



การศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล กรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต

THE STUDY OF ESTIMATING AMOUNT OF SOLID WASTE USING DATA MINING A CASE STUDY OF PHUKET CITY MUNICIPALITY

อทิพร เข้มทอง¹ สาวิตรี ยอดราชา² วิภาวรรณ บัวทอง³

^{1, 2, 3} สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โทร 0980104258
56381423109@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะ เทศบาลนครภูเก็ต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) และโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เริ่มจากนำข้อมูลปริมาณขยะมูลฝอย จากเทศบาลนครภูเก็ตมาทำการจัดเตรียมข้อมูลดิบ และแปลงรูปข้อมูลให้พร้อมสำหรับการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 18 ปี เริ่มจากปีงบประมาณ 2546 ปีวิจัย จำนวนบ้าน จำนวนประชากร ส่งผลต่อ ปริมาณขยะมูลฝอย โดยแบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูล คือชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ และชุดข้อมูลทดสอบ จากนั้น ประมวลผลชุดข้อมูลด้วยเทคนิค Artificial Neural Network (ANN) ปรับค่าการเรียนรู้เท่ากับ 1 และประมวลผลชุดข้อมูลด้วยเทคนิค Regression ทำการเปรียบเทียบ ทั้ง 2 วิธี โดยใช้ ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ จากนั้น แสดงแนวโน้มปริมาณขยะในอนาคต ด้วยการแทนค่าสมการพยากรณ์ และแสดงผล ในรูปแบบกราฟ linear Regression จากการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 วิธี พยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดย การวิเคราะห์ประมวลผลด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ปรับค่าการเรียนรู้เท่ากับ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการวิเคราะห์ การถดถอย

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย, เทคนิคเหมืองข้อมูล, การวิเคราะห์การถดถอย, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

The objectives of this research is to forecast the number of the solid waste in Phuket City Municipality Area using data mining method with regression technique and neural network technique. The data used for interpretation through the selected algorithms are from the solid waste data of Phuket City Municipality collected for 18 years since the fiscal year of 2003. The data preparation, filtered and analyzed for data processing. The variables: numbers of households and population affect the quantity of solid waste. Data will be set into 2 sets: training set and testing set. Data will be processing with the neural network technique, the learning rate =1, while the data processing with regression technique. The 2 data sets will be compared using error rate as a criteria and will show the tendency of solid waste in the future by substitution of forecasting equation in graph form. The study has found that the quantity of



solid waste has a tendency to increase according to the result from Artificial Neural Network (ANN) algorithm give the less error rate than regression

Keyword: Solid Waste, Data Mining, Regression, Artificial Neural Network

1. บทนำ

เทศบาลนครภูเก็ต ภายใต้อำเภอเมืองแห่งความสุข เทศบาลนครภูเก็ต มีพื้นที่ 12.562 ตารางกิโลเมตร 7851 ไร่ เขตการปกครอง 2 ตำบล คือ ตำบลตลาดเหนือ มีพื้นที่ 4 ตารางกิโลเมตร และ ตำบลตลาดใหญ่ มีพื้นที่ 8 ตารางกิโลเมตร จำนวนประชากรในพื้นที่โดยเฉลี่ย 79,345 คน (พ.ศ. 2563) จำนวนบ้าน 26,550 หลัง (พ.ศ. 2563) แบ่งเป็น 22 ชุมชน มีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญอย่างย่านเมืองเก่า ที่แสดงถึงวัฒนธรรม ความเป็นอยู่ของเมืองภูเก็ต โดยปริมาณขยะมูลฝอยของชุมชน ในปีงบประมาณ 2563 ปริมาณขยะมูลฝอยรวม 45,535.89 ตัน/ปี เฉลี่ย 124 ตัน/วัน ค่าเฉลี่ย 1.74 กิโลกรัมต่อคน (เทศบาลนครภูเก็ต, 2564) เทศบาลมีบทบาทสำคัญต่อการวางแผนจัดการขยะ เพราะเป็นการดูแลสุขภาพแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของคนในชุมชน

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณขยะมูลฝอยจากการขยายตัวของอาคารประเภทที่อยู่อาศัย บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ อพาร์ทเมนท์ และอาคารชุด (กิตติยา พุทธิ, 2560) และมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในพื้นที่เทศบาลเมืองบุรีรัมย์ เปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย และเกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (วชิราภักษ์ ไอรสรักษ์, 2561) มีการทำนายการสร้างขยะของเทศบาลในประเทศไทย ไปแลนดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ทำนายความต้องการจัดการขยะเป็นพื้นฐานในยุทธศาสตร์การพัฒนาที่มีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน ค่า Mean Square Error (MSE) และค่า Regression ถูกใช้เป็นดัชนีของประสิทธิภาพของการพัฒนาโมเดล โครงข่ายประสาทเทียม ที่ค่า R มาก และค่า MSE น้อยจะแสดงถึงความถูกต้องที่สุดของการทำนาย นอกจากนี้ยังมีข้อมูลเศรษฐกิจสังคมในปี 2546-2563 สร้างโมเดลทำนายว่า การสร้างขยะในอนาคต ปี 2567 จะเพิ่มขึ้น 2% ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าโมเดล โครงข่ายประสาทเทียม มีประสิทธิภาพในการทำนายจำนวนขยะและนำมาใช้พิจารณาค่าใช้จ่ายอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อนำเสนอในการวางแผนระบบการจัดการขยะอย่างบูรณาการ (Monika Kulisz and Justyna Kujawska, 2020) และงานวิจัยในประเทศบังกลาเทศ ได้กล่าวไว้ว่า การทำนายอย่างแม่นยำของการสร้างขยะมูลฝอยและลักษณะของขยะนั้น มีบทบาทสำคัญในการจัดการขยะของเทศบาล มีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม และ อนุกรมเวลาที่ใช้ในการสร้างขยะข้อมูลที่ใช้เป็นรายสัปดาห์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง 2558 ความแตกต่างของข้อมูลนำเข้าถูกใช้เป็นตัวแปรและใช้วิธีการคำนวณแบบการวิเคราะห์ถดถอย และค่า MAE (Mean Absolute Error) ในรูปของข้อมูลนำเข้าของโครงข่ายประสาทเทียม (Ashik, M.A., Nazmul, M.H. and Rafiqul, I.M, 2017) จากการศึกษาค้นคว้าพบว่าสมการสถิติสามารถสร้างสมการทำนายผล (สมการพยากรณ์) ดังนี้ $\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \epsilon$, y คือ ตัวแปรตาม \hat{y} คือ ค่าประมาณหรือตัวทำนาย x_1 คือ ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว β_0 คือ ค่าคงที่ของสมการถดถอยจะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ β_1 คือค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ x_1 แต่ละตัว โดยที่ค่า β_1 จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x_1 ต่อค่า y ค่าความคลาดเคลื่อน Error or Residual ระหว่างค่า y และ ค่า \hat{y} (สุทิน ชนะบุญ, 2560). การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือการหลอมรวมความรู้ด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) กับความรู้ด้านอื่นๆ เข้าด้วยกัน เช่น คณิตศาสตร์ (Mathematics) ฐานข้อมูล (Database)



และสถิติ (Statistics) เป็นต้น เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์มีความสามารถที่จะเรียนรู้และเก็บความรู้ไว้ใช้ต่อไปในอนาคต (วิภาวรรณ บัวทอง, 2559)

จากงานวิจัยข้างต้นยังไม่พบการใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในประเทศไทย ดังนั้น คณะผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญและบทบาทของเทคนิคเหมืองข้อมูลในปัจจุบัน การพยากรณ์ที่แม่นยำส่งผลต่อการวางแผนบริหารจัดการ จึงได้นำแนวคิดในการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย เขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล แบบ Regression และ Neural Network โดยที่มีข้อมูลจำนวนบ้าน จำนวนประชากร ที่มีผลต่อปริมาณขยะมูลฝอย ทำการทดลองและเปรียบเทียบการประมวลผลทั้ง 2 วิธี โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ และทดลองนำค่าที่ได้จากการประมวลผล แทนค่าสมการเพื่อพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต

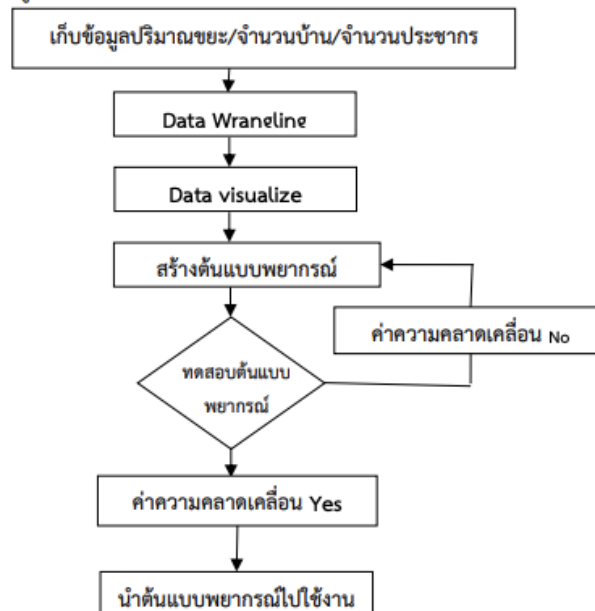
2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะ เขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยขั้นตอนวิธี การวิเคราะห์การถดถอย และ โครงข่ายประสาทเทียม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล แบบ การวิเคราะห์การถดถอย และ โครงข่ายประสาทเทียม กรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



จากภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะ จำนวนบ้านและจำนวนประชากร ขั้นตอนประกอบด้วย การทำความสะอาดข้อมูล การแปลงข้อมูล และการเตรียมข้อมูล กำหนดและเลือกช่วงข้อมูล ทำการสร้างภาพจากข้อมูล เพื่อดูภาพรวมและทิศทางของข้อมูล เพื่อไปสร้างต้นแบบพยากรณ์สำหรับการเรียนรู้ และการทดสอบต้นแบบพยากรณ์ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ในการประเมิน ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่า เหมาะสมแก่การนำต้นแบบพยากรณ์ไปใช้งานและพัฒนาต่อยอด

ข้อมูลปริมาณขยะและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 2 แหล่ง จากการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

- (1) สถิติปริมาณขยะประจำปีงบประมาณ 2541-2562 ณ ศูนย์กำจัดมูลฝอย จังหวัดภูเก็ต โดยเทศบาลนครภูเก็ต

ตารางที่ 1 รายงานผลการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เทศบาลนครภูเก็ต ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

รายละเอียด	หน่วย	ปีงบประมาณ 2563												รวมในปี	เฉลี่ยต่อเดือน
		ก.พ.63	ท.ค.62	ธ.ค.62	ม.ค.63	ก.พ.63	มี.ค.63	เม.ค.63	พ.ค.63	มิ.ค.63	ก.ค.63	ธ.ค.63	ก.ค.63		
1. ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่จัดขึ้นในสมทบเทศบาลนครภูเก็ต แบ่งเป็น	ตัน/เดือน	4,634.46	4,338.85	4,400.44	4,462.38	3,917.23	4,312.75	2,953.91	4,312.75	4,080.06	4,131.27	4,386.47	4,061.00	50,391.08	4,199
ขยะอินทรีย์	ตัน/เดือน	4,404.60	4,119.13	4,179.91	4,268.55	3,646.47	3,672.37	2,745.13	3,481.05	3,674.18	3,753.91	3,970.38	3,620.41	45,335.89	3,795
ขยะอินทรีย์	ตัน/เดือน	263.66	255.7	253.11	212.63	199.91	187.2	148.54	166.67	187.54	162.37	178.94	171.61	2,387.88	199
ขยะรีไซเคิล	ตัน/เดือน	71.05	68.55	72.1	70.6	70.35	70.1	60.00	72.80	218.00	193.00	213.75	248.00	1,448.30	121
ขยะอันตรายชุมชน	ตัน/เดือน	0.34	0.46	0.31	0.42	0.50	0.48	0.24	0.28	0.34	0.29	0.90	0.49	5.05	0.42
ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (E-waste)	ตัน/เดือน	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-

ที่มา : เทศบาลนครภูเก็ต เมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2564 ณ โรงเผาขยะมูลฝอยจังหวัดภูเก็ต

จากตารางที่ 1 รายงานผลการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เทศบาลนครภูเก็ต ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 (แบบ ม.พ.2) ลักษณะของข้อมูล ข้อมูลรายเดือนประกอบด้วย 5 รายการ 16 คอลัมน์ แสดง ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครภูเก็ต แบ่งเป็น ขยะมูลฝอยทั่วไป, ขยะอินทรีย์, ขยะรีไซเคิล, ขยะอันตรายชุมชน และ ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (E-waste) และ 16 คอลัมน์ ได้แก่ รายละเอียด, หน่วย /ต้นต่อเดือน, ปีงบประมาณ (เดือนตุลาคม ถึงเดือน กันยายน ปีถัดไป), รวมต่อปี และเฉลี่ยต่อเดือน

ตารางที่ 2 ข้อมูลสถิติปริมาณขยะประจำปีงบประมาณ 2541-2562 เทศบาลนครภูเก็ต

สถิติปริมาณขยะปีงบประมาณ 2541 - 2562																					
ณ ศูนย์กำจัดมูลฝอย จังหวัดภูเก็ต ใสวมทบเทศบาลภูเก็ต																					
2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562
28,204.8	28,008.0	31,697.0	32,618.9	34,876.2	34,365.7	34,621.1	38,303.3	39,892.5	41,569.9	42,309.0	41,625.2	40,370.5	40,003.2	42,254.2	44,740.1	44,802.8	47,322.1	48,713.0	49,872.7	51,234.8	51,238.5

ที่มา : สำนักงานเทศบาลนครภูเก็ต

จากตารางที่ 2 แสดงสถิติปริมาณขยะประจำปีงบประมาณ 2541-2562 ณ ศูนย์กำจัดมูลฝอย จังหวัดภูเก็ต โดยเทศบาลนครภูเก็ตลักษณะของ ข้อมูลรายปี ประกอบด้วย ลำดับที่, หน่วยงาน และปีงบประมาณ 2541-2562

