

การศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยแบบจำลอง SLEUTH

กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

The Study of SLEUTH Urban Growth Model Study Area: Muang District,

Samutsakorn Province

กัลป์ กลับแสง*

Gun Glubsang*

คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Faculty of Social Sciences, Srinakharinwirot University

Email: gun.elite125@gmail.com

Received 7 August 2021

Revised 23 August 2021

Accepted 31 August 2021

บทคัดย่อ

การศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยแบบจำลอง SLEUTH กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการขยายตัวของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ทำให้ทราบแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลง สามารถเป็นข้อมูลแก่ภาครัฐในการวางแผนพัฒนาพื้นที่ และการบริหารจัดการอื่นๆ ได้ การศึกษานี้ใช้ข้อมูล การใช้ที่ดินซึ่งรวบรวมข้อมูลจากกรมแผนที่ดิน พ.ศ. 2545, 2550 และ 2555 เพื่อทำการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในปี พ.ศ. 2559 โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH และทำการตรวจสอบความถูกต้องใกล้เคียงด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM พ.ศ. 2559 โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2559 ด้วยตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SLEUTH สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้โดยมีความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลองร้อยละ 80.01 เนื่องจากสมการและปัจจัยของแบบจำลอง SLEUTH จะให้ความสำคัญกับเส้นทางคมนาคม ความชัน และพื้นที่เมืองเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา โดยผลการวิเคราะห์รูปแบบการใช้ที่ดินมีความสอดคล้องกับการใช้ที่ดินในพื้นที่จริง 8 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นา สวนผลไม้ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม สิ่งปลูกสร้าง และเบ็ดเตล็ดอื่นๆ

คำสำคัญ การขยายตัวของเมือง แบบจำลอง SLEUTH ชุมชนเมือง

Abstract

The objective of study of SLEUTH urban growth model study area in Muang District, Samutsakorn Province is to study the change and trend of urban growth that can be use as the data for government to develop and manage the area. This study uses landuse data of years 2002, 2007 and 2012 from Land Development Department to predict the urban growth in year 2016 by using SLEUTH model and validate the accuracy of result by compare to existing satellite image of year 2016 from Landsat 7 ETM using the Error Matrix. The result of this study found that the SLEUTH model can predict the landuse change at the accuracy of 80.01 percent, because of the equation and factors of model give first priority to transportation routes, slope and urban area, that match with urban growth pattern of the study area. The result of the predicted landuses that match with reality are rice fields, orchards, aquaculture, mangrove forests, lowland areas, urban area, village, and water area. And the result of the predicted landuses that not match with reality are industrial area, building and miscellaneous area.

Keywords: Urban Growth Model, SLEUTH Model, Urban

1. บทนำ

แบบจำลองการขยายตัวของเมืองเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองเพื่อใช้ประกอบการวางแผนรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคต อันเนื่องมาจากพื้นที่เมืองในปัจจุบันที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองการขยายตัวของเมืองในปัจจุบันนั้นมีมากกว่า 20 แบบจำลอง และในแต่ละแบบจำลองมีความสามารถในการจำลองการขยายตัวของเมืองที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย หลักการ และทฤษฎีของแบบจำลองนั้นๆ รวมทั้งพื้นที่ศึกษาที่ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้แบบจำลองแสดงประสิทธิภาพออกมาได้อย่างเต็มที่ จึงต้องมีการศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสมกับการขยายตัวของเมืองในแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นไปใช้ในการวางแผนรองรับและป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการขยายตัวของเมือง

ในปัจจุบันการขยายตัวของเมืองของประเทศไทยนั้นมียัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความต้องการทางด้านทรัพยากรสูงขึ้น และความต้องการที่อยู่อาศัยมากขึ้นเพื่อรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้

จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ปัญหาการจราจรติดขัดและความแออัดของชุมชน เป็นต้น

การศึกษานี้ได้เลือกแบบจำลองการขยายตัวของเมือง SLEUTH มาทำการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองในพื้นที่จังหวัดสมุทรสาครเนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีอาณาเขตติดต่อกับกรุงเทพมหานครซึ่งมีความหนาแน่นของเมืองเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ จึงมีโอกาสในการรองรับการขยายตัวของเมืองทั้งในด้านเศรษฐกิจและประชากรเป็นอย่างมาก จากข้อมูลของสำนักบริหารงานทะเบียนพบว่า พ.ศ. 2560 จังหวัดสมุทรสาครมีจำนวนประชากรทั้งหมด 568,465 คน มีจำนวนบ้านเรือน 278,188 ครัวเรือน พ.ศ. 2561 มีจำนวนประชากรทั้งหมด 577,964 คน มีจำนวนบ้านเรือน 283,853 ครัวเรือน พ.ศ. 2562 มีจำนวนประชากรทั้งหมด 584,703 คน มีจำนวนบ้านเรือน 290,805 ครัวเรือน (สำนักบริหารงานทะเบียน, 2563) ซึ่งจะเห็นได้ว่าจังหวัดสมุทรสาครมีแนวโน้มของจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการจ้างงาน ณ ไตรมาส 2/2563 สำหรับอัตราการจ้างงานในภาคเกษตรของจังหวัดสมุทรสาคร พบว่า อัตราการจ้างงานในภาคเกษตรมีอัตราร้อยละ 6.73 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.31เมื่อเทียบกับไตรมาสที่แล้วที่มีอัตราร้อยละ 6.42 และเมื่อพิจารณาอัตราการจ้างงานเฉพาะในส่วนภาคอุตสาหกรรมการผลิต โดยคำนวณจากจำนวนผู้มีงานทำในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเปรียบเทียบกับจำนวนผู้มีงานทำทั้งหมดจะพบว่า อัตราการจ้างงานในอุตสาหกรรมการผลิตไตรมาส 2/2563 มีอัตราร้อยละ 56.83 ซึ่งมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น จากไตรมาสที่แล้วที่มีอัตราร้อยละ 56.27 (สำนักงานจัดหางานจังหวัดสมุทรสาคร, 2563) แสดงให้เห็นว่าจังหวัดสมุทรสาครมีการขยายตัวทั้งในด้านประชากรและการจ้างงาน ทำให้เกิดการลงทุนของภาคธุรกิจและเกิดการพัฒนาเติบโตของชุมชนเป็นชุมชนเมืองเพิ่มมากขึ้น จึงมีความต้องการวางแผนและการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองด้วยแบบจำลอง SLEUTH กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครขึ้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนรองรับและจัดระบบการใช้ที่ดินของจังหวัดสมุทรสาครให้มีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการขยายตัวของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

3. ทบทวนวรรณกรรม

3.1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดสมุทรสาคร

จังหวัดสมุทรสาครมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1.00 - 2.00 เมตร มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านตอนกลางจังหวัดไหลลงสู่อ่าวไทยที่อำเภอเมืองสมุทรสาคร ระยะทางยาวประมาณ 70 กิโลเมตร มีโครงข่ายแม่น้ำลำคลองเชื่อมโยงถึงกันกระจายอยู่ทั่วพื้นที่กว่า 170 สาย จึงเหมาะที่จะทำ

