

05

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการ คัดเลือกพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะ ด้วยวิธีฝังกลบ: กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรปราการ AN APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR THE PHYSICAL SUITABILITY OF SOLID WASTE LANDFILL SITE SELECTION: A CASE STUDY OF SAMUTPRAKAN

พนิดา สังเวียน^a✉ และ วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิต^b

^aสำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดสมุทรปราการ

^bภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Phanisa Sungwian^a✉ and Wanpan Charoentrakulpeeti^b

^aSamutprakan Office of Public Works and Town & Country Planning

^bGeography Department, Social Science Faculty, Chiang Mai University.

✉ phanisa109@hotmail.com

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์การศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาการวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต สาขาการวางแผน
ชุมชนเมืองและสภาพแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปัญหาขยะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงในประเทศไทยโดยเฉพาะพื้นที่เมืองที่มีกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ซับซ้อนมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัดทำให้ประสบปัญหาในการหาพื้นที่กำจัดขยะ ประกอบกับการคัดค้านของชุมชนใกล้เคียงกับที่ตั้งพื้นที่กำจัดขยะและข้อกำหนดในการหาพื้นที่กำจัดขยะที่เข้มงวด อย่างไรก็ตามการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการกำจัดขยะเป็นสิ่งจำเป็นต่อการวางแผนเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของเมืองและการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความเป็นระเบียบถูกสุขลักษณะ การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการคัดเลือกพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฟังก์กลบ โดยการคาดการณ์ปริมาณขยะจากการเจริญเติบโตของประชากรด้วยวิธี Exponential Rate of Growth ในปี พ.ศ.2558 - พ.ศ.2572 และคาดการณ์การขยายตัวของเมืองด้วยแบบจำลอง Cellular Automata Markov ในปี พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2572 เพื่อหาพื้นที่กำจัดขยะในอนาคตโดยเลือกจังหวัดสมุทรปราการเป็นกรณีศึกษาผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ.2563 จะมีปริมาณขยะ 3,269.80 ตัน/วัน และในปี พ.ศ.2572 จะมีปริมาณขยะ 4,059.80 ตัน/วัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันประมาณร้อยละ 68.92 และ 109.73 ตามลำดับ โดยพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดในการกำจัดขยะด้วยวิธีฟังก์กลบมีจำนวน 9 แปลง เนื้อที่รวม 5.56 ตร.กม. แปลงที่มีขนาดพื้นที่มากที่สุด มีขนาด 3.50 ตร.กม. ตั้งอยู่ในเขตติดต่อสองอำเภอ คือ ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และตำบลบางปลา อำเภอบางพลี

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การกำจัดขยะด้วยวิธีฟังก์กลบ การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง

Abstract

Solid waste is a problem that severely affects the environment in Thailand, especially in urban areas where complex economic activities have taken place and where there is a lack of available land for landfill. Moreover, new landfill sites are always objected to by the surrounding communities and often fail to meet strict regulatory requirements. Therefore, finding suitable sites for waste disposal is necessary for urban development and environmental management in order to achieve clean sanitation. In this study, the Geographic Information System (GIS) was applied to find suitable areas for solid waste landfill in Samutprakan province. In order to acquire the volume of waste in the future, population growth data were forecasted from 2015-2029 using the exponential growth formula and urban expansion data were calculated from 2020 to 2029 using the Cellular Automata Markov model. The results showed that the amount of waste would be 3,269.80 tons per day in 2020 and 4,059.80 tons per day in 2029, an increase from the current 68.92 percent and 109.73 percent, respectively. The study found that 9 sites for waste landfill were the most suitable areas for future waste quantities, with a total area of 5.56 km². The largest site was 3.50 km² located in the adjacent zone of two districts, Bangpumai in Muang Samutprakan district and Bang Pla in Bang Phli district.

Keywords : Geographic Information System, Solid waste landfill, Urban expansion prediction

บทนำ

การพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมส่งผลให้มีการขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็วมีผลต่อกิจกรรมทางเศรษฐกิจของเมืองที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ระบบกิจกรรมของเมืองจำเป็นต้องมีการนำทรัพยากรเข้าระบบและมีการปล่อยของเสียออกสู่ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หากไม่มีการบริหารจัดการที่เหมาะสมอาจนำมาซึ่งปัญหาสิ่งแวดล้อม ขยะมูลฝอยเป็นของเสียหนึ่งที่ถูกปล่อยจากระบบกิจกรรมของเมือง โดยปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร (The World Bank, 1999) จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษพบว่า ในปี พ.ศ.2543 ประเทศไทยมีจำนวนประชากร 61,878,746 คน ผลิตขยะมูลฝอย 38,170 ตัน/วัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2556 จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 64,785,909 คน ปริมาณขยะได้เพิ่มตามเป็น 73,355 ตัน/วัน กรมควบคุมมลพิษ (Pollution Control Department, 2014) ขยะมูลฝอยที่มีปริมาณมากขึ้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบริหารจัดการขยะ เนื่องจากการจัดการขยะมีหลายขั้นตอน ตั้งแต่การคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด การเก็บ การขนส่ง และขั้นตอนสุดท้ายคือการกำจัดขยะ กรมโยธาธิการและผังเมืองได้อธิบายวิธีหลักที่ใช้ในการกำจัดขยะไว้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีการฝังกลบตามหลักการสุขาภิบาล วิธีหมักทำปุ๋ย และวิธีเผาในเตาเผา จากวิธีการทั้ง 3 แบบการหมักทำปุ๋ยและการเผาอาจมีของเหลือที่ต้องนำไปกำจัดต่อ ในขณะที่วิธีการฝังกลบตามหลักการสุขาภิบาลสามารถกำจัดขยะได้หลายชนิด (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2006) ดังนั้น การกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบจึงเป็นที่นิยมทั่วไป อย่างไรก็ตามวิธีการฝังกลบเป็นวิธีที่ต้องใช้พื้นที่ในการดำเนินการมาก และมีหลักเกณฑ์การเลือกพื้นที่ทางกายภาพหลายประการ ประกอบกับมีความต้องการใช้พื้นที่ในการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจสูงขึ้น ทำให้อาจขาดแคลนพื้นที่ฝังกลบขยะในอนาคต และทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและสุขภาพตามมา

จังหวัดสมุทรปราการเป็นเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานคร มีการพัฒนาพื้นที่อย่างรวดเร็วทั้งในด้านอุตสาหกรรม พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัย ตามรายงานสถิติจังหวัดสมุทรปราการพบว่า จำนวนสถานประกอบการในปี พ.ศ.2548 มีจำนวน 5,836 แห่ง และในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นเป็น 9,103 แห่ง (Samutprakan Provincial Statistics Office, 2011) จากการขยายตัวของกิจกรรมดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลให้มีประชากรและแรงงานเข้ามาอยู่อาศัยในพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ณ วันที่ 1 กรกฎาคม 2555 พบว่า จังหวัดสมุทรปราการมีประชากรอาศัยอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 2,382,367 คน ซึ่งประกอบด้วยประชากรที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎรจำนวน 1,208,242 คน ประชากรที่ไม่มีชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎร จำนวน 1,174,125 คน และประชากรเดินทางเข้าไป-เย็นกลับ จำนวน 33,353 คน (Samutprakan Provincial Office, 2013) ปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณวันละ 1,935.75 ตัน/วัน ซึ่งประกอบด้วย ขยะมูลฝอยเปียก ร้อยละ 46.46 ขยะพลาสติก ร้อยละ 13.31 และขยะอื่นๆ ร้อยละ 40.23 เช่น แก้ว โลหะ ยาง หนังสือ ผ้า ไม้ (Samutprakan Provincial Office of Natural Resources and Environment, 2014) โดยสามารถเก็บขนได้ร้อยละ 95

การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและจำนวนประชากรของจังหวัดสมุทรปราการส่งผลให้ปริมาณขยะสูงขึ้น ในขณะที่พื้นที่การกำจัดขยะในจังหวัดสมุทรปราการยังขาดแคลน รวมทั้งยังขาดแผนการรองรับปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ประกอบกับพื้นที่ศึกษาเป็นที่ราบลุ่มปากแม่น้ำและมีแหล่งน้ำธรรมชาติ แม่น้ำ ลำคลองหลายสาย ซึ่งเป็นข้อจำกัดของที่ตั้งที่จะนำมาเป็นพื้นที่ในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ จึงจำเป็นต้องนำหลักเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบมาใช้ในการพิจารณา โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม ArcGIS Version 10 มาศึกษาหาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ และคาดการณ์แนวโน้มปริมาณขยะในอนาคตจากการขยายตัวของประชากรและการขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่ในการศึกษา โดยผลของการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการขยะของเมืองสมุทรปราการ

