 5,000
	8. สาธารณสุข		0 - 1,600	1,600 - 2,000	> 2,000
	9. สถานีตำรวจ		0 - 1,600	1,600 - 5,000	> 5,000
	10. ที่ทำการไปรษณีย์		0 - 1,600	1,600 - 5,000	> 5,000
	11. ร้านค้า / ตลาด		0 - 150	150 - 300	> 300
	7. โรงพยาบาล		0 - 300	300 - 500	> 500

ที่มา: (สิริรัตน์ พงศ์พิพัฒน์พันธุ์. 2543; สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ. 2554)

ข้อมูลปัจจัยแต่ละประเภท จะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการสร้างพื้นที่กันชน (Buffer) ตามระยะทางที่กำหนด และมีการกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ตลอดจนค่าคะแนนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงนำเอาปัจจัยแต่ละประเภทมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ ดังสมการที่ 1

$$P = W1R1 + W2R2 + \dots + WnRn \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ  $P$  คือ ผลรวม  
 $Wn$  คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย  
 $Rn$  คือ ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นจะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อแปลผลข้อมูลเป็นระดับศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง โดยอาศัยค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เป็นเกณฑ์ในการจำแนก ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การแปลผลข้อมูล

ศักยภาพของพื้นที่	การแปลผลข้อมูล
พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ	$P \leq \bar{x} - SD$
พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลาง	$\bar{x} - SD \leq P \leq \bar{x} + SD$
พื้นที่ที่มีศักยภาพสูง	$P \geq \bar{x} + SD$

ที่มา: (ประพัทธ์พงษ์ อุปลา; ชาญวิทย์ พงษ์ขวัญ; และ กฤษณะ แพทย์จะเกร็ง. 2551)

ตารางที่ 2 ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ที่มีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ ค่าเฉลี่ย - ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จัดเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองระดับต่ำ ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง จะมีค่าอยู่ระหว่าง ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง จะมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ ค่าเฉลี่ย + ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### 3.3 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง

ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-8 ปี พ.ศ. 2542 และ 2562 ตามลำดับ จะถูกนำไปเน้นข้อมูลด้วยดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Built-up Index: NDBI) อย่างไรก็ดี ก่อนการประมวลผล ข้อมูลภาพทั้งสองช่วงคลื่นต้องผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลจากค่าเชิงเลขไปเป็นค่าการสะท้อน (Reflectance) ก่อน ด้วยสมการที่ 2 และสมการที่ 3 ตามลำดับ

$$\rho_l = (Mp * Qcal) + Ap \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ  $\rho_l$  คือ ค่าสะท้อนรังสีเชิงคลื่นที่บรรยากาศชั้นบน  
ที่ยังไม่ได้ปรับแก้ค่ามุมของดวงอาทิตย์

$Mp$  คือ ค่าปรับแก้แต่ละแบนด์ (ผลคูณ)

$Qcal$  คือ ค่าเชิงตัวเลขของภาพถ่ายจากดาวเทียม

$Ap$  คือ ค่าปรับแก้แต่ละแบนด์ (ผลบวก)

$$\rho_l = \frac{\rho_l}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho_l}{\sin(\theta_{se})} \quad \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ  $\rho_l$  คือ ค่าการสะท้อนรังสีเชิงคลื่นที่บรรยากาศชั้นบน

$\cos(\theta_{sz})$  คือ ค่ามุมซินิก  $\theta_{sz} = 90^\circ - \theta_{se}$

$\sin(\theta_{se})$  คือ ค่ามุมตกกระทบของแสงอาทิตย์เทียบกับแนวตั้ง

เมื่อได้ค่าการสะท้อนแล้ว นำเอาค่าการสะท้อนที่ได้ไปใช้ในการคำนวณดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์ ดังสมการที่ 4

$$NDBI = \frac{(SWIR-1-NIR)}{(SWIR-1+NIR)} \quad \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ NDBI คือ ดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์  
 SWIR-1 คือ ข้อมูลช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น  
 NIR คือ ข้อมูลช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

การสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลให้เป็นระบบเดียวกันแบบทำซ้ำ (Iterative Self Organizing Data Analysis Techniques: ISODATA) อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้างที่มีความถูกต้อง การวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการสกัดเอาข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง โดยทำการสร้างตารางกริดขนาด 30 x 30 เมตร ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา (ขนาดตารางกริดเท่ากับขนาดความแยกชัดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ช่วงคลื่นที่ใช้ในการวิจัย) และทำการสกัดเอาเฉพาะข้อมูลกริดที่เป็นพื้นที่สิ่งปลูกสร้างโดยอ้างอิงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลให้เป็นระบบเดียวกันแบบทำซ้ำร่วมกับการแปลตีความภาพถ่ายด้วยสายตา

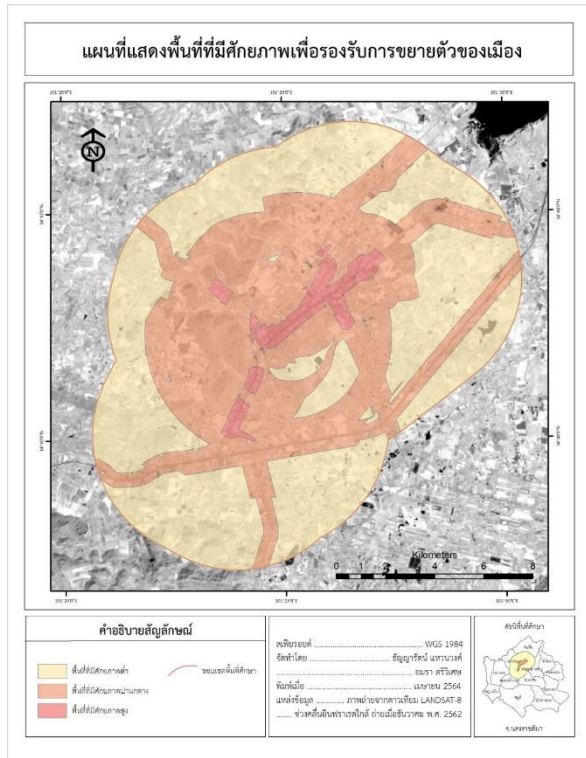
เมื่อได้ข้อมูลสิ่งปลูกสร้างทั้งสองช่วงเวลาแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์แบบซ้อนทับเพื่อสกัดเอาข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในปี พ.ศ. 2562 ที่มีการขยายตัวออกจากพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเดิมในปี พ.ศ. 2542 และนำเอาข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับต่อไป

### 3.4 การขยายตัวของเมืองในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ

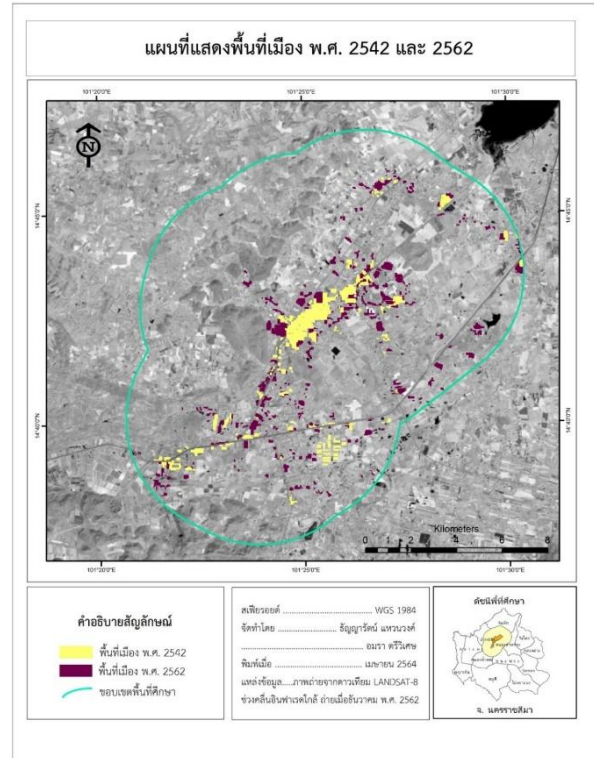
นำผลของการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง (ข้อที่ 3.2) มาทำการซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกที่มี การขยายตัว (ข้อที่ 3.3) เพื่อทำการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ

## 4. ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง โดยอาศัยปัจจัยด้านกายภาพ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม และปัจจัยด้านการส่งเสริมความเป็น ดังรูปที่ 1(ก) ส่วนผลการสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งเป็นตัวแทนของเมือง และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2542 - 2562 ดังรูปที่ 1(ข)



(ก) ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง



(ข) ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2542 - 2562

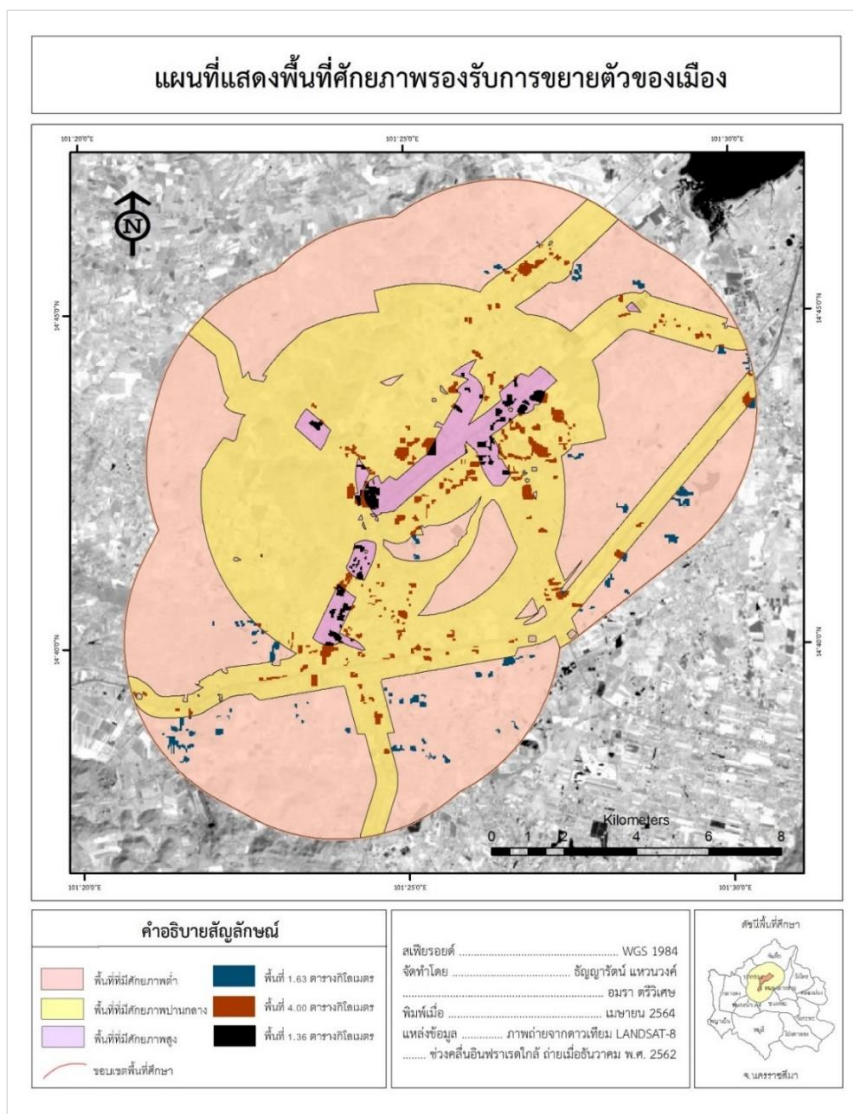
**รูปที่ 1** ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง และผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2542 - 2562

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง (รูปที่ 1ก) พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง (สีชมพู) มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 8.92 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.00 ของพื้นที่ศึกษา ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพระดับปานกลาง (สีส้ม) มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 100.11 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 44.86 ของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำ (สีเหลือง) มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 114.12 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 51.14 ของพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่เมืองเดิม เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีปัจจัยที่ส่งเสริมความเป็นเมือง อันได้แก่ สถานศึกษา โรงพยาบาล สาธารณสุข สถานีดารวจ ที่ทำการไปรษณีย์ และร้านค้า /ตลาด อยู่เกาะกลุ่มกัน ขณะที่พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง จะพบบริเวณเส้นทางคมนาคมสายหลัก ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับต่ำจะพบบริเวณขอบพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม

สำหรับผลการสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างซึ่งเป็นตัวแทนของเมือง พบว่า พื้นที่เมืองในปี พ.ศ. 2542 และ พ.ศ. 2562 มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 6.51 และ 13.50 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ที่เกิดขึ้นพบว่า พื้นที่เมืองมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 6.99 ตารางกิโลเมตรจากพื้นที่เมืองเดิมในปี พ.ศ. 2542 โดยพื้นที่เมืองในปี พ.ศ. 2562 (สีเหลือง) มีการขยายตัวออกจากพื้นที่เมืองเดิมในปี พ.ศ. 2542 (สีเหลือง) ซึ่งพบได้ 2 บริเวณ คือ รอบ

พื้นที่เมืองเดิม และตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) โดยพื้นที่เมือง ส่วนใหญ่ที่ขยายตัวออกไปในพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ประเภทบ้านจัดสรร

เมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้จากผลการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมือง และผลการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองมาวิเคราะห์ร่วมกัน ได้ผลการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมือง

รูปที่ 2 พบว่า พื้นที่เมืองมีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีระดับศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองทุกระดับ อย่างไรก็ตาม พื้นที่เมืองที่ขยายตัวออกมาในปี พ.ศ. 2562 และมีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง มีขนาดพื้นที่น้อยที่สุด คือ 1.36 ตารางกิโลเมตร ขณะที่พื้นที่เมืองส่วนใหญ่กลับขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวเมืองระดับปานกลาง โดยมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 4.00 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ดังกล่าวกับผลการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่กล่าวถึงข้างต้น (รูปที่ 1ข)



จะเห็นได้ว่า เมืองที่ขยายออกมาในปี พ.ศ. 2562 มีการขยายตัวไปตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก (พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง) ส่วนอีกบริเวณหนึ่งก็คือ พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับตัวเมืองเดิม (พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ตัวเมืองเดิม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง มีขนาดพื้นที่น้อยที่สุด คือ 8.92 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.00 ของพื้นที่ศึกษา ส่งผลให้เมืองที่ขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูงมีขนาดพื้นที่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ขณะที่เมืองส่วนใหญ่กลับมีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่ศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่อยู่ถัดออกมาจากเขตเมืองเดิมและพบตามเส้นทางคมนาคมสายหลักแทน (ถนนมิตรภาพสายใหม่)

## 5. การอภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่เมืองเดิม เนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีปัจจัยที่ส่งเสริมความเป็นเมืองอันได้แก่ สถานศึกษา โรงพยาบาล สาธารณสุข สถานตำรวจ ที่ทำการไปรษณีย์ และร้านค้า /ตลาด อยู่เกาะกลุ่มกัน ขณะที่พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง จะพบบริเวณเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) ซึ่งอยู่ถัดจากตัวเมืองเดิมออกไป ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับต่ำจะพบบริเวณขอบพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ฐิติรัตน์ ปันบำรุงกิจ (2546) ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการขยายตัวของเมือง เป็นเขตพาณิชยกรรม และเป็นศูนย์กลางธุรกิจชุมชน ตรงกันข้าม พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยจะกระจายอยู่ทั่วทุกตำบล และผลการวิจัยของ สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ (2554) ซึ่งพบว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการขยายตัวของเมืองหัวหิน เป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับเส้นทางคมนาคมเป็นหลัก และเส้นทางคมนาคมสายรอง ตรงกันข้าม พื้นที่ที่มีศักยภาพน้อยจะพบบริเวณที่เป็นภูเขา และพื้นที่ใกล้แนวชายฝั่ง