- (2) ข้อมูลจำนวนบ้าน และจำนวนประชากร

สืบค้นข้อมูล จากเว็บไซต์สถิติทางการทะเบียนราษฎร สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง สถิติจำนวนบ้าน พื้นที่ จังหวัดภูเก็ต ท้องถิ่นเทศบาลนครภูเก็ต ลักษณะของข้อมูล ประกอบด้วย 231 รายการ จำนวน 2 คอลัมน์ ได้แก่ คอลัมน์พื้นที่และคอลัมน์หลัง

- คอลัมน์พื้นที่แสดงข้อมูลเดือน ปี พ.ศ. (ข้อมูลรายเดือน มกราคม - 2545 ถึงเดือน มีนาคม 2564)



- คอลัมน์หลัง แสดงค่าข้อมูลจำนวนบ้าน
 - สถิติจำนวนประชากร จังหวัดภูเก็ต ท้องถิ่นเทศบาลนครภูเก็ต ลักษณะของข้อมูล ประกอบด้วย 231 รายการ จำนวน 4 คอลัมน์ ได้แก่ คอลัมน์พื้นที่, คอลัมน์ชาย, คอลัมน์หญิง และ คอลัมน์รวม
 - คอลัมน์พื้นที่แสดงข้อมูลเดือน ปี พ.ศ. (ข้อมูลรายเดือน มกราคม 2545 ถึงเดือน มีนาคม 2564)
 - คอลัมน์ชาย แสดงจำนวนประชากรชาย
 - คอลัมน์หญิง แสดงจำนวนประชากรชาย
 - คอลัมน์รวม ผลรวมจำนวนประชากร
- กำหนดขอบเขตของข้อมูล แสดงข้อมูลตามปีงบประมาณ 2546 – 2563 คือ ช่วง เดือน ตุลาคม 2545 ถึง เดือน กันยายน 2563

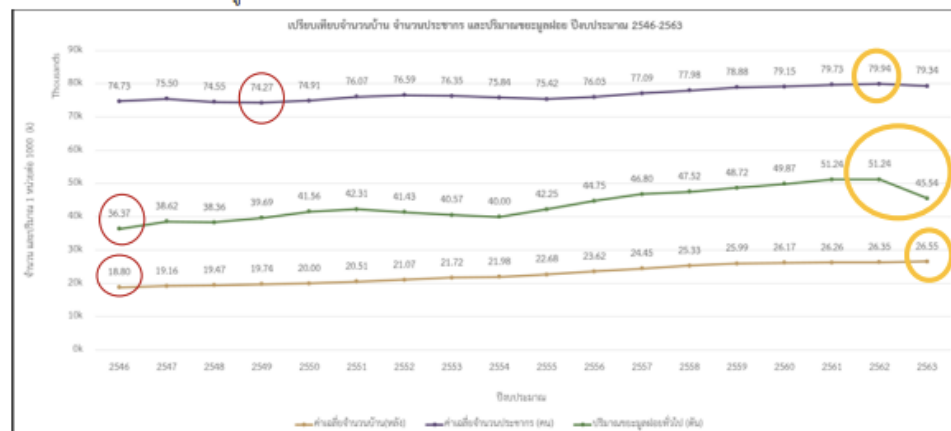
3.2 Data Wrangling การเตรียมข้อมูล

ทำความเข้าใจข้อมูลตรวจเช็คความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล และทำการแปลงข้อมูล Data Transformation โดย

- ข้อมูลปริมาณขยะ แปลงข้อมูลจากไฟล์ .pdf เป็น .xls
- ข้อมูลจำนวนบ้านและจำนวนประชากร แปลงจากรายเดือนเป็นรายปีงบประมาณ โดยทำการค่าเฉลี่ย
- แปลงจากปีงบประมาณ 2546 -2563 เป็นคริสต์ศักราช 2003 – 2020
- แทนค่าหน่วย 1k ต่อ 1000 ตัน
- แปลงสกุลไฟล์ชุดข้อมูลเรียนรู้ และชุดข้อมูลทดสอบ เป็น .csv เพื่อการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป

3.3 Data Visualization

ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจำนวนประชากรและปริมาณผลรวมขยะมูลฝอย ในรูปแบบกราฟเส้นเพื่อดูภาพรวมและทิศทางของข้อมูล



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบข้อมูล ค่าเฉลี่ยจำนวนประชากร ค่าเฉลี่ยจำนวนบ้าน และ จำนวนปริมาณขยะมูลฝอย