ข้อมูลและวิธีการศึกษา

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ มีวิธีการและขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการอยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาตอนปลายสุดของแม่น้ำ และเหนืออ่าวไทยมีเนื้อที่ประมาณ 1,004.09 ตร.กม. หรือประมาณ 627,557 ไร่ ตั้งอยู่ภาคกลางของประเทศไทย ห่างจากกรุงเทพมหานครไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 29 กิโลเมตร

วิธีการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA Markov

การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA Markov เป็นการประยุกต์การทำงานร่วมกันของแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลอง Cellular Automata ใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต แบบจำลอง CA Markov เป็นทฤษฎีที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จากสัดส่วนของการใช้ที่ดิน (Land Use Proportion, V) ใน 2 ช่วงเวลา เพื่อหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Probability, P) ของการใช้ที่ดินรูปแบบต่างๆ จากเวลาหนึ่งไปอีกเวลาหนึ่ง โดยนำค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (P) ซึ่งอยู่ในรูปของ Matrix คูณกับสัดส่วน (V) ของเนื้อที่ของการใช้ที่ดินในระยะที่ 2 จะได้เนื้อที่การใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ในระยะที่ 3 ซึ่งมีระยะเวลาห่างกันเท่ากับระยะที่ 2 ห่างกับระยะที่ 1 ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปจะได้ระยะที่ 4 และที่ 5 จนถึงช่วงเวลาที่ต้องการ (Auwatana, 2011) โดยมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ (1)

$$(V_j) \times (P_{jk}) = [V_1 \ V_2 \ V_3 \ V_m]_2 \times \begin{pmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & P_{1,m} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & P_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} = [V_1 \ V_2 \ V_3 \dots V_m]_3 \quad (1)$$

เมื่อ $(V_j) \times (P_{jk})$ = สัดส่วนของการใช้ที่ดินในช่วงเวลาที่ถัดไป

P_{jk} = ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากระยะที่ 1 เป็นระยะที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปของ matrix

V_j = สัดส่วนของการใช้ที่ดินในระยะที่ 2 ซึ่งอยู่ในรูปของ Vector

ที่มา : Payomyam, Nakapakron & Autavarujikulchai (2011)

กระบวนการทำงาน CA Markov ประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญ คือ CA filter ขนาด 5X5 neighborhood และสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ ด้วย Markov Chain Analysis ซึ่งใช้คาดการณ์ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาทีละ pixel ภายในพื้นที่ศึกษา กระบวนการพิจารณาจะเริ่มและทำการวนซ้ำจนครบจำนวนรอบที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพเดิมของพื้นที่ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี "The Game of Life" ร่วมกับสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov Chain ซึ่งผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จะแสดงเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Auwatana, 2011) ในการศึกษาได้นำข้อมูลการใช้ที่ดินในอดีต พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2554 มาหาค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability, P) ซึ่งอยู่ในรูปเมตริกซ์ เพื่อนำไปคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาถัดไปในอนาคต จากนั้นนำผลการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2572 ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณขยะในอนาคต และยังใช้การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2563 เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการดำเนินการอย่างไรก็ตามในการหาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบได้ทำการศึกษาเฉพาะในปี พ.ศ. 2563 เท่านั้น

วิธีการคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากรและการขยายตัวของพื้นที่เมือง

ในการศึกษานี้ได้ นิยามคำว่า ขยะ หมายถึง ขยะชุมชน ขยะมูลฝอย หรือของที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นในบ้าน สถานการค้าและบริการ สถานที่ราชการ ไม่รวมถึงขยะอุตสาหกรรม

1) การคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากร

ในการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตใช้ข้อมูลจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2556 เพื่อหาอัตราการเพิ่มของประชากร และใช้การคาดการณ์แบบ Exponential Rate of Growth เพื่อคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคต พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2572 เนื่องจากเป็นวิธีการที่อัตราการเพิ่มของประชากรไม่ช้าหรือเร็วจนเกินไป เหมาะกับสภาพสังคมของประเทศไทยที่มีลักษณะการเพิ่มขึ้นของประชากรแบบค่อยๆ เพิ่ม หรือค่อยๆ ลดลง (Srisatit, 2010, p.132) ซึ่งมีการคำนวณดังสมการที่ (2)

$$P_n = P_0 e^{rn} \quad (2)$$

เมื่อ r = อัตราการเพิ่มของประชากร (ใช้อัตราการเพิ่มของประชากรที่คำนวณได้จากจำนวนประชากรปี 2548 ถึงปี 2556 ด้วยสมการ (2) ได้ค่า $r = 0.017517819$)

P_n = จำนวนประชากรทั้งสิ้น ณ เวลาหนึ่ง (เมื่อปลายช่วงเวลาที่ทำการศึกษา)

P_0 = จำนวนประชากรทั้งสิ้น ณ เวลาหนึ่ง (เมื่อต้นช่วงเวลาที่ทำการศึกษา)

n = จำนวนปีระหว่างต้นช่วงเวลาและปลายช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ที่มา : Srisatit (2010)

สำหรับการหาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคตสามารถคำนวณได้โดยใช้จำนวนประชากรคูณกับอัตราการเกิดขยะมูลฝอย (กิโลกรัม/คน/วัน) ณ ปีนั้นๆ

2) การคาดการณ์ปริมาณขยะจากการขยายตัวของพื้นที่เมือง

เนื่องจากการศึกษานี้พิจารณาขยะชุมชนที่ไม่รวมขยะอุตสาหกรรม ดังนั้นในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงพิจารณาการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง ในปี พ.ศ.2550 และ ปี พ.ศ. 2554 (การใช้ข้อมูลในปีดังกล่าวเนื่องจากการศึกษาสามารถเข้าถึงทั้งข้อมูลปริมาณขยะประจำปีและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน) เพื่อหาค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดขยะต่อวันต่อตารางกิโลเมตรโดยใช้ปริมาณขยะหารด้วยขนาดของพื้นที่เมือง และนำผลการคาดการณ์พื้นที่เมือง พ.ศ. 2563 และพ.ศ. 2572 ที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov มาคำนวณหาปริมาณขยะตามสมการที่ (3)

$$Qw_u = ARwu \times U_n \quad (3)$$

เมื่อ Qw_u = ปริมาณขยะต่อวันในพื้นที่ในปีที่ n (ตัน/วัน)

$ARwu$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดขยะ (ตัน/วัน/ตร.กม.)

U_n = ขนาดของพื้นที่เมืองในปีที่ n (ตร.กม.)

ที่มา : Payomyam *et al.* (2011)

การวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพ

การวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีผังกลบ ใช้โปรแกรม ArcGIS ในการวิเคราะห์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การตัดพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการดำเนินการ และการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพ

1) การตัดพื้นที่ที่มีข้อจำกัด

การตัดพื้นที่ที่มีข้อจำกัด หมายถึง การตัดพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมในการดำเนินการออก เช่น พื้นที่ที่มีข้อห้ามตามกฎหมาย หรือเป็นบริเวณที่ไม่ควรสร้างพื้นที่ผังกลบขยะผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยที่มีข้อจำกัดตามหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ผังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษร่วมกับการอ้างอิงบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องโดยพื้นที่ที่มีข้อจำกัดที่นำมาพิจารณาในการศึกษานี้ประกอบด้วย พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พื้นที่เขตทหาร พื้นที่เขตสนามบิน พื้นที่ลาดชันเกินร้อยละ 15 พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่ถนน พื้นที่สวนสาธารณะ พื้นที่ชุมชนเมือง พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม พื้นที่โบราณสถาน และสถานที่ท่องเที่ยว และพื้นที่คาดว่าจะเปื้อนเมืองใน พ.ศ.2563 ที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov รายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีข้อจำกัดในการดำเนินการ