ส่วนผลการสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์ พบว่า การใช้ดัชนีดังกล่าวเพื่อนับและสกัดข้อมูลสิ่งปลูกสร้างจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT นั้น จะจำแนกพื้นที่ประเภทสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เปิดโล่ง ออกจากกันได้ไม่ตึง เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองประเภทมีลักษณะการสะท้อนพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคล้ายคลึงกัน สอดคล้องกับ Zha, Y.; Gao, J.; & Ni, S. (2003) และเมื่อนำข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (พื้นที่เมือง) ทั้งสองช่วงเวลา คือ ข้อมูลปี พ.ศ. 2542 และ 2562 มาวิเคราะห์ร่วมกัน พบว่า พื้นที่เมืองมีการขยายตัวออกมา 2 บริเวณ คือ รอบพื้นที่เมืองเดิม และตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) โดยพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ที่ขยายตัวออกไปในพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ประเภทบ้านจัดสรร สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ชลิตา เกษศิริ (2560) ซึ่งพบว่า การขยายตัวของเมืองสุราษฎร์ธานี มีรูปแบบการขยายตัวของเมืองจากพื้นที่เมืองเดิม และพบการขยายตัวของเมืองแบบแนวยาวตามเส้นทางคมนาคม และผลการวิจัยของ ปวีณา เปรมเจริญ (2555) ซึ่งบ่งชี้ว่า พื้นที่ชุมชน และพื้นที่สิ่งปลูกสร้างของเทศบาลเมืองแสนสุข จะพบกระจุกตัวอยู่ตามแนวเส้นทางคมนาคมสายหลักอย่างหนาแน่น

เมื่อพิจารณาการขยายตัวของเมือง เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีศักยภาพเชิงพื้นที่ในการรองรับการขยายตัวของเมืองแต่ละระดับ พบว่า พื้นที่เมืองส่วนใหญ่จะขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง (4.00 ตารางกิโลเมตร) รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพระดับต่ำ และระดับสูง โดยมีพื้นที่เมืองเท่ากับ 1.63 และ 1.36 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยพื้นที่เมืองที่ขยายตัวเข้าไปยังพื้นที่ที่มีศักยภาพระดับปานกลางนั้น จะพบตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ (2554) ที่พบว่า พื้นที่เมืองส่วนใหญ่ของเมืองหัวหินมีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการขยายตัวของเมือง ซึ่งอยู่ใกล้กับเส้นทางคมนาคมสายหลัก และเส้นทางคมนาคมสายรอง

## 6. การสรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมือง พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง ปานกลาง และต่ำ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 8.92, 100.11 และ 114.12 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.00, 44.86 และ 51.14 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับเขตเมืองเดิม เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับสูง ถัดออกมาจึงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง ซึ่งพบบริเวณเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) ซึ่งอยู่รอบนอกบริเวณเมืองเดิม ส่วนพื้นที่ ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับต่ำจะพบถัดออกจากพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง และพบบริเวณขอบของพื้นที่ศึกษา ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

ผลการวิเคราะห์การสกัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างด้วยดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้างแบบนอร์มัลไลซ์พบว่า พื้นที่เมืองในปี พ.ศ. 2542 และ 2562 มีขนาดพื้นที่ 6.51 และ 13.50 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยเมืองมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 6.99 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เมืองที่มีการขยายตัวออกมา พบได้ 2 บริเวณ คือ รอบพื้นที่เมืองเดิม และตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก (ถนนมิตรภาพสายใหม่) โดยพื้นที่เมืองส่วนใหญ่ที่ขยายตัวออกไปในพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ประเภทบ้านจัดสรร

สำหรับพื้นที่เมืองมีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีระดับศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองทุกระดับ โดยพื้นที่เมืองส่วนใหญ่มีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับปานกลาง (4.00 ตารางกิโลเมตร) รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีศักยภาพรองรับการขยายตัวของเมืองระดับต่ำ และระดับสูง ซึ่งมีขนาดพื้นที่เมืองเท่ากับ 1.63 และ 1.36 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกลักษณ์ สลักคำ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ตลอดจนคณาจารย์สาขาภูมิสารสนเทศทุกท่านที่ได้ให้องค์ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดาและญาติผู้ใหญ่ที่สนับสนุนด้านการศึกษาและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด รวมทั้ง ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ที่คอยแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

ก้องภพ สุขกิจบำรุง. (2542). **ทฤษฎีและความรู้ทางด้านผังเมือง**. ข่าวสารกรมการผังเมือง, (72/2542), 28-36.

