

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

Study of Electrical Energy Consumption in the East of Thailand

with Cluster Analysis

จตุภัทร เมฆพ่าย¹ กิดากา สายธนู¹ และ พจนา พจนวิชัยกุล^{2,*}

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตำบลแสนสุข

อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

²แผนกการบริหารทรัพยากรสุขภาพ โรงพยาบาลบีเอ็นเอช 9/1 ถนนคอนเวนต์ แขวงสีลม

เขตบางรัก กรุงเทพฯ 10500

E-mail: Phodjana.p@hotmail.com

Jatupat Mekpanyup¹, Kidakan Saithanu¹ and Phodjana Phodjanawichaikul^{2,*}

¹Department of Mathematics, Faculty of Science, Burapha University,

Saen Sook Sub-district, Mueang District, Chonburi 20131, Thailand

²Utilization Management, BNH Hospital 9/1 Convent Road, Silom Bangkok 10500, Thailand

E-mail: Phodjana.p@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการแบ่งกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยทั้งหมด 7 จังหวัดด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีตั้งแต่ พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560 เก็บรวบรวมจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ผลการวิจัยพบว่าสามารถจัดกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นจังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากจำนวน 3 จังหวัดได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มที่ 2 เป็นจังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลาง คือ จังหวัดปราจีนบุรี และกลุ่มที่ 3 เป็นจังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยจำนวน 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดสระแก้ว และจังหวัดตราด นอกจากนี้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่มสามารถจัดกลุ่มช่วงเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกได้ 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เป็นช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก (ตั้งแต่ พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2560) กลุ่มที่ 2 เป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลาง (ตั้งแต่ พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2558) และกลุ่มที่ 3 เป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย (ตั้งแต่ พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2553)

คำสำคัญ: การใช้พลังงานไฟฟ้า; ภาคตะวันออกของประเทศไทย; การวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

Abstract

This research was to group the electrical energy consumption of total seven eastern provinces in the East of Thailand with cluster analysis. The consumption was collected from 2008 to 2017 National Statistical Office of Thailand, Ministry of Information and Communication Technology. The results of this research illustrated that cluster analysis was able to divide the electrical energy consumption of all provinces in the East of Thailand into three clusters. The first cluster consisted of three provinces, Chonburi, Rayong and Chachoengsao with high electrical energy consumption. The second cluster was moderate electrical energy consumption (Prachinburi). The third cluster was low electrical energy consumption in association with three provinces, Chanthaburi, Sakeo and Trat. Moreover, cluster analysis also discriminated periods of the electrical energy consumption into three groups. The first cluster was the high period of the electrical energy consumption (2016 to 2017), the second cluster was the moderate period of the electrical energy consumption (2011 to 2015) and the third cluster was the low period of the electrical energy consumption (2008 to 2010).

Keywords: Electrical Energy Consumption; The East of Thailand; Cluster Analysis

1. บทนำ

ในปัจจุบันหลายประเทศมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ ด้านการเมือง ด้านคมนาคมขนส่ง และด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ทำให้แต่ละประเทศมีการแข่งขันกันสูง [1] ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่กำลังพัฒนาซึ่งมีการเจริญเติบโตด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นทำให้มีการขยายตัวของนิคมอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเจริญเติบโตดังกล่าวส่งผลให้การดำรงชีวิตในปัจจุบันมีความสะดวกสบายมากขึ้น อาทิ รถไฟฟ้าบีทีเอส รถไฟฟ้าใต้ดินเอ็มอาร์ที รถยนต์พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น สิ่งอำนวยความสะดวกเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงานทั้งสิ้น