จากภาพที่ 2 แสดงปริมาณขยะ /จำนวนประชากร และ บ้าน 1 หน่วย ต่อ 1000 สัญลักษณ์ (k) ค่าเฉลี่ย จำนวนประชากรในพื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ต (สีม่วง) มีลักษณะเส้นเป็นเส้นโค้งเป็นคลื่น มีจำนวนประชากรสูงสุด ปี 2562 จำนวน 79,945 คน ต่ำสุดปี 2549 จำนวน 74,271 คน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 76,800 คน ค่าปริมาณขยะมูลฝอย (สีเขียว) มีลักษณะเส้นเป็นเส้นโค้งเป็นคลื่น มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีปริมาณลดลงใน ปี 2554 และปริมาณ ขยะเพิ่ม สูงสุดในปี 2562 มีปริมาณ 51,238.54 ตันต่อปี และมีปริมาณมูลต่ำสุด ปี 2546 มีปริมาณ 36,365.43 ตัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22,768.92 ตันต่อปี ค่าเฉลี่ยจำนวนบ้าน (สีเหลือง) มีลักษณะเส้นตรง จำนวนบ้านมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ปี สูงสุด ปี 2563 จำนวน 26,550 หลัง ต่ำสุดปี 2546 จำนวน 18,804 หลัง

จากผลการวิเคราะห์การพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลเทศบาลนครภูเก็ต พบว่า เทคนิคเหมืองข้อมูลที่เหมาะสมแก่การทำนายพยากรณ์ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) (สุทิน ชนะบุญ, 2560) และโครงข่ายประสาทเทียมเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) คือ การ ประมาณค่าคำตอบให้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่ถูกต้อง โดยใช้วิธีการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ จำลอง สถานะการณ์ผ่านโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ ให้คอมพิวเตอร์ เรียนรู้ และจดจำ (อ่ำภา สารศิริ 2559)

3.4 สร้างต้นแบบพยากรณ์

- จากข้อมูล ผู้วิจัยได้ แบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูล เพื่อสร้างต้นแบบพยากรณ์
- ชุดที่ 1 สำหรับสร้างต้นแบบพยากรณ์ ใช้ข้อมูล 17 ปีย้อนหลัง 2546 -2562
 - ชุดที่ 2 สำหรับทดสอบต้นแบบการพยากรณ์ ใช้ข้อมูล ปี 2563
- กำหนด Attribute ดังนี้
- Year : ปีงบประมาณ
 - People : จำนวนประชากร (คน)
 - House : จำนวนบ้าน (หลัง)
 - Solid Waste : ปริมาณขยะมูลฝอย (ตัน)

ตารางที่ 3 ชุดข้อมูลทดสอบ ปี 2563

Year	House	People	Solid waste
2020	26,550.08	79,343.92	45,535.89

จากตารางที่ 3 ชุดข้อมูลทดสอบปีงบประมาณ 2563 ข้อมูล ค่าเฉลี่ยจำนวนบ้าน 26,550 หลัง ค่าเฉลี่ย จำนวนประชากร 79,343.92 คน และมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริง 45,535.89 ตันต่อปี

3.5 การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบบการวิเคราะห์การถดถอย มีลักษณะเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม และ การวิเคราะห์แบบ ANN มีลักษณะเป็นโครงข่ายประสาทเทียม เลียนแบบการทำงานของสมอง มนุษย์ โดยเมื่อนำมาใช้กับการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล กรณีศึกษาเทศบาล นครภูเก็ต ปรากฏผลดังนี้

นำข้อมูลเข้าประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ เลือก Attributes = 3 People, House and Solid waste Instance = 17 จากนั้น พยากรณ์ด้วยฟังก์ชัน Classifier ทั้ง 2 วิธีดังนี้

- 3.5.1 Linear Regression Model เลือก Cross-validation 5 foldsค่าความคลาดเคลื่อน 1,012.37ตัน/ปี
- 3.5.2 Multilayer Perceptron Model เลือก Use training set ปรับค่า Learning rate = 1



ค่าคลาดเคลื่อน = 2,813.99 ตัน/ปี

Classifier output

Time taken to build model: 0 seconds

=== Predictions on test data ===

Inst#	actual	predicted	error
1	46802.75	45054.932	-947.818
2	42284.18	42320.791	36.611
3	39692.53	38276.828	-1415.702
4	36365.73	37899.333	1533.603
1	38368.33	38358.32	-9.01
2	40003.22	42458.419	2455.199
3	48715.09	49614.614	899.524
4	42309.01	40673.181	-1635.829
1	51239.544	50642.357	-596.188
2	44745.09	44099.757	-645.333
3	41425.21	41945.34	520.13
1	41340.92	38934.2	-2406.72
2	47922.14	47933.062	10.922
3	49872.675	49963.906	91.231
1	40570.543	42347.078	1876.535
2	38821.08	39089.247	268.167
3	51236.775	50345.116	-891.659