ที่	ปัจจัย	ที่มา
1	ไม่อยู่ในพื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ
2	ไม่อยู่ในพื้นที่เขตทหาร	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ
3	ไม่อยู่ในพื้นที่เขตสนามบินและห่างออกไป 5 กิโลเมตร	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ
4	ไม่เป็นพื้นที่ลาดชันเกินร้อยละ 15	อาณัติ ตีปะปนา (Tapinta, 2010)
5	ไม่อยู่ในพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำและห่างออกไป 300 เมตร	กรมโยธาธิการและผังเมือง (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2006); Leao <i>et al.</i> (2004); อาณัติ ตีปะปนา (Tapinta, 2010)
6	ไม่อยู่ในแนวเขตถนนและห่างออกไป 100 เมตร	Leao <i>et al.</i> (2004)
7	ไม่อยู่ในพื้นที่สวนสาธารณะและห่างออกไป 300 เมตร	Leao <i>et al.</i> (2004)
8	ไม่อยู่ในพื้นที่ชุมชนเมืองและห่างออกไป 1 กิโลเมตร	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ
9	ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างออกไป 300 เมตร	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ มีการกล่าวถึงแต่ไม่ได้ระบุตัวเลข ผู้วิจัยจึงได้กำหนดระยะห่างที่ 300 เมตร
10	ไม่อยู่ในพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยว และห่างออกไป 1 กิโลเมตร	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ
11	พื้นที่ชุมชนเมือง พ.ศ. 2563	ผู้วิจัยได้เพิ่มปัจจัยการขยายตัวของพื้นที่เมืองในอนาคต จากการศึกษาบทความของ Leao <i>et al.</i> (2004)

2) การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพ

เมื่อทำการตัดพื้นที่ที่มีข้อจำกัดออกแล้วนำพื้นที่ที่เหลือไปวิเคราะห์หาความเหมาะสมทางกายภาพในการคัดเลือกเป็นพื้นที่กำจัดขยะด้วยวิธีผังกลบ โดยผู้ศึกษาได้กำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบทางกายภาพ จำนวน 9 ปัจจัย โดยปัจจัยส่วนใหญ่ในการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพจะทำแนวกันชนในระยะที่ไกลกว่าปัจจัยที่มีข้อจำกัดในตารางที่ 1 และใส่ค่าคะแนน (Rating) ของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 2 ประกอบด้วย

- ปัจจัยระดับน้ำใต้ดิน หมายถึง พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูงหรืออยู่ใกล้ระดับผิวดินมาก อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำชะขยะ
- ชนิดของดิน หมายถึง ความสามารถของดินในการป้องกันน้ำใต้ดินจากการปนเปื้อนการรั่วไหลของน้ำชะขยะ เช่น ดินเหนียว มีความสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำชะขยะได้
- ความชัน หมายถึง พื้นที่ที่มีความชันมากเกินไปอาจพาน้ำชะขยะลงสู่แหล่งน้ำ
- ระยะห่างจากแหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ เพื่อป้องกันแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนการรั่วไหลของน้ำชะขยะ

- ระยะห่างจากเครือข่ายถนน เป็นระยะห่างขั้นต่ำจากเครือข่ายถนนที่จะหลีกเลี่ยงมลพิษทางสายตา
- ระยะห่างจากสวนสาธารณะ เพื่อหลีกเลี่ยงมลพิษทางสายตาและป้องกันปัญหากลืนรบกวน
- ระยะห่างจากชุมชน เพื่อป้องกันกลืนรบกวน เชื้อโรค การปนเปื้อน และมลพิษทางสายตา
- พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงานกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ และมีปัญหาการระบายน้ำออกจากพื้นที่
- ระยะห่างจากพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ เพื่อป้องกันกลืนรบกวน เชื้อโรค การปนเปื้อน มลพิษทางสายตา และป้องกันผลกระทบด้านการท่องเที่ยว

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพ

ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์	ประเภท/ระดับข้อมูล	ค่าคะแนน 1-4	ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์	ประเภท/ระดับข้อมูล	ค่าคะแนน 1-4
(1) ระดับน้ำใต้ดิน	ระดับน้ำใต้ดินตื้นมาก ระดับน้ำใต้ดินตื้น ระดับน้ำใต้ดินปานกลาง ระดับน้ำใต้ดินลึก	1 2 3 4	(6) ระยะห่างจากสวนสาธารณะ	300 – 600 เมตร 601 – 900 เมตร 901 – 1200 เมตร > 1200 เมตร	1 2 3 4
(2) ชนิดของดิน	การระบายน้ำดี การระบายน้ำปานกลาง การระบายน้ำช้า การระบายน้ำเลว	1 2 3 4	(7) ระยะห่างจากชุมชน	1000 – 1500 เมตร 1501 – 2000 เมตร 2001 – 2500 เมตร > 2500 เมตร	1 2 3 4
(3) ความชัน	ร้อยละ 10 - 15 ร้อยละ 5 - 10 ร้อยละ 3 - 5 ต่ำกว่าร้อยละ 3	1 2 3 4	(8) พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม	เสี่ยงมาก เสี่ยงปานกลาง เสี่ยงน้อย เสี่ยงน้อยมาก	1 2 3 4
(4) ระยะห่างจากแหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ	300 – 600 เมตร 601 – 900 เมตร 901 – 1200 เมตร > 1200 เมตร	1 2 3 4	(9) ระยะห่างจากพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ	1001 – 1500 เมตร 1501 – 2000 เมตร 2001 – 2500 เมตร > 2500 เมตร	1 2 3 4
(5) ระยะห่างจากระบบเครือข่ายถนน	100 – 500 เมตร 501 – 1000 เมตร 1001 – 1500 เมตร > 1500 เมตร และไม่เกิน 10 กม.	1 2 3 4			

หมายเหตุ : ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งระดับข้อมูลเริ่มจากระยะยี่สิบห้ากิโลเมตรของแต่ละปัจจัย ตามตารางที่ 1 เพิ่มขึ้นเป็นช่วงๆ ตามความเหมาะสม โดยกำหนดให้มีค่าคะแนน 1- 4

ที่มา : ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

- (1) – (2) จุมพล วิเชียรศิลป์ และคณะ (Wichiensil *et al.*, 2014)
- (3) อาณัติ ต๊ะปิ่นตา (Tapinta, 2010)
- (4) กรมโยธาธิการและผังเมือง (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2006); Leao *et al.* (2004); อาณัติ ต๊ะปิ่นตา (Tapinta, 2010)
- (5) – (6) Leao *et al.* (2004)
- (7) – (9) หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่สถานที่ฝังกลบกากของเสีย พ.ศ. 2552 ของกรมควบคุมมลพิษ

เมื่อได้ชุดค่าคะแนนของปัจจัยทั้งหมดแล้วจึงนำชั้นข้อมูลมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่แบบราสเตอร์ (Raster Spatial Analysis) ด้วยโปรแกรม Arc GIS และการวิเคราะห์แบบหลายกฎเกณฑ์ (Multiple Criteria Analysis : MCA) ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ Analytical Hierarchical Process: AHP ในการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยใช้เทคนิคเดลฟาย (Delphi Technique) โดยมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 17 คน ตอบแบบสอบถามจำนวน 2 รอบ เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัย จากนั้นตรวจสอบค่าความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) ด้วยการคำนวณค่า Eigenvector ทำให้สามารถทราบได้ว่าชุดค่าน้ำหนักของปัจจัยมีความสมเหตุสมผลและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้ ผลลัพธ์ที่ได้ คือ พื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการฝังกลบขยะ แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดมาใช้ในการศึกษาเชิงเปรียบเทียบในขั้นตอนต่อไป

การเปรียบเทียบความต้องการพื้นที่ในการฝังกลบขยะด้วยการกำหนดทางเลือก

ปริมาณขยะในอนาคตจะถูกนำมาคำนวณเพื่อหาพื้นที่ฝังกลบขยะ อย่างไรก็ตามพื้นที่ฝังกลบขยะมีความแปรผันกับนโยบายหรือมาตรการการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ดังนั้นในการศึกษาจึงกำหนดสถานการณ์ที่มีผลต่อปริมาณขยะไว้ 3 ทางเลือก คือ 1) ไม่มีการนำขยะไปใช้ใหม่ 2) มีการนำขยะไปใช้ใหม่ ร้อยละ 10 และ 3) มีการนำขยะไปใช้ใหม่ ร้อยละ 25 เพื่อให้ทราบว่าหากมีมาตรการการนำขยะกลับมาใช้ใหม่จะมีผลต่อความต้องการพื้นที่ฝังกลบขยะที่ลดลง

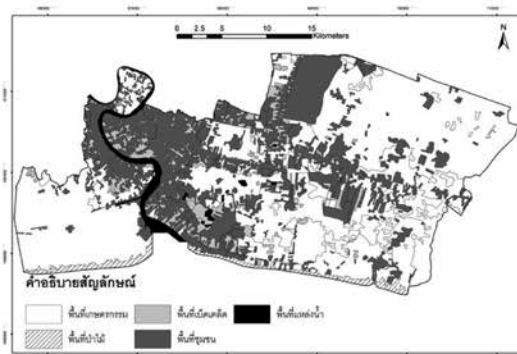
ผลการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ

การคาดการณ์การเจริญเติบโตของเมือง

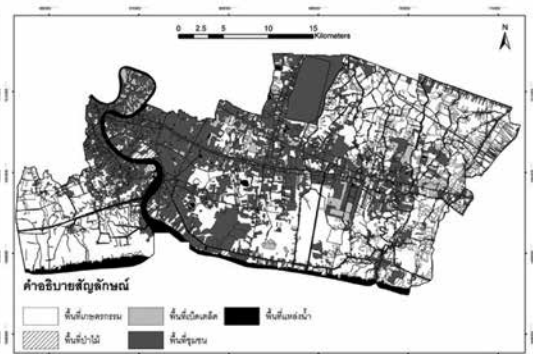
ผลการคาดการณ์การเจริญเติบโตของพื้นที่เมือง ด้วยแบบจำลอง CA Markov ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ในปี พ.ศ.2563 มีพื้นที่ชุมชน 382.17 ตารางกิโลเมตร และในปี พ.ศ.2572 มีพื้นที่ชุมชน 401.76 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่ชุมชนเพิ่มขึ้นจาก พ.ศ.2554 31.85 และ 51.44 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ.2563 มีพื้นที่เกษตรกรรม 370.15 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2572 มีพื้นที่เกษตรกรรม 331.04 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมลดลงจากปี พ.ศ.2554 98.78 และ 137.89 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และจากภาพที่ 1 แสดงแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดสมุทรปราการ พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 - พ.ศ.2572 พื้นที่ชุมชนมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดลดลงแสดงให้เห็นว่าจังหวัดสมุทรปราการมีการพัฒนาไปสู่ความเป็นเมืองสูงขึ้น ประกอบกับจังหวัดสมุทรปราการเป็นพื้นที่ปริมณฑลซึ่งมีการขยายตัวของที่อยู่อาศัยสูง จึงมีผลต่อจำนวนประชากรที่เข้ามาอาศัยและปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2545 พ.ศ.2554 พ.ศ.2563 และ พ.ศ.2572

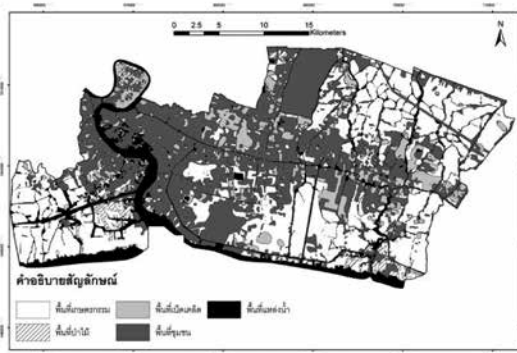
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2554		พ.ศ. 2563		พ.ศ. 2572	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	584.15	60.35	468.93	48.45	370.15	38.12	331.04	34.20
พื้นที่ป่าไม้	20.58	2.13	20.87	2.16	27.31	2.81	24.74	2.56
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	54.63	5.64	62.09	6.41	87.00	8.96	73.98	7.64
พื้นที่ชุมชน	287.20	29.67	350.32	36.20	382.17	39.36	401.76	41.51
พื้นที่แหล่งน้ำ	21.41	2.21	65.66	6.78	104.28	10.74	136.42	14.09



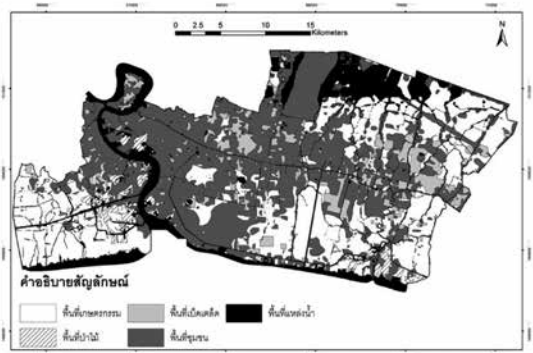
พ.ศ.2545



พ.ศ.2554



พ.ศ.2563



พ.ศ.2572

ภาพที่ 1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2545 พ.ศ.2554 และที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov ในปี พ.ศ.2563 พ.ศ.2572

การคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากรและการขยายตัวของพื้นที่เมือง

การคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากร

จากการคาดการณ์ประชากรด้วยวิธี Exponential Rate of Growth รวมกับประชากรแฝง พบว่า ในปี พ.ศ.2563 จังหวัดสมุทรปราการจะมีประชากรประมาณ 2,747,735 คน เมื่อนำมาคาดการณ์ปริมาณขยะ โดยให้อัตราการเกิดขยะมูลฝอยที่ 1.150 กิโลกรัม/คน/วัน (Pollution Control Department, 2014) และมีค่าเฉลี่ยอัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดมูลฝอยในแต่ละปีอยู่ที่ 0.008 กิโลกรัม/คน/วัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดมูลฝอยในประเทศไทยในช่วง ปีพ.ศ.2536 - พ.ศ.2550 (Srisatit, 2010) จะมีปริมาณขยะ 3,269.80 ตัน/วัน หรือ 1,193,477.00 ตัน/ปี และในปี พ.ศ.2572 มีจำนวนประชากรประมาณ 3,216,961 คน มีปริมาณขยะ 4,059.80 ตัน/วัน หรือ 1,481,827.00 ตัน/ปี ดังรายละเอียดการคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากรตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากร

พ.ศ.	ประชากร (คน)	อัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดมูลฝอย (กก./คน/วัน)	อัตราการเกิดมูลฝอย (กก./คน/วัน)	ปริมาณมูลฝอย (ตัน/วัน)	ปริมาณมูลฝอย (ตัน/ปี)	ปริมาณมูลฝอยสะสม (ตัน)
2558	2,517,302	0.008	1.150	2,894.90	1,056,638.50	1,056,638.50
2559	2,561,788	0.008	1.158	2,966.55	1,082,790.75	2,139,429.25
2560	2,607,061	0.008	1.166	3,039.83	1,109,537.95	3,248,967.20
2561	2,653,133	0.008	1.174	3,114.78	1,136,894.70	4,385,861.90
2562	2,700,019	0.008	1.182	3,191.42	1,164,868.30	5,550,730.20
2563	2,747,735	0.008	1.190	3,269.80	1,193,477.00	6,744,207.20
2564	2,796,292	0.008	1.198	3,349.96	1,222,735.40	7,966,942.60
2565	2,845,710	0.008	1.206	3,431.93	1,252,654.45	9,219,597.05
2566	2,896,000	0.008	1.214	3,515.74	1,283,245.10	10,502,842.15
2567	2,947,179	0.008	1.222	3,601.45	1,314,529.25	11,817,371.40
2568	2,999,261	0.008	1.230	3,689.09	1,346,517.85	13,163,889.25
2569	3,052,265	0.008	1.238	3,778.70	1,379,225.50	14,543,114.75
2570	3,106,204	0.008	1.246	3,870.33	1,412,670.45	15,955,785.20
2571	3,161,098	0.008	1.254	3,964.02	1,446,867.30	17,402,652.50
2572	3,216,961	0.008	1.262	4,059.80	1,481,827.00	18,884,479.50

การคาดการณ์ปริมาณขยะจากการขยายตัวของพื้นที่เมือง

ในการคาดการณ์ปริมาณขยะจากการขยายตัวของเมือง เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง ปี พ.ศ.2550 และ ปี พ.ศ.2554 (ตามการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ที่ตัวเมือง สถานการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถาบัน ทหารเรือ นิคมอุตสาหกรรมโรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ) มาเทียบกับข้อมูลปริมาณขยะชุมชนในพื้นที่ ณ ปีนั้น ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดขยะ เท่ากับ 4.87 ตัน/วัน/ตารางกิโลเมตร แล้วจึงนำมาคูณกับเนื้อที่ชุมชนเมืองที่ได้จากแบบจำลอง CA Markov ในปีพ.ศ.2563 พบว่า ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเท่ากับ 679,327.05 ตัน/ปี และในปี พ.ศ. 2572 มีปริมาณขยะเท่ากับ 714,148.05 ตัน/ปี ดังแสดงในตารางที่ 5 เมื่อนำปริมาณการคาดการณ์ขยะจากจำนวนประชากรและการขยายตัวของพื้นที่เมืองมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 6 พบว่า ปริมาณขยะในอนาคตที่คำนวณได้จากการคาดการณ์จากจำนวนประชากรมีปริมาณสูงกว่าปริมาณขยะที่คำนวณได้จากการขยายตัวของเมือง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการเก็บข้อมูลปริมาณขยะประจำปีที่ไม่ครบถ้วนทำให้ได้ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดขยะ/วัน/ตารางกิโลเมตรน้อยกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตามในการนำข้อมูลไปเปรียบเทียบในลำดับต่อไปจะเลือกใช้ข้อมูลปริมาณขยะที่คำนวณได้จากจำนวนประชากร