การเพาะปลูกพืชนาชนิด และบางส่วนเป็นย่านธุรกิจ อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย พื้นที่ตอนล่างของจังหวัดในเขตอำเภอเมืองสมุทรสาครอยู่ติดชายฝั่งทะเลยาว 41.8 กิโลเมตร จึงเหมาะที่จะประกอบอาชีพประมงทะเล เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและทำนาเกลือ (สำนักงานแรงงานจังหวัดสมุทรสาคร, 2563)

3.2 แบบจำลอง SLEUTH

แบบจำลอง SLEUTH (Slope, Land use, Exclusion, Urban extent, Transportation and Hill shade), หรือชื่อเรียกอย่างเป็นทางการคือ Clarke Cellular Automaton Urban Growth Model แบบจำลองนี้พัฒนามาจากการรวมกันของแบบจำลอง 2 ชนิดได้แก่ The Urban Growth Model (UGM) และ The land cover deltatron model (LCD) ถูกพัฒนาโดย Keith C. Clarke เพื่อให้สามารถใช้งานกับพื้นที่หลายขนาดและเป็นมาตรฐานทั่วโลก (U.S. Geological Survey. 1996)

แบบจำลอง SLEUTH ต้องใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทั้งหมด 6 ชนิดได้แก่ ความลาดชัน, รูปแบบการใช้ที่ดิน, พื้นที่กันออก, พื้นที่เมือง, การคมนาคมและเนินเขา โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นจะอยู่รูปแบบของไฟล์ภาพนามสกุล .gif โดยค่า Cell Value ที่เท่ากับ 0 และ 255 จะหมายถึง ไม่มีข้อมูลในเซลล์นั้นๆ เซลล์ที่มีค่าจะอยู่ระหว่าง $0 < n < 255$ แบบจำลองนี้ต้องการข้อมูลที่มีค่าแถวและสดมภ์ที่เท่ากันเพื่อความแม่นยำในการคำนวณ และต้องคำนวณการเปลี่ยนแปลงของเมืองเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 4 ช่วงเวลาด้วยกัน ซึ่งแบบจำลองต้องใช้ข้อมูลรูปแบบการใช้ที่ดิน 2 รูปแบบขึ้นไปเพื่อการคำนวณ

ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของเมืองจะทำการควบคุมแบบจำลองการขยายตัวของเมือง โดยค่าเหล่านี้จะถูกสอบเทียบโดยการเปรียบเทียบกับเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการใช้ที่ดินในอดีตของพื้นที่ศึกษา โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองนี้มีทั้งหมด 5 ค่าด้วยกัน ได้แก่

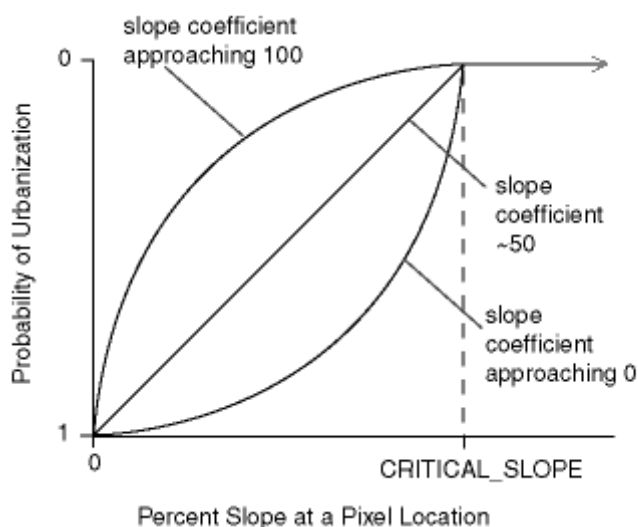
1. Dispersion coefficient ประกอบด้วย Spontaneous growth ซึ่งทำการควบคุมความเป็นไปได้ที่ pixel หนึ่งจะพัฒนาเป็นพื้นที่เมืองและ Road influenced growth ซึ่งทำการควบคุมการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นตามเส้นทางคมนาคมขนส่ง

2. Breed coefficient จะทำการควบคุมความเป็นไปได้ของการขยายตัวของเมือง ในพื้นที่ที่ไม่ได้เป็นเมืองมาก่อน

3. Spread coefficient จะทำการควบคุมความน่าจะเป็นของ pixel ที่เป็นส่วนหนึ่งของการขยายตัวของเมือง จะสร้างพื้นที่เมืองรอบ

4. Slope coefficient จะทำการควบคุมการขยายตัวของเมืองโดยวิเคราะห์จากค่าความชันของแต่ละ pixel ที่เหมาะสมต่อการขยายตัวของเมือง โดยเมื่อค่า Slope coefficient สูง pixel นั้นๆจะมีโอกาสที่จะพัฒนาเป็นเมืองสูง แต่หากค่า Slope coefficient มีค่าเข้าใกล้ 0 มากขึ้นก็จะทำให้โอกาสที่ pixel นั้นจะพัฒนากลายเป็นเมืองต่ำลง ดังภาพที่

5. Road gravity coefficient จะทำการควบคุมค่าระยะการค้นหาสูงสุดของ pixel ที่จะพัฒนา
กลายเป็นพื้นที่เมืองไปตามแนวเส้นทาง



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชันและความเป็นเมือง

ที่มา: Qi Lingrui. (2012). *Urban Land Expansion Model based on SLEUTH, a Case Study in Urban Land Expansion Model based on SLEUTH*.

3.3 ทฤษฎีการขยายตัวของเมือง

3.3.1 ทฤษฎีวงแหวน (Concentric Theory)

โดยเอนินเนส ดับเบิลยู เบอร์กัส (Ernest W. Burgess. 1925) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก ในช่วง ค.ศ. 1920-1930 ได้ศึกษาความเจริญและการขยายตัวของชิคาโกโดยกล่าวว่าเมืองขยายตัวออกไปจากจุดศูนย์กลางเดียวซึ่งเป็นศูนย์รวมของเขตต่างๆ 5 เขต ได้แก่

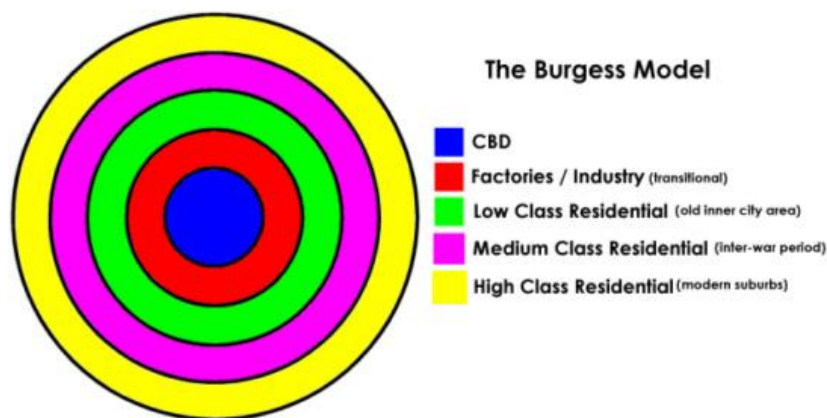
(1) เขตใจกลางเมือง (CBD : Central Business District) หรือ Downtown เป็นศูนย์กลางเมืองด้านการค้า สังคม การคมนาคมใจกลางเมืองจริงๆคือย่านการค้าปลีกที่เต็มไปด้วยร้านค้าห้างสรรพสินค้า ธนาคาร โรงแรม และที่ตั้งของสมาคมสำคัญตลอดจนเป็นย่านของโรงหนัง โรงละครในกรณีที่เป็นเมืองเล็กการใช้ที่ดินต่างๆ เหล่านี้อาจจะมีปะปนกันไปส่วนกรณีเมืองใหญ่กิจกรรมเหล่านี้จะปรากฏอยู่เป็นย่านธุรกิจ