=== Cross-validation ===

=== Summary ===

Correlation coefficient	0.961
Mean absolute error	1012.3677
Root mean squared error	1279.6773
Relative absolute error	65.5862 %
Root relative squared error	26.3585 %
Total Number of Instances	17

ภาพที่ 3 ประมวลผลด้วยโมเดล Linear Regression

Classifier output

Time taken to build model on training data: 0.01 seconds

=== Evaluation on training set ===

Inst#	actual	predicted	error
1	36369.73	36642.89	-172.16
2	38821.08	36115.983	-2705.097
3	38368.33	34916.463	-3448.867
4	39692.53	24747.132	-14945.398
5	41560.92	39993.178	-5627.742
6	42309.01	38428.147	-3880.863
7	41425.21	40282.065	-1143.145
8	40570.543	40530.03	-40.513
9	40003.22	39840.225	-162.991
10	42284.18	38793.41	-3490.77
11	44745.09	41970.041	-2775.049
12	46802.75	44265.07	-2537.68
13	47522.14	45596.051	-1925.209
14	48715.09	46324.34	-2390.75
15	49872.675	46469.051	-3402.624
16	51236.775	46670.481	-4566.294
17	51239.544	46737.11	-4501.425

=== Summary ===

Correlation coefficient	0.9436
Mean absolute error	2013.9929
Root mean squared error	3208.5275
Relative absolute error	65.5862 %
Root relative squared error	65.2892 %
Total Number of Instances	17

ภาพที่ 4 ประมวลผลด้วย โมเดล Neural Network

3.6 ทดสอบต้นแบบพยากรณ์

ทดสอบต้นแบบพยากรณ์ Multilayer Perceptron จากการทำการทดลองผู้วิจัยได้มีการปรับค่าการเรียนรู้หลายครั้ง พบว่าค่าการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่สุด เท่ากับ 1 (Learning rate = 1)

File Edit View				
Result of ANN.arff		Result of Regression.arff		
Relation: dataset-test_predicted				
No.	1: house Numeric	2: people Numeric	3: predictedwaste Numeric	4: waste Numeric
1	26550.08333	79343.91667	46606.90177	45535.89



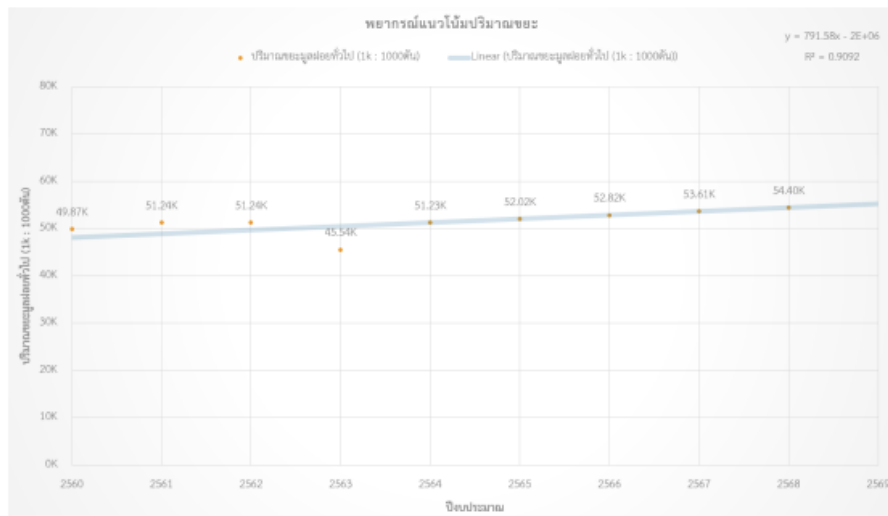
ทดสอบต้นแบบพยากรณ์ Linear Regression Model เลือก Cross-validation 5 folds

File Edit View				
Result of ANN.arff		Result of Regression.arff		
Relation: dataset-test_predicted				
No.	1: house Numeric	2: people Numeric	3: predictedwaste Numeric	4: waste Numeric
1	26550.08333	79343.91667	50434.482163	45535.89

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ โมเดล Neural network และ Regression

จากภาพที่ 5 แสดงข้อมูลปริมาณขยะปีงบประมาณ 2563 จำนวนบ้าน 26,551 หลัง จำนวนประชากร 79,344 คน ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริง 45,535.89 ตันต่อปี การประมวลผลด้วยต้นแบบพยากรณ์ Neural Network พยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยอยู่ที่ 46,606.90 ตันต่อปี มีค่าความคลาดเคลื่อน 1,071.01 ตันต่อปี ซึ่งให้ผลที่ใกล้เคียงปริมาณที่เกิดขึ้นจริงมากกว่า การวิเคราะห์ด้วยต้นแบบพยากรณ์ Regression พยากรณ์ปริมาณขยะปี 2563 อยู่ที่ 50,434.48 ตันต่อปี ค่าความคลาดเคลื่อน 4,898.59 ตันต่อปี