ตารางที่ 5 อัตราการเกิดขยะต่อวันต่อตารางกิโลเมตรและการคาดการณ์ปริมาณขยะจากการขยายตัวของเมือง

พ.ศ.	พื้นที่เมือง (ตร.กม.)	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	อัตราการเกิดขยะ ตัน/วัน/ตร.กม.	การคาดการณ์ปริมาณขยะ	
				ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)
2550	328.30	1,920.00	5.85		
2554	350.32	1,362.00	3.89		
ค่าเฉลี่ย			4.87		
2563	382.17		4.87	1,861.17	679,327.05
2572	401.76		4.87	1,956.57	714,148.05

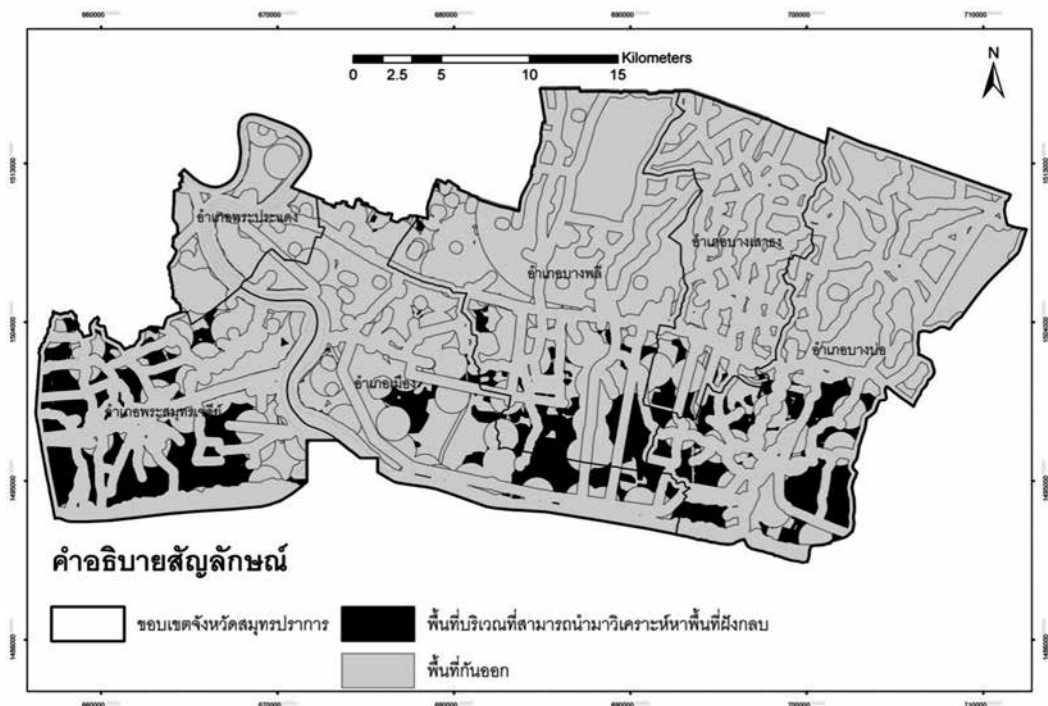
ตารางที่ 6 สรุปการคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคตจากจำนวนประชากรและการขยายตัวของพื้นที่เมือง

พ.ศ.	คาดการณ์ปริมาณขยะจากจำนวนประชากร Exponential Rate of Growth			คาดการณ์ปริมาณขยะจากการขยายตัวของเมือง แบบจำลอง CAMarkov		
	จำนวน ประชากร (คน)	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)	พื้นที่เมือง (ตร.กม.)	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะ (ตัน/ปี)
2563	2,747,735	3,269.80	1,193,477.00	382.17	1,861.17	679,327.05
2572	3,216,961	4,059.80	1,481,827.00	401.76	1,956.57	714,148.05

การวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสม

การตัดพื้นที่ที่มีข้อจำกัด

ผลจากการรวมชั้นข้อมูลปัจจัยที่มีข้อจำกัดในการดำเนินการด้วยโปรแกรม ArcGIS ตามตารางที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัย ดังนี้ พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่เขตทหาร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่เขตสนามบินและห่างออกไป 5 กิโลเมตร พื้นที่ที่ไม่เป็นพื้นที่ลาดชันเกินร้อยละ 15 พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำและห่างออกไป 300 เมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในแนวเขตถนนและห่างออกไป 100 เมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่สวนสาธารณะและห่างออกไป 300 เมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่ชุมชนเมืองและห่างออกไป 1 กิโลเมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมและห่างออกไป 300 เมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่โบราณสถานสถานที่ท่องเที่ยว และห่างออกไป 1 กิโลเมตร พื้นที่ที่ไม่อยู่ในพื้นที่คาดว่าจะเป็เมืองในปี พ.ศ.2563 เมื่อตัดพื้นที่ดังกล่าวทั้งหมดจะเหลือพื้นที่สำหรับนำไปวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ฝักลบขยะต่อไป ตามภาพที่ 2



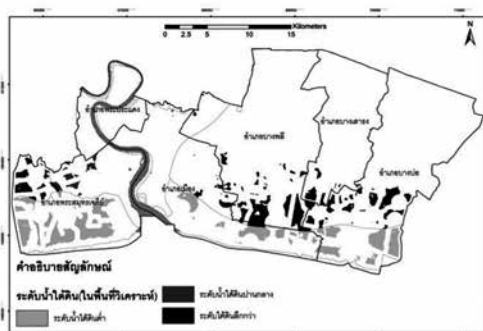
ภาพที่ 2 แผนที่พื้นที่กันออกกรณีที่มีข้อจำกัดและพื้นที่คงเหลือสำหรับนำไปวิเคราะห์หาพื้นที่ฝักลบ

การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพ

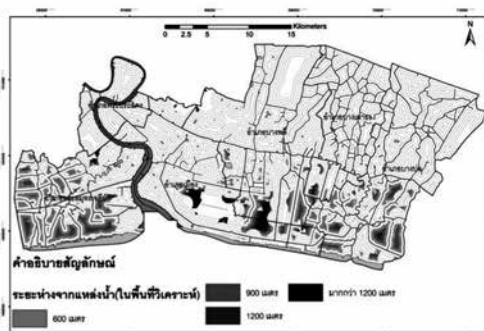
จากการตัดปัจจัยที่มีข้อจำกัดออกทำให้มีพื้นที่คงเหลือในการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเป็นพื้นที่ฝักลบขยะเท่ากับ 81.16 ตร.กม. โดยในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝักลบพิจารณาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 9 ปัจจัย ซึ่งในแต่ละปัจจัยมีค่าคะแนนความเหมาะสมของพื้นที่ตามประเภท/ระดับข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลในแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังนี้ (ดูภาพที่ 3 ประกอบ)

- ชั้นข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน ได้จากการคาดการณ์ระดับน้ำใต้ดินจากสภาพทางกายภาพของพื้นที่ผลการวิเคราะห์พบว่า ในพื้นที่ศึกษาไม่มีพื้นที่ระดับน้ำใต้ดินตื้นมากพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินต่ำ 45.46 ตร.กม.คิดเป็นร้อยละ 56.25 พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินปานกลาง 3.53 ตร.กม.คิดเป็นร้อยละ 4.37 และพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินลึก 31.83 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 39.38
- ชั้นข้อมูลชนิดของดินจำแนกตามชุดดิน ความสามารถในการระบายน้ำ และความเหมาะสมของดินในการจัดทำพื้นที่ฝั่งกลบผลการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี 3.98 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.92 พื้นที่ที่มีการระบายน้ำปานกลาง 73.56 ตร.กม.คิดเป็นร้อยละ 90.92 พื้นที่ที่มีการระบายน้ำช้า 0.09 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.11 และพื้นที่ที่มีการระบายน้ำเลว 3.28 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.05
- ชั้นข้อมูลความชันได้จากการประมาณค่าจุดความสูง (จังหวัดสมุทรปราการ เป็นพื้นที่ราบลุ่ม มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ -0.70 ถึง 2.55 เมตรจากระดับน้ำทะเล) และนำมาหาค่าความชัน Slope ผลการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีความชันต่ำกว่าร้อยละ 3 รวม 81.16 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 100.00
- ชั้นข้อมูลแหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ ให้ความเหมาะสมของพื้นที่ฝั่งกลบขยะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากแหล่งน้ำ ผลการวิเคราะห์พบว่า มีพื้นที่ที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ 300 – 600 เมตร รวม 48.09 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 59.25 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ 601 – 900 เมตร รวม 21.62 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 26.64 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำ 901 – 1,200 เมตร รวม 5.82 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.17 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำมากกว่าระยะ 1,200 เมตร รวม 5.63 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.94
- ชั้นข้อมูลระยะห่างจากระบบเครือข่ายถนน ให้ความเหมาะสมของพื้นที่ฝั่งกลบขยะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากระบบเครือข่ายถนน มีพื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนน 100 – 500 เมตร รวม 7.67 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.45 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนน 501 – 1,000 เมตร รวม 14.45 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.80 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนน 1,001 – 1,500 เมตร รวม 14.31 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.63 พื้นที่ที่มีระยะห่างจากถนนมากกว่า 1,500 เมตร และไม่เกิน 10 กม. รวม 44.74 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 55.12
- ชั้นข้อมูลระยะห่างจากสวนสาธารณะ จังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่สวนสาธารณะที่มีความสำคัญและมีขนาดใหญ่ จำนวน 5 แห่ง ได้แก่ สวนสาธารณะและสวนพฤกษชาติศรีนครเขื่อนขันธ์ สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา สวนสาธารณะลัดโพธิ์ สวนสาธารณะตำบลแพรกษา และสวนสาธารณะป้อมปราการ การศึกษาให้ความเหมาะสมของพื้นที่เพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากสวนสาธารณะ โดยพบพื้นที่ในระยะ 300 – 600 เมตร รวม 0.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.10 ไม่พบพื้นที่ในระยะ 601 – 900 เมตร และในระยะ 901 – 1,200 เมตร และพื้นที่ในระยะมากกว่า 1,200 เมตร รวม 81.15 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 99.99
- ชั้นข้อมูลระยะห่างจากชุมชน ได้ให้ความเหมาะสมของพื้นที่ฝั่งกลบขยะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากชุมชน ระยะ 1,000 – 1,500 เมตร รวม 37.46 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 46.16 ระยะ 1,501 – 2,000 เมตร รวม 15.87 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.55 ระยะ 2,001 – 2,500 เมตร รวม 23.89 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 29.44 มากกว่าระยะ 2,500 เมตร รวม 3.94 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.85