(2) เขตปรับเปลี่ยน (Factories or Translational) อยู่ถัดจากเขตใจกลางเมืองเป็นย่านการขายส่ง (Wholesale District) เป็นย่านโกดังเก็บสินค้าบางแห่งปะปนอยู่กับย่านอุตสาหกรรมเบารอบๆ ใจกลางเมืองซึ่งยึดหลักความได้เปรียบในเรื่องตลาดหรือบางแห่งเป็นเขตที่อยู่อาศัยที่ค่อนข้างต่ำในแง่คุณภาพและการบริการเป็นห้องเช่า แพลตราคาถูกมักเป็นเขตของผู้ที่พึ่งอพยพมาอยู่ในเขตเมืองใหม่ๆ

(3) เขตอาศัยของคนงาน (Low Class Residential or Old Inner City Area) เป็นเขตที่ถัดออกมาเป็นที่อยู่อาศัยของกรรมกรโรงงานที่เป็นแรงงานของอุตสาหกรรม เป็นเขตที่อยู่อาศัยที่ขยายตัวออกมาจากเขตปรับเปลี่ยนคนกลุ่มนี้ยึดความสะดวกในการเดินทางไปทำงานส่วนมากโรงงานอยู่ในโซนการใช้ที่ดินถัดออกไปและบริเวณนี้ไม่ไกลจากการไปทำธุระในเมืองซึ่งอยู่ในเขตใจกลางเมือง

(4) เขตที่อยู่อาศัยชั้นดี (Medium Class Residential or Inter War Period) มักเป็นที่อยู่อาศัยของชนชั้นกลางที่ไม่ได้อพยพมาจากที่ไหน ส่วนมากเป็นนักธุรกิจ มีอาชีพต่างๆ เช่น เสมียน พนักงานเซลล์แมนส่วนมากอาศัยเป็นครอบครัวเดี่ยว ต่อมาก็มีแฟลต และโรงแรมแบบที่เป็นที่อาศัยขึ้นมาบ้างตามถนนสายสำคัญ พร้อมกับมีศูนย์กลางการบริการเล็กๆ เกิดขึ้น

(5) เขตสัณฐานรุดหน้า (High Class or Modern Suburbs) โดยทั่วไปอยู่นอกเขตเมืองออกไปตามเส้นทางสำคัญ โดยรวมกันอยู่เป็นกลุ่มเล็กๆ เป็นย่านที่อยู่อาศัยขนาดเล็กและมีราคาแพง ผู้คนเหล่านี้เดินทางมาทำงานในเขตใจกลางเมือง โดยอาศัยระบบขนส่งมวลชนบ้าง ใช้รถส่วนตัวบ้าง



ภาพที่ 2 แบบจำลองการใช้ที่ดินของ Burgess

ที่มา: Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*.

เขตทั้งห้าที่เอนเนสเสนอไว้นี้ได้หมายความว่าคงที่เช่นนี้ตลอดไป แต่จะแปรเปลี่ยนไปตามความเจริญของเมือง โดยเฉพาะเมื่อเมืองมีการขยายตัวออกจากเขตชั้นในรุดเข้าไปในเขตชั้นนอกถัดออกไป จึงเกิดการกระเพื่อมคล้ายกับระลอกน้ำ อย่างไรก็ตามทฤษฎีนี้ได้รับการนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อศึกษากับพื้นที่อื่นๆ พบว่ารูปแบบการขยายตัวอาจไม่เป็นวงกลมเสียทีเดียว เนื่องจากข้อจำกัดจากอุปสรรคทางด้านกายภาพของพื้นที่ เช่น ภูเขาสูง ทะเลสาบ

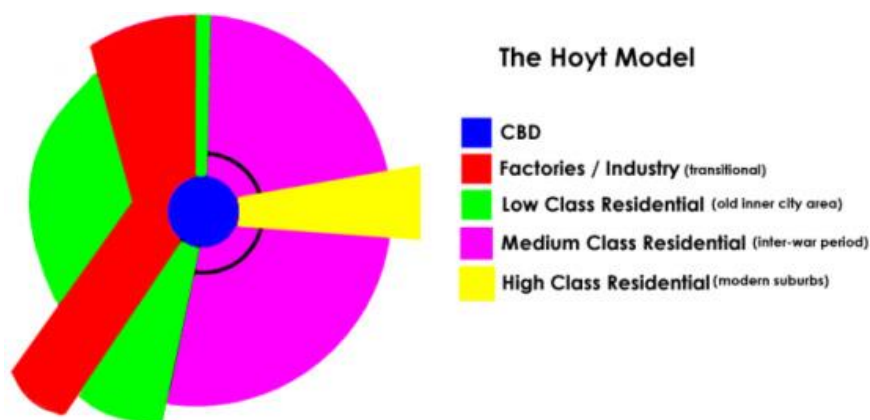
3.3.2 ทฤษฎีรูปเสี้ยวหรือลิ่ม (Sector Theory)

สแตนลีย์ ดี. บรันน และ แจ็ค วิลเลียม (Stanley D. Brunn; & Jack Williams. 1983) กล่าวว่า ทฤษฎีนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 1939 โดยโฮเมอร์ ฮอยท์ (Homer Hoyt) ซึ่งได้ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางพื้นที่ของเมืองในสหรัฐอเมริกา จำนวน 142 เมืองจากข้อมูลที่รวบรวมได้ และสรุปเป็นทฤษฎีเพื่อใช้อธิบายรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ของเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ดินบริเวณที่อยู่อาศัยจะมีลักษณะแยกออกเป็น ส่วนๆ แบบรูปเสี้ยวแผ่ออกไปจากศูนย์กลางเมือง อันมีอยู่ศูนย์กลางเดียวไปตามแนวเส้นทางคมนาคมสายสำคัญ ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญของระบบคมนาคมในเมืองกับภาวะการใช้ที่ดิน

โฮเมอร์ ฮอยท์ได้แนวคิดทฤษฎีนี้มาจากเรื่องอัตราค่าเช่าที่ดิน ซึ่งเห็นว่าอัตราค่าเช่าที่ดินในเมืองนั้นจะแตกต่างกันในแต่ละโซน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทแต่ โดยรวมแล้วค่าเช่าจะสูงสุดเมื่ออยู่ในบริเวณใจกลางเมืองและจะลดลงในบริเวณที่อยู่โดยรอบ นอกจากนี้เขากล่าวว่าเขตที่อยู่อาศัยอาจจะขยายไปยังจุดที่มีศูนย์กลางทางการค้า และอาคารอื่นๆ เป็นต้น และตามแบบรูปเสี้ยวหรือ ลิ่มของโฮเมอร์ ฮอยท์ การขยายตัวของเมืองจะขยายออกจากศูนย์กลางเมือง (CBD) โดยแยกเป็นส่วนๆ ไปตาม แนวเส้นทางคมนาคม

การขยายตัวของเมืองแบบรูปเสี้ยวแบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 5 โซนคือ

- (1) บริเวณศูนย์กลางธุรกิจการค้า (Core หรือ Central Business District หรือ CBD) เป็นเขตการค้า และบริการที่สำคัญของเมือง
- (2) บริเวณย่านการค้าและอุตสาหกรรม (Wholesale Light Manufacturing)
- (3) บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ต่ำ (Low Class Residential Area)
- (4) บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลาง (Medium Class Residential Area)
- (5) บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้สูง (High Class Residential Area)



ภาพที่ 3 The Hoyt Model

ที่มา: Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*.