ภาคตะวันออกของประเทศไทยเป็นภูมิภาคมีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่มีการขยายตัวด้านอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องเนื่องจากภาคนี้มีลักษณะภูมิประเทศติดทะเลซึ่งอำนวยความสะดวกในด้านการขนส่งสินค้าทั้งทางบกและทางทะเลจึงทำให้มีนิคมอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก รวมทั้งหมด 24 แห่ง [2] นอกจากนี้ภาคตะวันออกยังมีแหล่งท่องเที่ยวจำนวนมากเนื่องจากสภาพภูมิประเทศมีความสวยงามทางธรรมชาติทั้งภูเขาและชายฝั่งที่ติดทะเล อีกทั้งยังไม่ไกลจากกรุงเทพฯ ทำให้สามารถเดินทางมาท่องเที่ยวได้อย่างสะดวกและใช้ระยะเวลาในการเดินทางน้อย จากผลกระทบด้านอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554 ส่งผลให้การเจริญเติบโตของที่พักอาศัยในภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในจังหวัดชลบุรี เนื่องจากจังหวัดชลบุรีอยู่ไม่ไกลจากภาคกลางและการเดินทางมีความสะดวกสบาย อีกทั้งจังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่มีความเจริญอย่างต่อเนื่องและมีสิ่งอำนวยความสะดวกที่ตอบสนองความต้องการของผู้อยู่อาศัย เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานบันเทิง ทางด่วนบูรพาวิถี ถนนวง

แหวนรอบนอก แหล่งท่องเที่ยว เป็นต้น [3] จากความเจริญที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ภาคตะวันออกมีประชากรเข้ามาอยู่อาศัยเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 5 ต่อปี [4] พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญมากอีกทั้งยังสามารถแปลงให้เป็นพลังงานประเภทอื่นได้โดยอาศัยอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ เช่น พลังงานแสง พลังงานความร้อน พลังงานเสียง เป็นต้น แหล่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ได้แก่ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมันนิวเคลียร์ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ [5] การผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่ในประเทศไทยได้มาจากก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปและมีอยู่อย่างจำกัด หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากจะส่งผลให้มีการผลิตก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ต่าง ๆ [6] ดังนั้นจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยมากมาย อาทิ ชลวิทย์ เผือกผาสุข [7] ศึกษาการจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุลด้วยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา บุญญารัตน์ แสงปิยะ และคณะ [8] ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุมด้วยแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (CUSUM Control Chart) ปรียานาจ สิงห์โต และอาจารย์ แนนเนียน [9] ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาในหอพักมหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ด้วยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา เป็นต้น สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออก เช่น อุไร จุสวดี [10] ศึกษาพฤติกรรมมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานในครัวเรือนของเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลชลบุรีด้วยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา การทดสอบที (T-Test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) และณัฐภาส รัชมิมานนท์ และสุภาวดี รัตนมาศ [11] ศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับโรงแรมพักตากอากาศริมทะเลจังหวัดชลบุรีด้วยการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา เป็นต้น จากการค้นคว้าพบที่ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยและทำการแบ่งกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม (Cluster Analysis) เป็นเทคนิคที่มีจุดเด่นสำหรับใช้จัดกลุ่มตัวแปรที่ไม่ทราบมาก่อนว่าควรจัดตัวแปรออกเป็นกี่กลุ่ม ซึ่งเป็นวิธีแบ่งกลุ่มตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายกันให้อยู่กลุ่มเดียวกันโดยวัตถุประสงค์หลักคือ ลดจำนวนตัวแปรลงเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาหรือนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไป และสำหรับใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองและลดปัญหาการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด อีกทั้งยังช่วยลดผลกระทบของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้เก็บรวบรวมปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยทั้งหมด 7 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ตราด ระยอง สระแก้ว และปราจีนบุรี สำหรับข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์

คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีตั้งแต่ พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2560 รวมทั้งหมด 10 ปี ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง (Kilowatt/Hours) ข้อมูลได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม [12] เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากเป็นหน่วยงานที่มีการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกเป็นรายจังหวัดของแต่ละภาคในประเทศไทย แตกต่างจากข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่มีการเก็บเป็นภาพรวมของกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้า

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การแบ่งกลุ่มของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจะวิเคราะห์จากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้การวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม ซึ่งใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาลักษณะทั่วไปและแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแยกตามจังหวัดและแยกตามปีด้วยสถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) แผนภาพการกระจาย (Scatter Plot) และแผนภาพกล่อง (Box Plot)

2) การแบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแยกตามจังหวัดและแยกตามปีด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มจากแผนภาพเดนโดแกรม (Dendrogram)

การวิเคราะห์แบ่งกลุ่ม เป็นหนึ่งในเทคนิคการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Analysis) ใช้สำหรับการจัดกลุ่มตัวแปรที่ไม่ทราบมาก่อนว่าควรจัดตัวแปรออกเป็นกี่กลุ่ม โดยในการจัดกลุ่มตัวแปรจะพิจารณาจากระยะทาง (Distance) หรือพิจารณาจากความต่าง (Dissimilarity) ซึ่งตัวแปรที่มีระยะทางแตกต่างกันน้อยหรือมีต่างกันน้อยจะถูกจัดไว้ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ส่วนตัวแปรที่มีระยะทางแตกต่างกันมากหรือมีความต่างกันมากจะถูกจัดให้อยู่คนละกลุ่ม ซึ่งพิจารณาจากแผนภาพเดนโดแกรม ด้วยวิธีเชิงลำดับชั้น (Hierarchical Method) เป็นวิธีที่มีการจัดกลุ่มตัวแปรแบบเป็นขั้นตอน ซึ่งใช้การรวมกลุ่ม (Agglomeration) โดยเริ่มจากการที่ตัวแปรทั้งหมดอยู่ต่างกลุ่มกัน หลังจากนั้นจึงรวมกลุ่มตัวแปรที่มีความคล้ายกันมาก หรือระยะทางต่างกันน้อยจัดกลุ่มไว้ด้วยกัน และใช้วิธีการเชื่อมของวาร์ด (Ward's Linkage) ซึ่งเป็นวิธีการเชื่อมที่พิจารณาระยะทางเป็นค่าผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบน (Sum Square Deviation) ระหว่างระยะทางของตัวแปรไปที่ค่ากลาง (Centroid) ของกลุ่มนั้น โดยใช้การวัดระยะทาง (Distance Measures) เป็นการวัดระยะทางแบบเพียร์สัน (Pearson Distance) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ [13]

$$d_{ik} = \sqrt{\frac{\sum_k (X_{ij} - X_{kj})^2}{Var(j)}} \quad (1)$$

โดยที่ X_{ij} คือ ตัวแปรที่ i

X_{kj} คือ ตัวแปรที่ k

$Var(j)$ คือความแปรปรวนของตัวแปรที่ j

d_{ik} คือระยะทางระหว่างตัวแปรที่ i และตัวแปรที่ k

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปและแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออก

ผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยสถิติเชิงพรรณนาแยกตามจังหวัดดังตารางที่ 1 พบว่าจังหวัดชลบุรีมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 9,908,325,776 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,437,204,049 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง รองลงมาเป็นจังหวัดระยองมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 8,766,019,695 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1,222,823,930 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง สำหรับจังหวัดที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดได้แก่ จังหวัดตราด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 472,108,585 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 59,079,827 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 1 สถิติเชิงพรรณนาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตามจังหวัด

(หน่วย: กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

จังหวัด	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ชลบุรี	9,908,325,776	1,437,204,049
ระยอง	8,766,019,695	1,222,823,930
ฉะเชิงเทรา	4,068,975,927	626,848,785
ปราจีนบุรี	1,749,076,413	352,656,127
จันทบุรี	1,004,631,159	143,586,754
สระแก้ว	603,470,343	108,759,938
ตราด	472,108,585	59,079,827

ผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยสถิติเชิงพรรณนาแยกตามช่วงเวลาดังตารางที่ 2 พบว่าในปี พ.ศ. 2560 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 4,615,911,313 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 4,863,749,248 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และพบว่าในปี พ.ศ. 2552 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดเท่ากับ 2,952,289,191