เพื่อการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคต จึงทำการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปด้วยการวิเคราะห์การถดถอย Regression Analysis ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ตัวแปร x และ y ของปริมาณขยะและนำค่าที่ได้ มาแทนค่าใน สมการพยากรณ์ $\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \varepsilon$ แทนค่าสมการ \hat{y} = แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย, β_0 = Intercept จุดตัดแกน y มีค่าเท่ากับ 36,984.78 และ β_1 = Slope ค่าความชัน มีค่าเท่ากับ 791.58 และ ค่า R² ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจพหุคูณ (Coefficient of Multiple determination) = 0.9092 หรือ ร้อยละ 92 จากนั้นสร้าง Scatter Linear Regression เพื่อแสดงแนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยในอีก 5 ปี 2564 - 2568



ภาพที่ 6 พยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ปี 2564 – 2568



จากภาพที่ 6 แสดงแนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลนครภูเก็ต จะเพิ่มสูงขึ้น คาดการณ์ปี 2564 จะมีปริมาณขยะมูลฝอย ประมาณ 51,233.30 ตัน, ปี 2565 ประมาณ 52,024.88 ตัน, ปี 2566 ประมาณ 52,816.47 ตัน, ปี 2567 ประมาณ 52,816.47 ตัน และจากการประมาณการปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มสูงถึง 54,399.64 ตัน ในปี 2568

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล กรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะ เขตเทศบาลนครภูเก็ต ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เริ่มจากเก็บข้อมูล การจัดเตรียมข้อมูลดิบปริมาณขยะ, จำนวนบ้าน และ จำนวนประชากร, Data Wrangling ทำความสะอาดข้อมูล, Data Visualization แสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ สร้างต้นแบบพยากรณ์ และประมวลผล โดยขั้นตอนวิธี การวิเคราะห์การถดถอย และ โครงข่ายประสาทเทียม พบว่า การศึกษาการพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะ พื้นที่เขตเทศบาลนครภูเก็ตด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล โดยเลือกใช้วิธีการพื้นฐาน 2 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอย และโครงข่ายประสาทเทียม คาดการณ์ล่วงหน้า ซึ่งได้ทำการทดลองกับชุดข้อมูลจำนวน 2 ชุดข้อมูล

ผลการทดลองพบว่า ทั้ง วิธี พยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้น โดยการพยากรณ์ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม นั้นให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 4 : เปรียบเทียบผลการพยากรณ์แนวโน้มด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

รายละเอียด	ANN	Regression
Learning rate and R Square	1	0.97
Actual	45,535.89	45,535.89
Predicted solid waste	46,606.90	50,434.48
Mean absolute error	1,071.01	4,898.59

จากตารางที่ 4 ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจริง ปี 2563 เท่ากับ 45,535.89 ตัน/ปี ประมวลผลด้วยวิธีตัวแบบพยากรณ์แบบโครงข่ายประสาทเทียม Neural network ปรับค่าการเรียนรู้ เท่ากับ 1 สามารถ พยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยปี 2563 ได้เท่ากับ 46,606.90 ตัน/ปี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ที่ 1,071.01 ตัน/ปี ส่วนประมวลผลด้วยวิธี ตัวแบบพยากรณ์แบบการวิเคราะห์ความถดถอย Regression เลือก Cross-validation 5 folds สามารถพยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยปี 2563 ได้เท่ากับ 50,434.48 ตัน/ปี ค่าความคลาดเคลื่อน 4,898.59 ตัน

ผลการศึกษาและทดลองประมวลผล พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนบ้าน และ ค่าเฉลี่ยจำนวนประชากร มีผลต่อปริมาณขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่เทศบาลนครภูเก็ต โดยทั้ง 2 เทคนิค พยากรณ์ปริมาณขยะมีแนวโน้มปริมาณสูงขึ้นจากการเปรียบเทียบ ทั้ง 2 เทคนิค พบว่า วิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ซึ่งสามารถพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ได้ค่าที่ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่า เหมาะแก่การนำไปพัฒนาต่อยอดต้นแบบพยากรณ์ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อพยากรณ์แนวโน้มปริมาณขยะมูลฝอย ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต ใน 5 ปีข้างหน้า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ผลลัพธ์จากการวิจัย ได้ค่าประมาณการปริมาณขยะมูลฝอยดังนี้ ปี 2564 จะมีปริมาณขยะมูลฝอย ประมาณ 51,233.30 ตัน, ปี 2565 ประมาณ 52,024.88 ตัน, ปี 2566