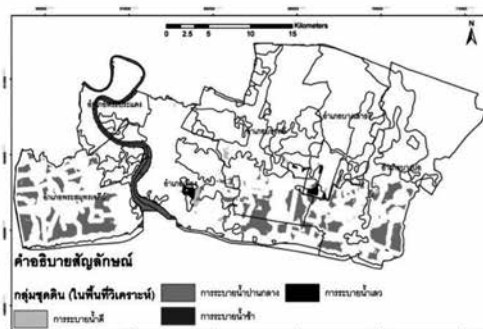
- ชั้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ได้จากพื้นที่ที่เคยเกิดน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 และพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมซ้ำ ผลการวิเคราะห์พบพื้นที่ที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมมาก รวม 3.90 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.80 พื้นที่ที่เสี่ยงปานกลาง รวม 4.98 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.14 พื้นที่ที่เสี่ยงน้อยรวม 5.82 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.17 และพื้นที่ที่เสี่ยงน้อยมาก รวม 66.47 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 81.89
- ชั้นข้อมูลระยะห่างจากพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ โดยพื้นที่เหมาะสมในการผังกลบขยจะเพิ่มขึ้นตามระยะห่างจากพื้นที่โบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ โดยสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดสมุทรปราการที่สำคัญ มีประมาณ 14 แห่ง ได้แก่ สถานีตากอากาศบางปู ป้อมพระจุลจอมเกล้า พระสมุทรเจดีย์ ป้อมผีเสื้อสมุทร หอชมเมือง พิพิธภัณฑ์ช้างเอราวัณ ฟาร์มจระเข้สมุทรปราการ พิพิธภัณฑ์นายเรือ วัดทรงธรรม วัดขุนสมุทรจีน วัดบางพลีใหญ่ใน ชุมชนบ้านสาขลา ตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง เมืองโบราณวัดโคกการาม สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ และตลาดร้อยปีคลองสวน พื้นที่มีระยะห่าง 1,001 – 1,500 เมตร รวม 2.49 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.07 พื้นที่ที่มีระยะห่าง 1,501 – 2,000 เมตร รวม 3.76 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.63 พื้นที่ที่มีระยะห่าง 2,001 – 2,500 เมตร รวม 4.33 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.33 และมีพื้นที่ที่มีระยะห่างจากโบราณสถานและสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญมากกว่า 2,500 เมตร รวม 70.59 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 86.97



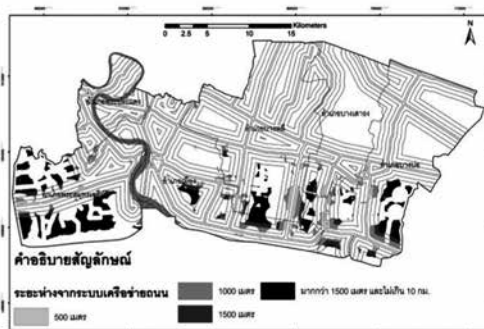
แผนที่แสดงระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่วิเวศระห์



แผนที่แสดงระยะห่างจากแหล่งน้ำและพื้นที่ขุมน้ำในพื้นที่วิเวศระห์

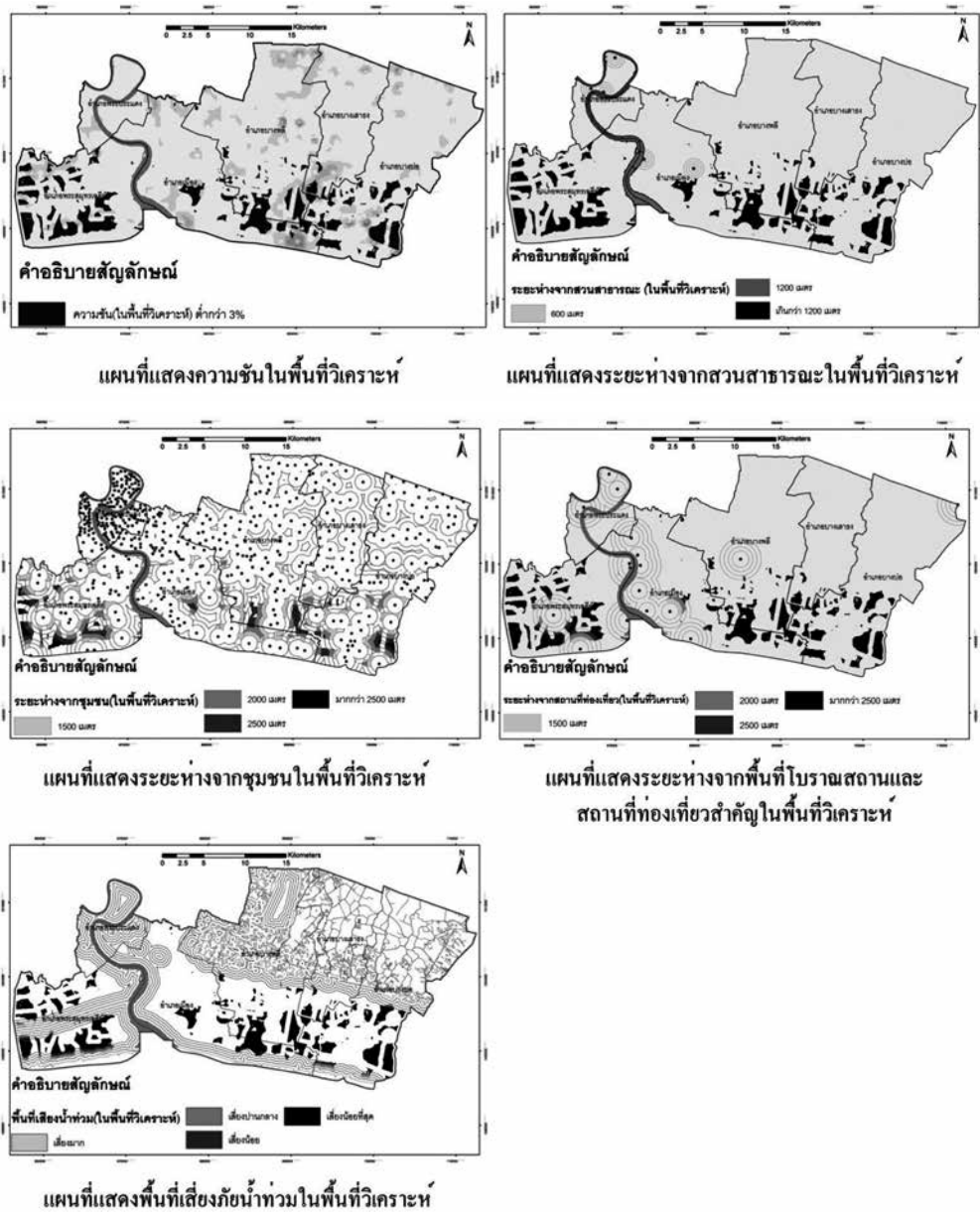


แผนที่แสดงชุดดินและความสามารถในการระบายน้ำในพื้นที่วิเวศระห์



แผนที่แสดงระยะห่างจากระบบเครือข่ายถนนในพื้นที่วิเวศระห์

ภาพที่ 3 แผนที่การวิเคราะห์พื้นที่บริเวณที่มีศักยภาพตามชั้นข้อมูลแต่ละปัจจัย



ภาพที่ 3 (ต่อ) แผนที่การวิเคราะห์พื้นที่บริเวณที่มีศักยภาพตามชั้นข้อมูลแต่ละปัจจัย