การใช้ที่ดินทั้งที่เอนเนส และฮอยท์ เสนอคล้ายคลึงกันในการแบ่งประเภท คือ มีเขตศูนย์กลางย่านธุรกิจอยู่ใจกลางเมือง ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่ร้านค้า ธนาคาร สำนักงาน โรงแรม โรงภาพยนตร์ ฯลฯ การแบ่งเขตสำหรับผู้ใช้งานอยู่ใกล้แหล่งที่ทำงาน เขตอุตสาหกรรมขนาดย่อม เขตที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้ปานกลาง ซึ่งอาศัยการขนส่งสาธารณะหรือใช้พาหนะส่วนตัว และที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้สูงในเขตชานเมือง เป็นต้น สิ่งที่แตกต่างกันคือฮอยท์ ได้เอาย่านการใช้ที่ดินเพื่อการคมนาคมเข้ามาเกี่ยวข้องรวมกับย่านอุตสาหกรรม

ทฤษฎีการขยายตัวของเมืองตามลักษณะรูปเสี้ยวของฮอยท์ ได้รับการวิจารณ์ในหลายแง่มุม กล่าวโดยสรุปที่ เรย์ เอ็ม นอร์ทแฮม (Ray M. Northam. 1979) ได้วิจารณ์ทฤษฎีของฮอยท์ว่าเป็นการกำหนดรูปแบบการเติบโตของเขตที่อยู่อาศัยมากกว่าที่จะวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของเมืองทั้งหมด ซึ่งที่จริงแล้วผู้ที่มีรายได้สูงอาจจะมีการตั้งถิ่นฐานตามทิศทางต่างๆ ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการส่งเสริม บางคนอาจคำนึงถึงองค์ประกอบทางด้านสังคมมากกว่าทำเลที่ตั้งของเมือง เช่น ต้องการอยู่ใกล้แหล่งชุมชน หรือใกล้กับเพื่อนบ้านและญาติ เป็นต้น อาจจะได้มีรูปแบบอย่างปกติธรรมดาได้ แต่อย่างไรก็ตามนอร์ทแฮม ได้สรุปลักษณะการขยายตัวของเขตชุมชนเมืองตามแนวคิดของฮอยท์ว่าขยายตัวออกไปสู่บริเวณที่ไร้สิ่งกีดขวางทางธรรมชาติ และเป็นบริเวณที่สามารถจะขยายออกไปสู่ที่ว่างได้สะดวกนั้นคือ ขยายไปยังพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ

3.3.3 ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory)

ทฤษฎีหลายศูนย์กลางเป็นทฤษฎีที่ ชอนซีซีดี ฮาร์ริส และ เอ็ดเวิร์ดแอล อัลแมน (Chauncy D. Harris; & Edward L. Ullman. 1945: 7-17) อธิบายแบบรูปการใช้ที่ดินในเขตเมืองว่า เมืองจำนวนมากได้พัฒนาออกเป็นหลายศูนย์กลางอย่างชัดเจน โดยเมืองที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีจำนวนและลักษณะเฉพาะของศูนย์กลางมากกว่าเมืองที่มีขนาดเล็กกว่า ศูนย์กลางเหล่านั้นส่วนมากจะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้ที่พักอาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลางและผู้มีรายได้สูง ทฤษฎีหลายศูนย์กลางจึงสามารถอธิบายโครงสร้างของเมืองขนาดใหญ่ได้ดีกว่าทฤษฎีของเอนเนสและฮอยท์ ทฤษฎีหลายศูนย์กลางกล่าวถึงการเกิดศูนย์กลางขึ้นเฉพาะเขตไว้ว่า ความสามารถในการจ่ายค่าเช่าที่แตกต่างกันเป็นสิ่งผลักดันให้หลายกิจกรรมแยกกันจับกลุ่มในเขตต่างๆ ของเมือง กิจกรรมเฉพาะอย่างต้องการทำเลที่ตั้งเป็นพิเศษ แต่กิจกรรมที่เหมือนกันมีแนวโน้มในการตั้งอยู่ด้วยกัน ส่วนกิจกรรมที่ไม่พึงประสงค์จะถูกผลักดันออกไปอยู่บริเวณชานเมือง ฮาร์ริสและอัลแมน กล่าวว่า การที่จะเกิดศูนย์กลางต่างๆ ขึ้นมานั้นเพราะอิทธิพลร่วมของ 4 ปัจจัย ดังนี้

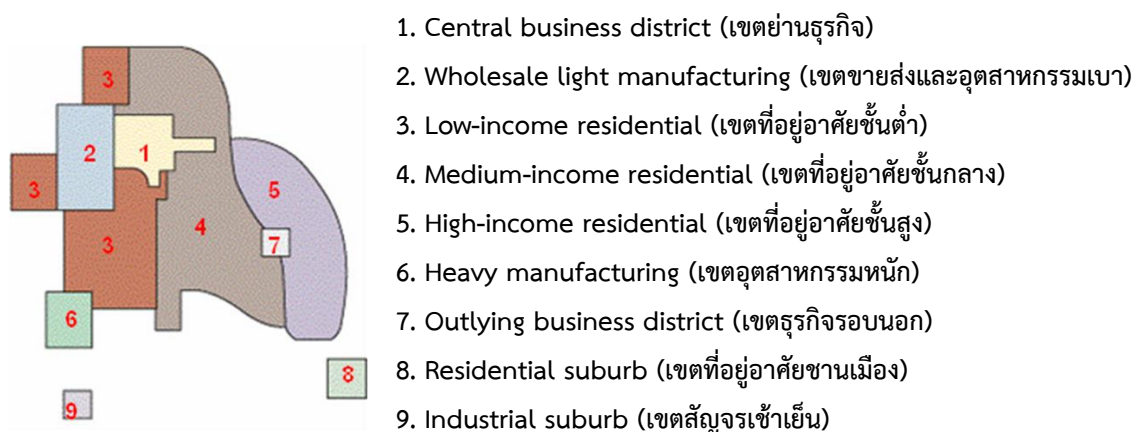
(1) กิจกรรมแต่ละอย่างต้องการอุปกรณ์และความสะดวกสบายเป็นพิเศษรวมทั้งที่ตั้งที่เหมาะสม สามารถเข้าถึงได้สะดวก เช่น บริเวณพาณิชยกรรมจะต้องอยู่ในใจกลางเมือง ส่วนท่าเรือต้องการชายฝั่งที่เหมาะสม ย่านอุตสาหกรรมต้องการทำเลที่เหมาะสมในเรื่องขนาดของที่ดิน อยู่ใกล้แหล่งน้ำ และเส้นทางคมนาคม เป็นต้น