ประมาณ 52,816.47 ตัน, ปี 2567 ประมาณ 52,816.47 ตัน และจากการประมาณการปริมาณขยะมูลฝอยมี
แนวโน้มสูงถึง 54,399.64 ตัน ในปี 2568

การวิจัยในครั้งนี้ พบว่าเป็นเพียงการทดลองสร้างต้นแบบการพยากรณ์ โดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์
ค่าทางสถิติ และหลักการในการทำเหมืองข้อมูลมาช่วยในการวิเคราะห์แนวโน้ม, พยากรณ์ หรือ คาดการณ์ล่วงหน้า
ปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สำหรับความแม่นยำในการสร้างต้นแบบพยากรณ์ ยังมีอีกหลายปัจจัยที่
ควรคำนึงถึง เช่น จำนวนนักท่องเที่ยว สถานประกอบการด้านการท่องเที่ยว ที่พัก ร้านอาหาร รวมถึงสถานพยาบาล
สถานศึกษา และปัจจัยอื่นๆ ที่ทำให้การพยากรณ์แม่นยำเพิ่มมากขึ้น

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 ควรพยากรณ์แนวโน้มปริมาณ ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลกรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต ออกเป็นชนิดของขยะ
เช่น เศษอาหาร กระดาษ โฟม พลาสติก ขวด แก้ว โลหะ และ ขยะอันตราย เป็นต้น

5.2 ปริมาณขยะมูลฝอย ยังมีอีกหลายปัจจัย ได้แก่ จำนวนประชากรแฝง จำนวนนักท่องเที่ยว สถาน
ประกอบการด้านการท่องเที่ยว ที่พัก ร้านอาหาร สถานประกอบการอื่นๆ รวมถึงสถานพยาบาล และ สถานศึกษา
เป็นปัจจัยที่ควรคำนึงถึงในการสร้างต้นแบบการพยากรณ์ที่แม่นยำ

6. บรรณานุกรม

- กิตติยา พุทธิและวรรณรัตน์ โคนิสรานุกุล.(2563). การประมาณการสร้างขยะมูลฝอยที่อยู่อาศัยในอนาคต :
กรณีศึกษาเทศบาลนครนนทบุรี. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. วารสารฉบับ (25), 210-224
- ขวัญฤทัย นกแก้ว.(2555). การวิเคราะห์ปัจจัยของการเกษียณอายุของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้การขุด
ข้อมูล. คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์และการเกษตรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- จวีร์รัตน์ สุทธิพัฒน์นงกุล, ศุภมนต์ จันทร์สกุลและอภิฤดี ปาพล.(2561). ปัจจัยคัดสรรที่คาดเดาความต้องการในการ
ควบคุมตนเองของนักศึกษาพยาบาลมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย. คณะพยาบาลศาสตร์, มหาวิทยาลัยอีส
เทิร์นเอเชียปทุมธานี.
- เทศบาลนครภูเก็ต. (2564). ข้อมูลพื้นฐานเทศบาลนครภูเก็ต. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/pV5uc>
- วชิราภักษ์ ไอรสรณ์มัย และวัชระ วงศา.(2561). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในเขต
พื้นที่เทศบาลเมืองบุรีรัมย์, คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.
- วิภาวรรณ บัวทอง. การทำเหมืองข้อมูล.(2559). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต.
- วีระศักดิ์ ฟองเนิน.(2560). การวัดปริมาณน้ำในเขื่อนโดยใช้เทคนิคข้อมูล. คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏ
มหาสารคาม.
- ศุภมน จันทร์สกุล.(2561). เทคนิคการขุดข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางการพยาบาล. คณะพยาบาลศาสตร์ :
มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.
- สถิติทางการทะเบียนราษฎร สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2564). สถิติจำนวนบ้าน พื้นที่จังหวัด
ภูเก็ต ท้องถิ่นเทศบาลนครภูเก็ต. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/tj7X9>
- สถิติทางการทะเบียนราษฎร สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. (2564). สถิติจำนวนประชากร จังหวัด
ภูเก็ต ท้องถิ่นเทศบาลนครภูเก็ต. สืบค้นจาก <https://shorturl.asia/tj7X9>



อำนาจ สารศิริ. (2559). เทคนิคการเรียนรู้พื้นฐานโครงข่ายประสาทเทียม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Ashik, M.A., Nazmul, M.H. & Rafizul, I.M (2017), Prediction of solid waste generation rate and determination of future waste characteristics at South-Western region of Bangladesh using Artificial Neural Network, Department of Civil Engineering, Khulna University of Engineering & Technology (KUET), Bangladesh.

Monika Kulisz and Justyna Kujawska (2020), Prediction of Municipal Waste Generation in Poland Using Neural Network Modeling, Management Faculty, Lublin University of Technology, 20-618 Lublin, Poland.