จากนั้นนำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยดังกล่าวมาคำนวณร่วมกับชุดค่าน้ำหนักระหว่างปัจจัย ซึ่งได้จากการใช้เทคนิคเดลฟายในการทำแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 คน ด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ AHP เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของปัจจัย และจากนั้นจึงดำเนินการตรวจสอบความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: C.R.) เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถนำค่าน้ำหนักที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 7 เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ

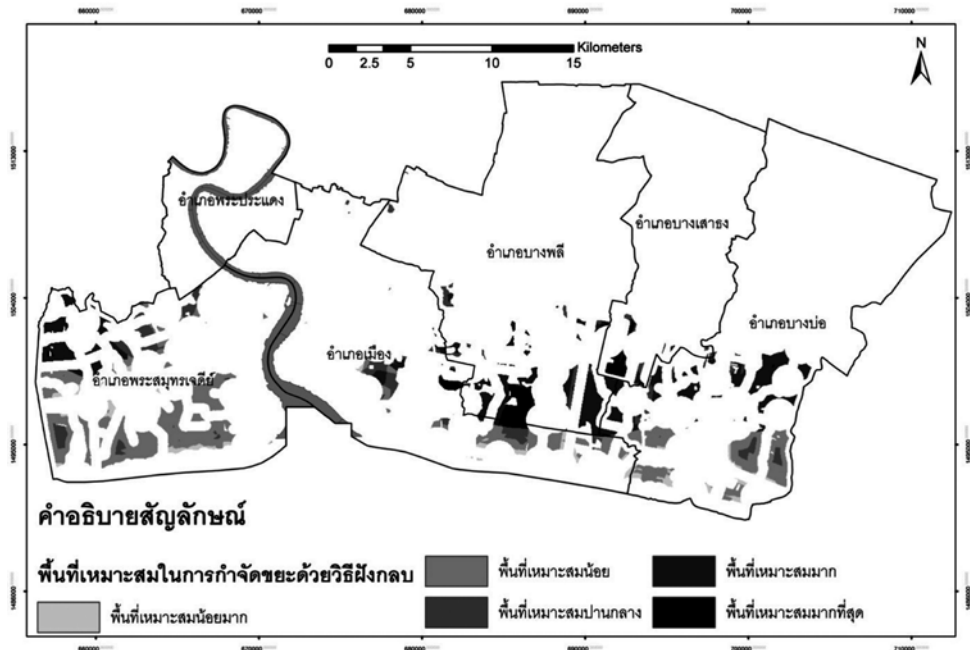
ตารางที่ 7 คำนำนั้หนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ

ลำดับ	ปัจจัย	ค่านำนั้หนักคะแนนความสำคัญ
1	ระดับน้ำใต้ดิน	0.2721
2	ชนิดของดิน	0.1570
3	ความชัน	0.1279
4	ระยะห่างจากแหล่งน้ำและพื้นที่ชุ่มน้ำ	0.1474
5	ระยะห่างจากระบบเครือข่ายถนน	0.0644
6	ระยะห่างจากสวนสาธารณะ	0.0607
7	ระยะห่างจากชุมชน	0.0729
8	พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม	0.0534
9	ระยะห่างจากพื้นที่โบราณสถาน และสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญ	0.0441

ที่มา : แบบสอบถามการให้ค่านำนั้หนักของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อนำชั้นข้อมูลปัจจัยทั้ง 9 ปัจจัยและใส่ค่านำนั้หนักของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 7 พบว่าพื้นที่ที่มีความเหมาะสมทางกายภาพมากที่สุดในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ แบ่งเป็น 5 ระดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 ดังนี้

- พื้นที่เหมาะสมน้อยมากเป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วนน้อยที่สุด จำนวน 31 แปลง มีพื้นที่รวม 4.57 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.72 ส่วนใหญ่อยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทะเล ในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และอำเภอบางบ่อ ซึ่งพื้นที่แต่ละแปลงมีขนาดเล็ก
- พื้นที่เหมาะสมน้อยเป็นพื้นที่ที่มีสัดส่วนมากที่สุด มีจำนวน 43 แปลง มีพื้นที่รวม 35.37 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 44.28 พบในบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลเช่นเดียวกับพื้นที่เหมาะสมน้อยมากส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ โดยเป็นพื้นที่แปลงมีขนาดใหญ่
- พื้นที่เหมาะสมปานกลางจำนวน 50 แปลง มีพื้นที่รวม 11.05 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 13.84 มีพื้นที่กระจายอยู่ในเขตอำเภอพระสมุทรเจดีย์ อำเภอเมืองสมุทรปราการ อำเภอบางบ่อ อำเภอบางพลี และอำเภอบางเสาธง เป็นพื้นที่แปลงขนาดปานกลาง
- พื้นที่เหมาะสมมากจำนวน 60 แปลง มีพื้นที่รวม 23.32 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 29.20 ส่วนใหญ่อยู่ในเขตอำเภอบางพลี อำเภอบางเสาธง และอำเภอบางบ่อ ขนาดของพื้นที่มีทั้งแปลงขนาดเล็กและขนาดใหญ่
- พื้นที่เหมาะสมมากที่สุดมีจำนวนแปลงน้อยที่สุด มีจำนวน 9 แปลง เนื้อที่รวม 5.56 ตร.กม. แปลงที่มีขนาดพื้นที่มากที่สุดมีพื้นที่เท่ากับ 3.50 ตร.กม. ตั้งอยู่ในเขตสองอำเภอ คือ ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และตำบลบางปลา อำเภอบางพลี ลำดับที่สอง มีพื้นที่ 1.10 ตร.กม. อยู่ในเขตตำบลบางเสาธง อำเภอบางเสาธง และลำดับที่สาม มีพื้นที่ 0.61 ตร.กม. อยู่ในเขตตำบลแพรกษาใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ



ภาพที่ 4 แผนที่ระดับความเหมาะสมของพื้นที่ในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ

ความต้องการพื้นที่ในการฝังกลบขยะจากการจำลองสถานการณ์การลดปริมาณขยะ

จากการวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ ได้ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมแบ่งเป็น 5 ระดับ โดยในพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุด มีจำนวน 9 แปลง เนื้อที่รวม 5.56 ตร.กม. และจากการคาดการณ์ปริมาณขยะ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 - พ.ศ.2563 รวมจำนวน 5 ปี มีปริมาณขยะ 6,744,207.20 ตัน มีความต้องการพื้นที่ในการฝังกลบเท่ากับ 1.95 ตร.กม. และปริมาณขยะสะสมปี พ.ศ.2564 - พ.ศ.2572 มีปริมาณขยะเท่ากับ 12,140,272.30 ตัน ซึ่งจากปริมาณขยะดังกล่าว ทำให้ต้องการพื้นที่ฝังกลบเท่ากับ 3.50 ตร.กม. และหากมีการกำหนดสถานการณ์ให้มีการลดปริมาณขยะด้วยการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) 3 สถานการณ์ คือ 1) ไม่มีการนำขยะไปใช้ใหม่ 2) มีการนำขยะไปใช้ใหม่ จำนวนร้อยละ 10 และ 3) มีการนำขยะไปใช้ใหม่ จำนวนร้อยละ 25 พบว่า ในสถานการณ์ที่ 1 กรณีไม่มีการนำขยะไปใช้ใหม่มีความต้องการพื้นที่ฝังกลบเท่ากับ 5.45 ตร.กม. สถานการณ์ที่ 2 กรณีมีการนำขยะไปใช้ใหม่ ร้อยละ 10 ซึ่งเป็นสถานการณ์ปัจจุบันของจังหวัดสมุทรปราการ (Samutprakan Provincial Office of Natural Resources and Environment, 2014) มีความต้องการพื้นที่ฝังกลบเท่ากับ 4.90 ตร.กม. และสถานการณ์ที่ 3 กรณีมีการนำขยะไปใช้ใหม่ ร้อยละ 25 ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่คาดหวังที่ควรส่งเสริมให้มีการนำขยะกลับไปใช้ใหม่ตามสถานการณ์นี้มีความต้องการพื้นที่ฝังกลบเท่ากับ 4.09 ตร.กม. รายละเอียดดังตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่า ความต้องการพื้นที่ฝังกลบในสถานการณ์ที่ 1 มีพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ หากสามารถดำเนินการจัดทำพื้นที่ฝังกลบในพื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถรองรับปริมาณขยะได้ถึงปี 2572 แต่หากมีการส่งเสริมให้มีการลดปริมาณขยะโดยนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ตามสถานการณ์ที่ 2 และ 3 จะทำให้พื้นที่ที่สามารถรองรับปริมาณขยะได้นานมากขึ้น