(2) กิจกรรมบางอย่างที่เหมือนกันจะต้องอยู่ใกล้กันเนื่องจากได้รับประโยชน์จากการรวมกลุ่มกัน เช่น ร้านค้าขนาดย่อมอยู่รวมกันเพราะได้เปรียบลูกค้าร่วมกัน ย่านการเงินและการธนาคารอยู่รวมกันในเขตเดียวกัน เพราะได้รับความสะดวกในการติดต่อระหว่างกัน เป็นต้น

(3) กิจกรรมบางประเภทที่มีความแตกต่างกันไม่เหมาะสมที่จะนำมาอยู่รวมกันเนื่องจาก จะทำให้เกิดผลเสีย เช่น ย่านโรงงานอุตสาหกรรมกับย่านที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้สูงจะแยกตัวไม่อยู่ใกล้กัน

(4) กิจกรรมบางประเภทไม่สามารถตั้งในทำเลที่ดินที่ต้องการได้เนื่องจากค่าเช่าสูง กิจกรรมเหล่านี้จะจำกัดขอบเขตของตนอยู่ในย่านที่มีราคาถูก

ดังนั้นในทฤษฎีนี้ Harris และ Ullman ได้แบ่งเมืองออกเป็น 9 เขต ดังนี้



ภาพที่ 4 ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory)

ที่มา: Chapin FS Jr.; & Kaiser EJ. (1979). *Urban Land Use Planning*.

สำหรับการศึกษารั้วนี้ได้สรุปทฤษฎีการขยายตัวของเมืองที่ใกล้เคียงกับรูปแบบการขยายเมืองของจังหวัดสมุทรสาคร โดยวิเคราะห์จากแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2556 คือทฤษฎีหลายศูนย์กลางเนื่องจากพื้นที่เมืองของจังหวัดสมุทรสาครจะอยู่บริเวณใจกลางจังหวัดและมีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่าน มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เอื้อต่อการสร้างใจกลางเมือง (CBD) เนื่องจากอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำซึ่งเป็นความต้องการพื้นฐานและเป็นเส้นทางคมนาคมนอกจากนี้รูปแบบการใช้ที่ดินยังมีลักษณะที่ตรงกับปัจจัยของทฤษฎีคือ กิจกรรมแต่ละอย่างต้องการอุปกรณ์และความสะดวกสบายเป็นพิเศษ มีที่ตั้งที่เหมาะสมสามารถเข้าถึงได้สะดวก โดยจังหวัดสมุทรสาครจะมีบริเวณย่านการค้าและการขนส่งอยู่ใจกลางเมือง ท่าเรือจะอยู่บริเวณแม่น้ำ และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอยู่ใกล้กับอ่าวไทย เป็นต้น ประกอบกับพื้นที่เขตอุตสาหกรรมของจังหวัดสมุทรสาคร จะไม่อยู่ใกล้กับพื้นที่เมือง

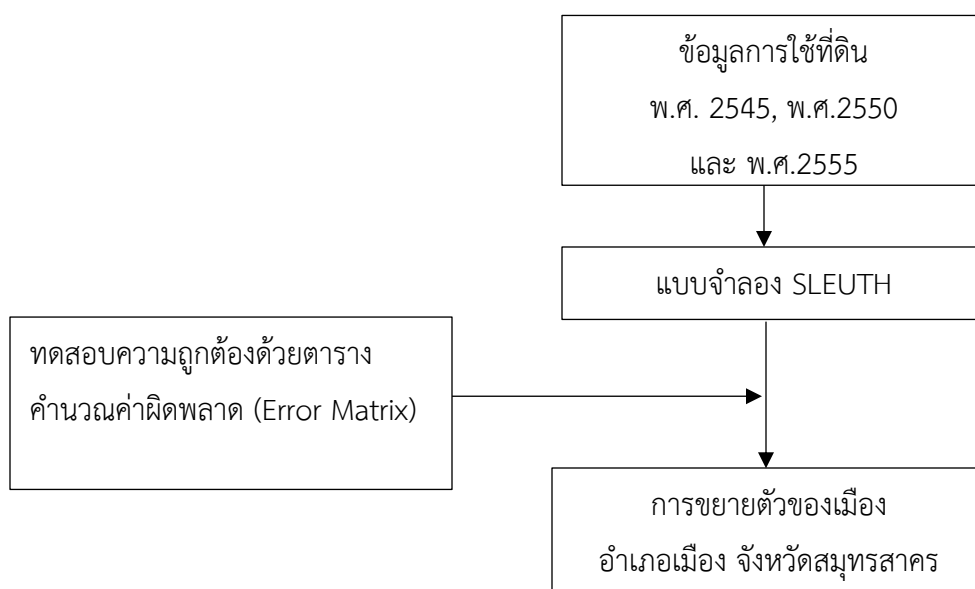
3.4 การใช้แบบจำลอง SLEUTH กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง

ลี่ซง ฮัว และคนอื่นๆ (Lizhong Hua; et al. 2009) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง SLEUTH ศึกษาในพื้นที่อำเภอ Jimei ประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงค.ศ. 1992 และ 2007 เพื่อศึกษาการขยายตัวของเมืองใน ค.ศ. 2020 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เมืองมีการขยายตัวจาก ค.ศ. 2006 จนถึงค.ศ. 2020 มากถึงร้อยละ 78

ชี หลิงลุ่ย (Qi Lingrui. 2012) ศึกษาการขยายตัวของพื้นที่เมือง Dongguan ประเทศจีน โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในช่วง ค.ศ. 1997 ถึง 2009 เพื่อทำการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในช่วง ค.ศ. 2022 ถึง 2030 จากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของเมืองใน ค.ศ. 1997 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12.8 ของพื้นที่ทั้งหมด เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 67.43 ของพื้นที่ทั้งหมดใน ค.ศ. 2020

ราฟฟรี เรซา และคนอื่นๆ (Rafiee Reza; et al. 2009) ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองที่เมือง Mashad ประเทศอิหร่าน โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH ทำการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในช่วง ค.ศ. 2006 ถึง ค.ศ. 2050 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เมืองมีพื้นที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70

4. กรอบแนวคิดงานวิจัย



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดงานวิจัย

5. ระเบียบวิธีวิจัย

5.1 ทำการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาการสำรวจภาคสนาม

5.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย

5.1.3 ตำรา เอกสาร ผลงานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้อง จากหน่วยงานต่างๆ

5.1.4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2545, 2550 และ 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

5.1.5 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ตำแหน่ง Path/Row ที่ 129/51 ของ พ.ศ. 2559 จากเว็บไซต์ <http://www.usgs.gov/> สืบค้นวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2559

5.1.6 ข้อมูลขอบเขตการปกครองจากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

5.2 การสำรวจระยะไกล

5.2.1 นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยใช้ช่วงคลื่น (Spectral) หรือข้อมูลการสะท้อน ดูดกลืน และส่งต่อพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ ที่ดาวเทียมได้ทำการบันทึกไว้ มาทำการผสมสีภาพ โดยกำหนดให้ช่วงคลื่นที่ 4 ให้เป็นสีแดง ช่วงคลื่นที่ 5 ให้เป็นสีเขียวและช่วงคลื่นที่ 3 ให้เป็นแสงสีน้ำเงิน เพื่อให้เหมาะสมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด (วสันต์, 2555)