งานทะเบียนราษฎร เทศบาลเมืองปากช่อง. (2562). **จำนวนประชากร ปี พ.ศ. 2558-2562**.

สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จาก <http://www.pakchongcity.go.th/main/registration-services/>.

งานวิเคราะห์นโยบายและแผนกองวิชาการและแผนงาน. (2562). **แผนพัฒนาเทศบาล (2561-2565)**

**เทศบาลเมืองปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา**. สืบค้นเมื่อ 20 เมษายน 2564, จาก <https://www.pakchongcity.go.th/main/wp-content/uploads/2020/07/Plan61to65.pdf>.

ชลิตา เกษศิริ. (2560). **รูปแบบการขยายตัวของพื้นที่เมืองและการกระทบต่อพื้นที่ประาะบาง**

**ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี**. ปรินญาณิพนธ์ ผ.ม. (สาขาวิชาการผังเมือง). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จิตติรัตน์ ปั่นบำรุง. (2546). **การวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อรองรับการขยายตัวของอาคารชุดในเมืองพัทยา**.

ปรินญาณิพนธ์ อ.ม. (สาขาวิชาภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทศบาลเมืองปากช่อง. (2564). **พัฒนาการท่องเที่ยว**. สืบค้นเมื่อ 19 เมษายน 2564,

จาก <http://www.pakchongcity.go.th/main/2020/01/21>.

บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ. (2558). **การวิเคราะห์ศักยภาพพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของชุมชน**

โดยรอบมหาวิทยาลัยพะเยา. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 23(3), 433-445.

ปกรณัม เมฆแสงสวย. (2548). **การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการศึกษาผลกระทบจากการขยายตัว**

**ของเมืองต่อปัญหาขยะในเขตอำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี**. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม.

(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประพัทธ์พงษ์ อุปลา; ชาญวิทย์ พงษ์ขวัญ; และ กฤษณะ แพทย์จะเกร็ง. (2551). **การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่**

**สำหรับการวางแผนพัฒนาที่อยู่อาศัย**. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล**. 6(1), 47-56.

ปวีณา เปรมเจริญ. (2555). **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการใช้ที่ดินในเขตเทศบาลเมือง**

**แสนสุข จังหวัดชลบุรี**. ปรินญาณิพนธ์ ป.ม. (สาขาภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรภัทร อธิวิฑูรย์; และ สุวดี ทองสุกปลั่ง. (2549). **การวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพ**

**ทางพื้นที่เพื่อรองรับการตั้งถิ่นฐานและการพัฒนาความเป็นเมืองในจังหวัดสมุทรสาครนครปฐม**

**สมุทรสงคราม เพชรบุรี และอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยใช้วิธี Potential Surface**

**Analysis (PSA)**. **วารสารวิจัยและศึกษาสถาปัตยกรรม/การวางแผน**. 4(1): 35-50.

รุ่งอาทิตย์ บูชาอินทร์; และ กฤษณีย์น เจริญจิตร. (2563). **โครงการการประเมินกลยุทธ์ i-Hotel และเขตศักยภาพทำเลที่เหมาะสมของธุรกิจโรงแรมบริเวณชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงใต้แนวคิดประเทศไทย**

4.0. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สิริรัตน์ พงศ์พัฒน์พันธุ์. (2543). **การวิเคราะห์เขตบริการโรงเรียนโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีศึกษาอำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก**. ปริญญาโท กศ.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนครินทรวิโรฒ.

สุลักษณ์ นาคยา; และคนอื่น ๆ. (2554). **การใช้ข้อมูลจากดาวเทียมและการวิเคราะห์ศักยภาพของพื้นที่เพื่อรองรับการขยายตัวของเมืองในเขตเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์**. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Zha, Y.; Gao, J.; and Ni, S. (2003). Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. **International Journal of Remote Sensing**. 24, 583-594.