ตารางที่ 8 กำหนดสถานการณ์ให้มีการลดปริมาณขยะลงด้วยการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)

พ.ศ.	ปริมาณ มูลฝอยสะสม (ตัน)	พื้นที่ที่ต้องการในการกำจัดขยะ (ตร.กม.)			พื้นที่เหมาะสม มากที่สุดจาก การวิเคราะห์ (ตร.กม.)
		สถานการณ์ที่ 1 กรณีไม่มีการนำขยะ ไปใช้ใหม่	สถานการณ์ที่ 2 กรณี มีการนำขยะไปใช้ใหม่ ร้อยละ 10	สถานการณ์ที่ 3 กรณีมีการนำขยะไป ใช้ใหม่ร้อยละ 25	
2558 - 2563	6,744,207.20	1.95	1.75	1.46	5.56
2564 - 2572	12,140,272.30	3.50	3.15	2.63	
รวม		5.45	4.90	4.09	5.56

หมายเหตุ : จำนวนปริมาตรพื้นที่ฝังกลบโดยประมาณ จากการบัญชีมูลฝอย 550 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความสูงของชั้นมูลฝอยประมาณ 3 เมตร จำนวน 3 ชั้น (Department of Public Works and Town & Country Planning, 2008) และเพิ่มส่วนของพื้นที่ดำเนินการอื่นๆ โดยสัดส่วนร้อยละ 30

สรุปและเสนอแนะ

การหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการกำจัดขยะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผน เพื่อรองรับการเจริญเติบโตของเมืองและการจัดการสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะด้วยวิธีฝังกลบ กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรปราการ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมทางกายภาพในการกำจัดขยะมากที่สุด มีจำนวน 9 แปลง เนื้อที่รวม 5.56 ตร.กม. แปลงที่มีขนาดพื้นที่มากที่สุด มีพื้นที่ 3.50 ตร.กม. ตั้งอยู่ที่ในเขตติดต่อสองอำเภอ คือ ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมืองสมุทรปราการ และตำบลบางปลา อำเภอบางพลี และจากการคาดการณ์ปริมาณขยะในอนาคต ในปี พ.ศ.2563 คาดว่าจะมีปริมาณขยะวันละ 3,269.80 ตัน/วัน และในปี พ.ศ.2572 จะมีปริมาณขยะวันละ 4,059.80 ตัน/วัน ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณพื้นที่ที่ต้องการฝังกลบ เป็น 2 ช่วง ช่วงแรก คือ พ.ศ. 2558 - พ.ศ.2563 และช่วงที่ 2 คือ พ.ศ.2564 - พ.ศ.2572 พบว่า มีความต้องการพื้นที่ในการฝังกลบขยะรวม 5.45 ตร.กม. ซึ่งเป็นขนาดพื้นที่ที่สามารถรองรับปริมาณขยะได้ถึงปี พ.ศ. 2572 อย่างไรก็ตามขนาดพื้นที่ดังกล่าวที่คำนวณอาจมีจำนวนลดลงได้หากได้รับอิทธิพลจากนโยบายการพัฒนาของภาครัฐและการขยายตัวในการลงทุนของสหกรณ์หรือสหกรณ์ของภาคเอกชน ดังนั้นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจึงควรได้รับการส่งเสริมและเผยแพร่ทั้งทางด้านเทคนิคและการณรงค์ให้เกิดความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ผลจากการศึกษาที่ได้สามารถประเมินได้ว่าพื้นที่ใดมีข้อจำกัดในการดำเนินการและพื้นที่ใดมีความเหมาะสมในการเป็นพื้นที่ฝังกลบขยะในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ อีกทั้งสามารถนำวิธีการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการกำจัดขยะในพื้นที่อื่นๆ ได้ นอกจากนี้ ในสถานการณ์ที่เทคโนโลยีการกำจัดขยะมีความก้าวหน้าสูงพื้นที่ที่เหมาะสมในการฝังกลบที่ได้จากการวิเคราะห์อาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นสถานที่ในการกำจัดขยะรวมหรือศูนย์จัดการมูลฝอยรวมที่มีการกำจัดขยะด้วยวิธีต่างๆ ร่วมกันได้ เช่น การแปรรูปขยะให้เป็นพลังงาน การเผาในเตา การทำแท่งเชื้อเพลิงขยะ การผลิตก๊าซชีวภาพ การแปรรูปขยะมูลฝอยพลาสติกเป็นน้ำมัน ฯลฯ ทั้งนี้ ในการดำเนินการกำจัดขยะไม่ว่าจะเลือกใช้วิธีใดควรดำเนินการให้เป็นไปตามหลักวิชาการอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และให้คำนึงถึงการยอมรับและการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดตั้งสถานที่ในการกำจัดขยะด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Auwatana, V. (2011). Prediction of changes in land use in Phuket [In Thai: คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต]. Unpublished Master of Science thesis, Graduate School, Srinakharinwirot University.
- Department of Public Works and Town & Country Planning. (2008). *Study the standard model used in the analysis to urban planning as well* [In Thai: โครงการศึกษาตัวแบบมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางผังเมืองรวม]. Bangkok: Pigkanate Printing Center.
- Department of Public Works and Town & Country Planning. (2006). *Comprehensive Planning Criteria and standards, 2006* [In Thai: เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549]. Bangkok: Department of Public Works and Town & Country Planning.
- Leao, S., Bishop, I., & Evans, D. (2004). Spatial-temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban regions. *Computers, Environment and Urban System*, 28, 353 – 385.
- Payomyam, J., Nakapakron, K., & Autsavarujikulchai, A. (2011). Expected volumes of waste from the expansion of urban areas in the Chaopaya Surasak Municipality Chonburi [In Thai: คาดการณ์ปริมาณขยะจากข้อมูลการขยายตัวของพื้นที่เมืองในเขตเทศบาลตำบลเจ้าพระยาสุรศักดิ์ จังหวัดชลบุรี]. *Journal of Science and Technology*, 19, 51 – 61.
- Pollution Control Department. (2014). *The situation of pollution 2013: Thailand*. [In Thai: สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2556]. Bangkok: Saiturakitrongpim.
- Piromreun, S. (2010). *Physical planning* [In Thai: การวางแผนด้านกายภาพ]. Bangkok: J-Printing.
- Samutprakan Provincial Office. (2013). *Samutprakan development plan 2014 – 2017* [In Thai: แผนพัฒนาจังหวัดสมุทรปราการ 4 ปี (พ.ศ.2557-2660)]. Unpublished document.
- Samutprakan Provincial Office of Natural Resources and Environment. (2014). *Solid waste management plan: Samutprakan* [In Thai: แผนบริหารจัดการขยะมูลฝอยจังหวัดสมุทรปราการ]. Unpublished document.
- Samutprakan Provincial Statistics Office. (2011). *Province statistic report : 2008*. [In Thai: รายงานสถิติจังหวัด พ.ศ.2544]. Samutprakan: Samutprakan Provincial Statistics Office.
- Srisatit, T. (2010). *Engineering of waste for community* [In Thai: วิศวกรรมการจัดการมูลฝอยชุมชน]. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Tapinta, A. (2010). *Ordinary knowledge of solid waste management* [In Thai: ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย]. Bangkok: Chulalongkorn University.
- The World Bank. (1999). What a waste solid waste management in Asia. *Urban Development Division, East Asia and Pacific Region*. Washington, DC: World Bank.
- United Nations Development Programme. (2009). *Developing Integrated Solid Waste Management Plan: Training Manual*. International Environmental Technology Centre, Japan.
- Wichiensil, J., Vongrum, N., & Wrannathong, C. (2014). Using geographic information system for identify suitable landfill waste areas: A case study of Lamplaymas, Buriram [In Thai: การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาหาพื้นที่เหมาะสมต่อการฝังกลบขยะมูลฝอย กรณีศึกษา : อำเภอลำปลายมาศ จังหวัดบุรีรัมย์]. Unpublished Geographic Information Studies, Faculty of Humanities and Social Sciences, Buriram Rajabhat University