5.2.2 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต เพื่อให้ได้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้อง

5.2.3 นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต และผสมสีแล้ว มาทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เพื่อใช้ในการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และนำไปทำการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ต่อไป

5.2.4 ทำการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่โดยทำการกำหนดตำแหน่งพื้นที่ตรวจสอบก่อนลงสำรวจจริง และนำผลการสำรวจมาปรับแก้ส่วนที่มีความผิดพลาดจากการแปลภาพในขั้นแรก

5.2.5 นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต และผสมสีแล้วมาทำการจำแนกข้อมูลโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทเพื่อให้คอมพิวเตอร์คำนวณและสร้างข้อมูลแผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินตามการศึกษา

5.3 การวิเคราะห์การขยายตัวของเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ด้วยแบบจำลอง SLEUTH

5.3.1 นำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2545, 2550 และ 2555

5.3.2 ทำการแยกข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้านออกจากการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลที่เป็นต่อการวิเคราะห์ของแบบจำลอง SLEUTH

5.3.3 ทำการสร้างข้อมูลความลาดชันและ Hillshade จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่รวบรวมจากกรมแผนที่ทหาร

5.3.4 นำเข้าข้อมูลที่เป็นต่อการวิเคราะห์ของแบบจำลอง ได้แก่ ความลาดชัน การใช้ที่ดิน พื้นที่ยกเว้นพื้นที่เมือง เส้นทางคมนาคม และ Hillshade ของ พ.ศ. 2545, 2550 และ 2555 โดยข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบ .gif

5.3.5 ทำการจำลองการขยายตัวของเมืองปี พ.ศ. 2559 โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH

5.3.6 นำแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากการวิเคราะห์จากการสำรวจระยะไกลในข้อ 5.2 เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ดังที่แสดงในตารางที่ 1 เพื่อคำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมดด้วยสมการ 7

ตารางที่ 1 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง SLEUTH

	A1	A4	A9	F3	M2	M4	U1	U2	U5	U6	W1	รวม
A1	1.0386	0.0196	0.0348	0.0000	0.0541	0.0008	0.0000	0.2813	0.0529	0.0106	0.0195	1.5121
A4	0.0264	13.2324	0.7687	0.3568	0.7794	0.0242	0.0372	2.5792	0.4056	0.1196	0.3355	18.6649
A9	0.0576	0.8990	149.8071	2.5558	1.2822	3.7498	0.1679	14.3667	1.0385	0.3270	1.3856	175.6373
F3	0.0000	0.4538	2.5110	25.4154	0.2020	0.4656	1.0750	3.0455	0.7626	0.2125	0.8979	35.0413
M2	0.0240	0.5672	1.2539	0.0673	21.3402	0.2068	0.4097	3.3944	1.6540	0.1849	0.2471	29.3495
M4	0.0000	0.0054	2.0329	0.4436	0.1923	44.0950	0.0011	2.5095	0.1247	0.0851	0.1467	49.6362
U1	0.0064	0.0718	0.2702	1.7702	0.4688	0.0052	27.4316	2.2022	0.1019	0.4730	0.4188	33.2199
U2	0.0440	0.6790	4.5922	0.6883	1.5144	0.7936	0.0868	39.3512	0.7479	0.4177	1.6370	50.5523
U5	0.0404	0.4922	1.8776	0.8129	1.6437	0.2310	0.1176	4.9644	26.2948	0.4552	0.3374	37.2673
U6	0.0088	0.0994	0.3791	0.2125	0.2151	0.1182	0.5870	1.0934	0.5455	2.7622	0.1076	6.1287
W1	0.0133	0.2522	1.4195	0.5208	0.2488	0.1112	0.3090	3.0026	0.2172	0.0717	19.0894	25.2558
รวม	1.2594	16.7720	164.9469	32.8436	27.9412	49.8013	30.2229	76.7904	31.9457	5.1196	24.6225	462.2654

โดยที่ A1 คือ พื้นที่นา A4 คือ ไม้ผล A9 คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 F3 คือ ป่าชายเลน M2 คือ พื้นที่ลุ่ม M4 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด
 U1 คือ ตัวเมืองและย่านการค้า U2 คือ หมู่บ้าน U5 คือ พื้นที่อุตสาหกรรม
 U6 คือ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ W1 คือ แหล่งน้ำ

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ij}}{n}$$

1

เมื่อ i คือ แถว (Row) และ j คือ สดมภ์ (Column)
 n_{ij} คือ แถวที่ i สดมภ์ที่ i หรือแถวที่ j สดมภ์ที่ j
 n คือ ผลรวมทั้งหมด

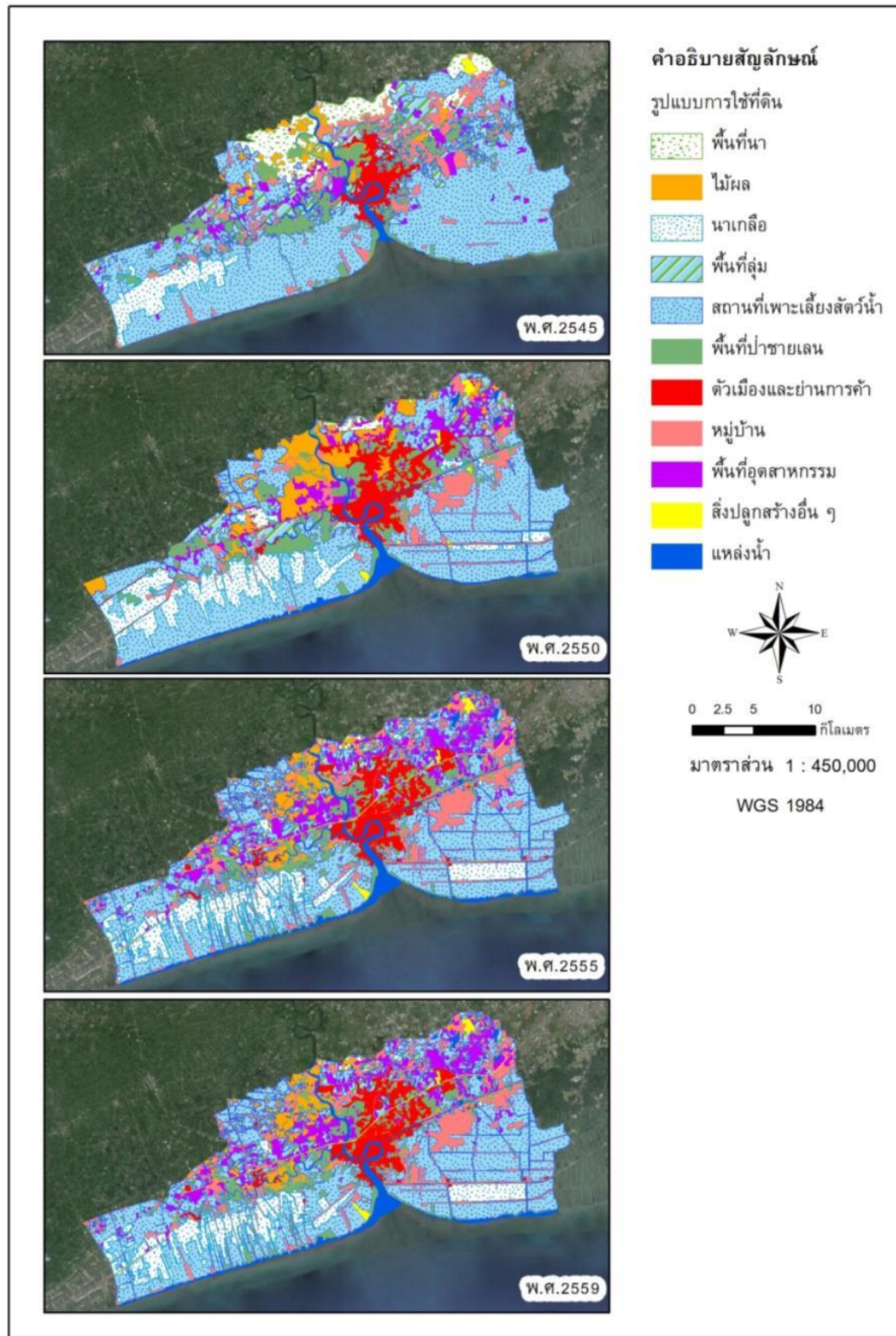
$$\begin{aligned} \text{ค่าความถูกต้องรวม} &= ((1.0386 + 13.2324 + 149.8071 + 25.4154 + 21.3402 + \\ &44.0950 + 27.4316 + 39.3512 + 26.2948 + 2.7622 + \\ &19.0894) / 462.2654) \times 100 \\ &= 80.19 \end{aligned}$$