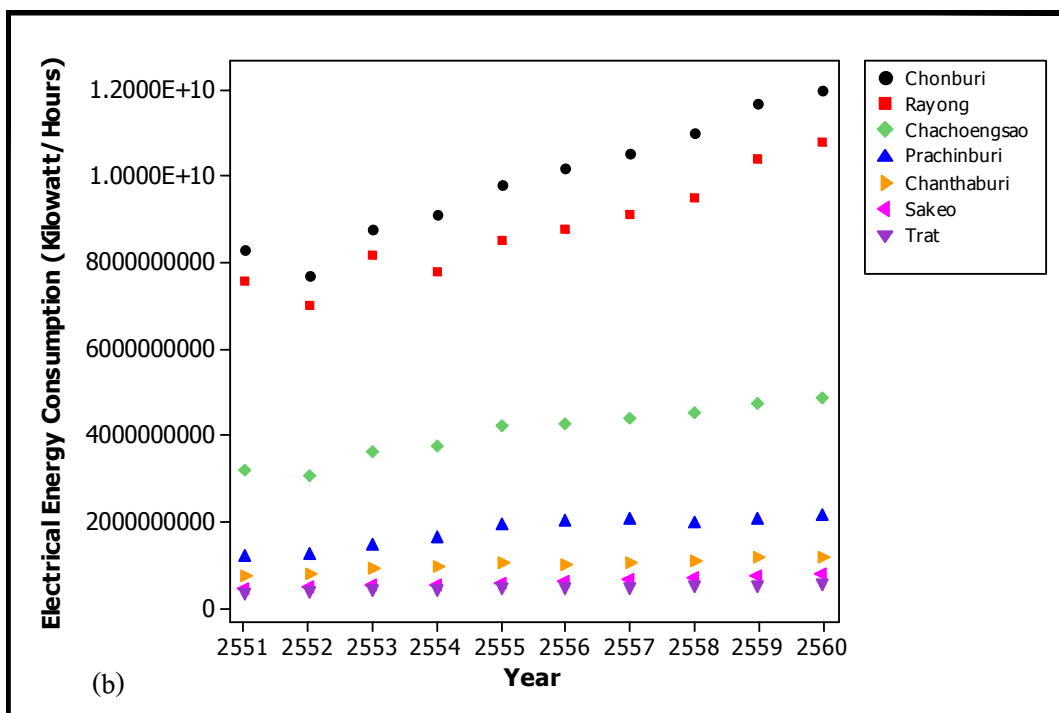
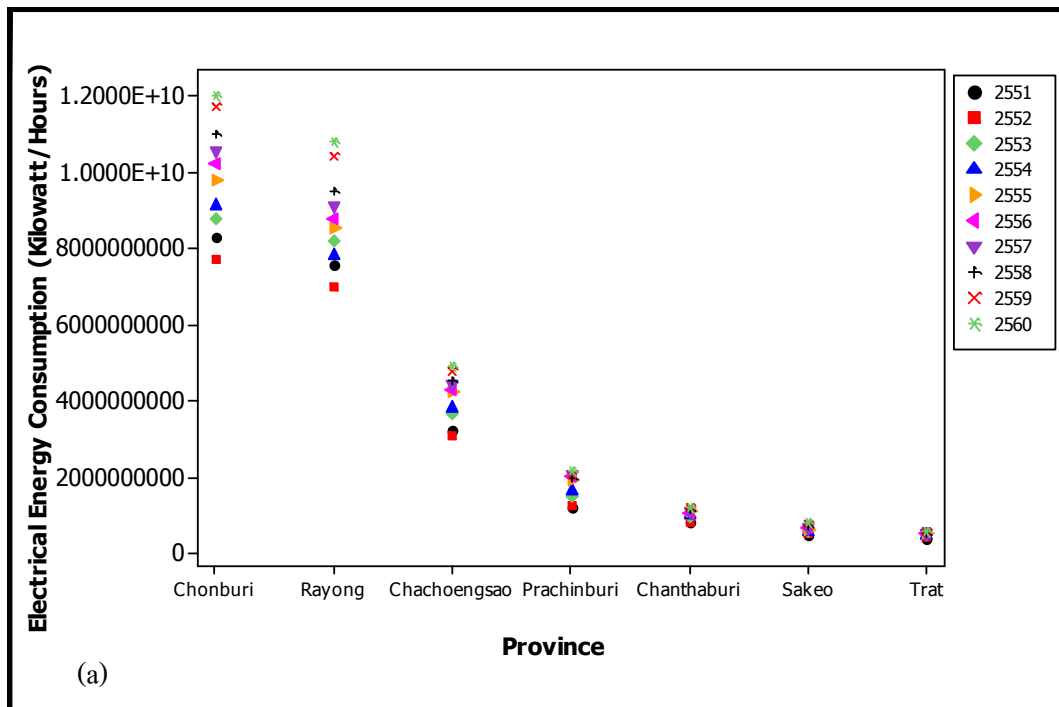
กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 3,137,481,782 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