6. ผลการศึกษา และอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 4 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี พ.ศ. 2545, 2550, 2555 และ 2559 โดยสามารถสรุปลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ดังตารางที่ 2 และ ภาพที่ 6

ตารางที่ 2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ปี พ.ศ. 2545 2550 2555 2559

รูปแบบการใช้ประโยชน์ ที่ดิน	อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน							
	พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2550		พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2559	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
พื้นที่นา	34.85	7.68	-29.43	-6.51	-3.90	-0.85	-0.01	-0.01
ไม้ผล	10.47	2.31	+25.47	+5.52	-16.76	-3.65	-0.51	-0.12
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	221.02	48.74	-29.53	-7.04	-12.37	-2.69	-3.48	-0.85
ป่าชายเลน	47.68	10.51	-1.90	-0.54	-9.35	-2.04	-1.39	-0.32
พื้นที่ลุ่ม	47.78	10.54	-25.41	-5.67	+8.07	+1.76	-1.09	-0.25
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	21.88	4.82	+30.52	+6.59	-3.76	-0.82	+1.00	+0.19
ตัวเมืองและย่านการค้า	24.69	5.44	+6.26	+1.29	+0.04	+0.01	+0.24	+0.04
หมู่บ้าน	23.75	5.24	+5.35	+1.10	+17.92	+3.90	+3.54	+0.74
พื้นที่อุตสาหกรรม	13.13	2.90	+10.60	+2.27	+11.89	+2.59	+1.64	+0.34
สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ	1.01	0.22	+0.92	+0.20	+4.15	+0.90	+0.05	+0.01
แหล่งน้ำธรรมชาติ	7.22	1.59	+12.89	+2.79	+5.14	+1.12	+0.01	+0.01

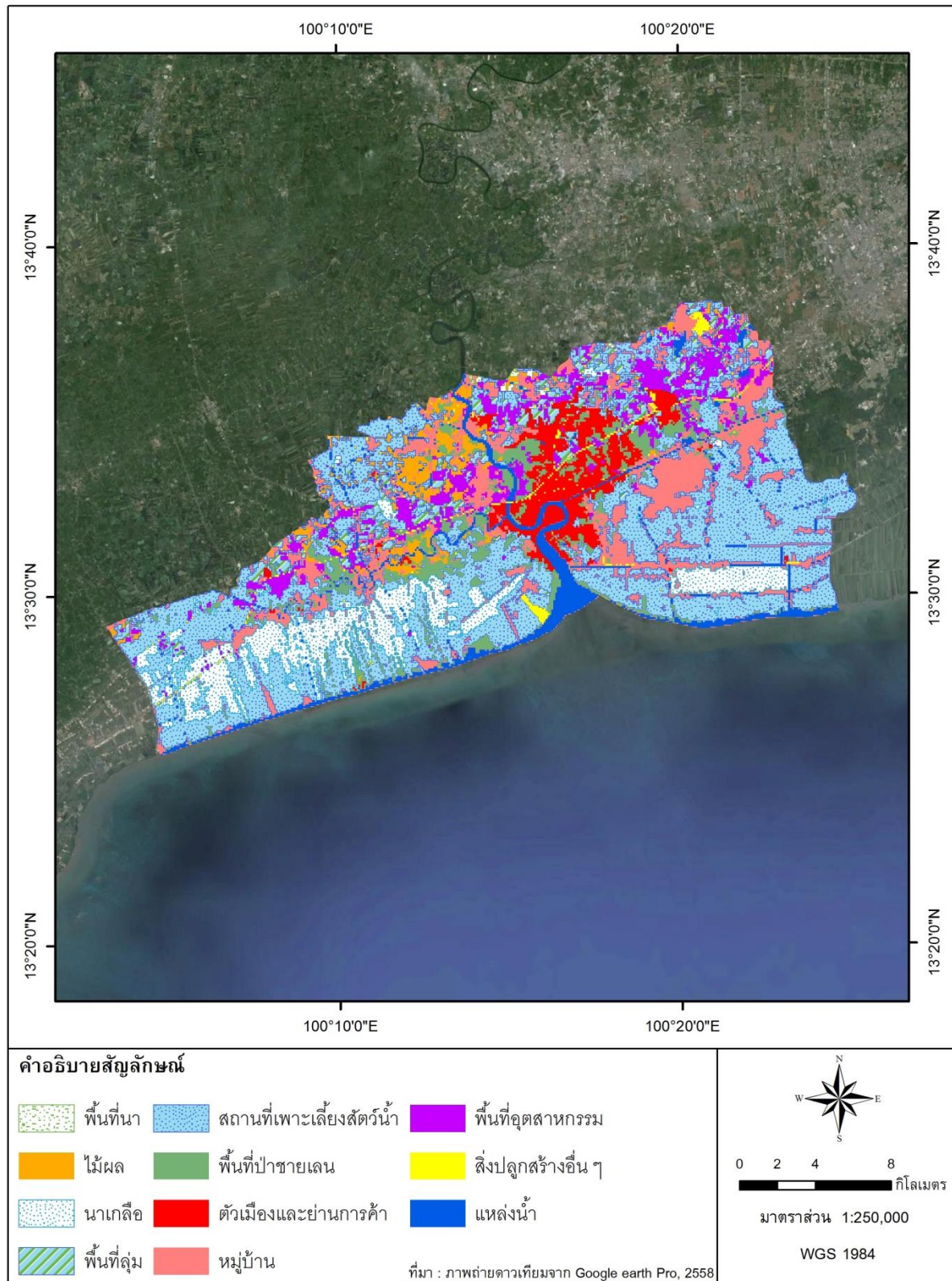


ภาพที่ 6 แผนที่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครปี พ.ศ. 2545 พ.ศ.2550 พ.ศ.2555 และ พ.ศ.2559

การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง SLEUTH โดยใช้ข้อมูลความลาดชัน เส้นทางคมนาคม พื้นที่กันออก และการใช้ที่ดิน 3 ช่วงเวลา คือ พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2555 ได้ผลลัพธ์ เป็น แบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ดังแสดงในภาพที่ 8 สามารถจำแนกและคำนวณการใช้ที่ดินได้ 11 ประเภท โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ.2559 จากแบบจำลอง SLEUTH

รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่นา	1.26	787.50	0.27
ไม้ผล	16.77	10,481.25	3.63
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	164.95	103,093.75	35.68
ป่าชายเลน	32.84	20,525.00	7.10
พื้นที่ลุ่ม	27.94	17,462.50	6.04
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	49.80	31,125.00	10.77
ตัวเมืองและย่านการค้า	30.22	18,887.50	6.54
หมู่บ้าน	76.79	47,993.75	16.61
พื้นที่อุตสาหกรรม	31.95	19,968.75	6.91
สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	5.12	3,200.00	1.11
แหล่งน้ำธรรมชาติ	24.62	15,387.50	5.33
รวม	462.26	288,912.50	100



ภาพที่ 7 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559 จากแบบจำลอง SLEUTH

ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH พบว่าเป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่นา มีเนื้อที่ประมาณ 1.26 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.27 การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล มีเนื้อที่ประมาณ 16.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.63 การใช้ที่ดินประเภทสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 164.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 35.68 การใช้ที่ดินประเภทป่าชายเลน มีเนื้อที่ประมาณ 32.84 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.10 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ประมาณ 27.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.04 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 49.80 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.77 การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า มีเนื้อที่ประมาณ 30.22 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.54 การใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้าน มีเนื้อที่ประมาณ 76.79 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.61 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม มีเนื้อที่ประมาณ 31.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.91 การใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 5.12 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.11 การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำธรรมชาติ มีเนื้อที่ประมาณ 24.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.33

เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2555 กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าการใช้ที่ดินที่มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงพ.ศ. 2555 - 2559 คือ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ ในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พื้นที่อุตสาหกรรม และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม

การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องของแบบจำลองการขยายตัวของเมืองโดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 และนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อหาแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบจำลอง SLEUTH มีค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 80.01

แบบจำลอง SLEUTH จะให้ความสำคัญกับปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลเส้นทางคมนาคม ข้อมูลความชัน และพื้นที่เมืองเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา ซึ่งการขยายตัวของเมืองจะไปตามเส้นถนนเป็นหลัก และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน พบว่ามีรูปแบบการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับการใช้ที่ดินในพื้นที่จริง 8 ประเภท โดยเป็นพื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม สิ่งปลูกสร้าง และเบ็ดเตล็ดอื่นๆ โดยที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ กลับมีพื้นที่เพิ่มขึ้น และ พื้นที่อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ กลับมีพื้นที่ลดลงเล็กน้อย และเมื่อวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่พบว่าแบบจำลอง SLEUTH มีการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 3 ประเภท ได้แก่ ไม้ผล พื้นที่เบ็ดเตล็ด และหมู่บ้าน และมีความผิดพลาดอย่างเห็นได้ชัดในการใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้านซึ่งมีพื้นที่แตกต่างกับสภาพความเป็นจริงถึง 26.23 ตารางกิโลเมตร

แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง SLEUTH จะมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์การใช้ที่ดินกับพื้นที่นา ป่าชายเลน และพื้นที่เมืองและย่านการค้า

ค่าความถูกต้องและรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH จะมีความสำคัญกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทเมืองกับปัจจัยด้านเส้นทางคมนาคมและความลาดชัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงของพื้นที่ศึกษา พบว่ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เช่น ตัวเมืองจะขยายตัวไปตามทิศทางถนน แหล่งน้ำ และจะมีพื้นที่น้อยลงเมื่อห่างไกลจากถนน และแหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอยู่ใกล้กับทะเลและอยู่ในพื้นที่ความลาดชันต่ำ

7. สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SLEUTH เพื่อคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การขยายตัวของเมืองพ.ศ. 2559 ได้ โดยมี ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.01 เมื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง พบว่า แนวโน้มการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริง ได้แก่ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้านและแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม สิ่งปลูกสร้าง และเบ็ดเตล็ดอื่นๆ โดยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศตรงกันข้ามกับความเป็นจริง และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีความสอดคล้องกับการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นจริง คือ มีการขยายของเมืองออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242

เอกสารอ้างอิง

- Chapin FS Jr.; & Kaiser EJ. (1979). *Urban Land Use Planning*. University of Illinois Press Urbana: Chicago and London.
- Chauncy D. Harris; & Edward L. Ullman. (1945). The Nature of Cities. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 242(1), 7-17.
- Ernest W. Burgess. (1925). *The Growth of the City: An Introduction to a Research Project*. University of Chicago Press.
- Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*. สืบค้นมิถุนายน 15, 2563 จาก <http://www.geography.learnontheinternet.co.uk/topics/landusemodels.html>.
- Keith C. Clarke. (2002). Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal, *Computers, Environment and Urban Systems*. 26(6), 525-552.

- Lizhong Hua; et al. (2009). Simulating Urban Growth Using the SLEUTH Model in a Coastal Peri-Urban District in China. *Sustainability*, 6(6), 3899-3914.
- Qi Lingrui. (2012). *Urban Land Expansion Model based on SLEUTH, a Case Study in Urban Land Expansion Model based on SLEUTH*. Master degree thesis. Department of Physical Geography and Ecosystems Science. Lund University. Sweden.
- Rafiee Reza; et al. (2009). Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities* 26, 19–26.
- Ray M. Northam. (1979). *Urban Geography*. John Wiley & Sons Inc. April 1979.
- Stanley D. Brunn; & Jack Williams. (1983). *Cities of the world: world regional development*. New York: Harper & ROW.
- U.S. Geological Survey. (1996). *Project Gigalopolis: The SLEUTH Overview*. สืบค้น พฤษภาคม 10, 2563 จาก <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/About/about.html>.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). *ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2545 2550 และ 2555*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). *ข้อมูลขอบเขตการปกครอง*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- วสันต์ อ้วนวัฒนา. (2555). *การคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินจังหวัดภูเก็ต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักบริหารงานทะเบียน. (2563). *จำนวนประชากร*. สืบค้น มิถุนายน 15, 2563 จาก https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php
- สำนักงานจัดหางานจังหวัดสมุทรสาคร. (2563). *รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดสมุทรสาคร ไตรมาส 2 ปี 2563*. สืบค้น มิถุนายน 15, 2563 จาก <https://shorturl.asia/Dfk0Z>
- สำนักงานแรงงานจังหวัดสมุทรสาคร. (2563). *ภูมิประเทศจังหวัดสมุทรสาคร*. สืบค้น มิถุนายน 15, 2563 จาก <https://shorturl.asia/n0NtS>