ตารางที่ 2 สถิติเชิงพรรณนาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตามปี
(หน่วย: กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

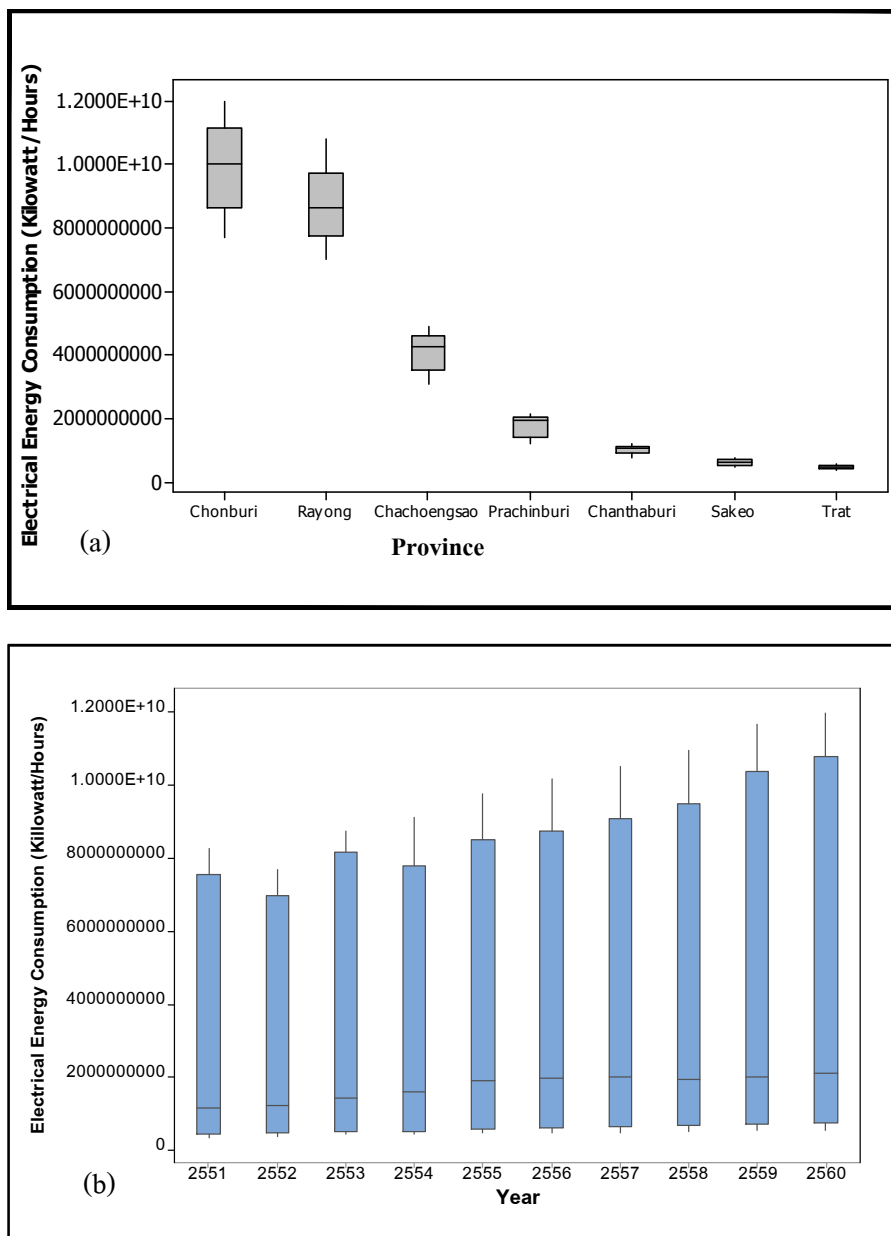
ปี พ.ศ.	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2551	3,116,955,663	3,428,551,801
2552	2,952,289,191	3,137,481,782
2553	3,416,192,394	3,621,815,438
2554	3,464,037,664	3,614,924,450
2555	3,793,708,443	3,888,002,425
2556	3,906,359,737	4,040,372,460
2557	4,039,754,206	4,184,948,036
2558	4,182,920,482	4,377,453,312
2559	4,472,739,333	4,722,541,782
2560	4,615,911,313	4,863,749,248

ผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยแผนภาพการกระจายแยกตามจังหวัด ดังรูปที่ 1 (a) พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกมีปริมาณลดลงในปี พ.ศ. 2552 หลังจากนั้นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2560 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าชลบุรี เป็นจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในภาคตะวันออก รองลงมาคือ จังหวัดระยอง และผล การศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยแผนภาพการกระจายแยกตามปีดังรูปที่ 1 (b) พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกมีปริมาณลดลงหลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2553 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

ผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยแผนภาพกล่องแยกตามจังหวัดดังรูปที่ 2 (a) พบว่าจังหวัดชลบุรีมีการกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดระยอง สำหรับการกระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ จังหวัดตราด และผลการศึกษาปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยแผนภาพกล่องแยกตามปีดังรูปที่ 2 (b) พบว่าในปี พ.ศ. 2560 มีค่าเฉลี่ยและการ กระจายของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด รองลงมาคือ ปี พ.ศ. 2559 สำหรับค่าเฉลี่ยและการกระจายของ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2552



รูปที่ 1 แผนภาพการกระจายปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตาม
(a) จังหวัด และ (b) ปี



รูปที่ 2 แผนภาพกล่องปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตาม (a) จังหวัด และ (b) ปี

3.2 ผลการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออก

ผลการพิจารณาวิเคราะห์ทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตามจังหวัดด้วยการคำนวณระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างจังหวัดในภาคตะวันออกด้วยการวิเคราะห์ทางแบบเพียร์สันจากสมการที่ (1) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าจังหวัดที่มีระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกั น้อยที่สุดคือ จังหวัดสระแก้วกับจังหวัดตราดจึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเป็นลำดับแรก ส่วนจังหวัดที่มีระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกั นมากที่สุด คือจังหวัดชลบุรีกับจังหวัดปราจีนบุรีจึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเป็นลำดับสุดท้าย

ตารางที่ 3 ระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยการวัดระยะทางแบบเพียร์สัน

จังหวัดที่ i	จังหวัดที่ k	ระยะทาง (d_{ik})
สระแก้ว	ตราด	0.0121
ชลบุรี	ฉะเชิงเทรา	0.0147
จันทบุรี	สระแก้ว	0.0315
ชลบุรี	ระยอง	0.0424
ชลบุรี	จันทบุรี	0.0622
ชลบุรี	ปราจีนบุรี	0.0998

ผลการพิจารณาวัดระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแยกตามปีด้วยการคำนวณระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างปีด้วยการวัดระยะทางแบบเพียร์สันจากสมการที่ (1) แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าปีที่มีระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกั น้อยที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2556 กับปี พ.ศ. 2557 จึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเป็นลำดับแรก ส่วนปีที่มีระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่างกั นมากที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2551 กับปี พ.ศ. 2554 จึงถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันเป็นลำดับสุดท้าย

ตารางที่ 4 ระยะทางของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยการวัดระยะทางแบบเพียร์สัน

ปี พ.ศ. ที่ i	ปี พ.ศ. ที่ k	ระยะทาง (d_{ik})
2556	2557	0.0000228
2551	2552	0.0000442
2559	2560	0.0000496
2554	2558	0.0000711
2555	2556	0.0000711
2554	2555	0.0003410
2551	2553	0.0003994
2551	2559	0.0007933
2551	2554	0.0055337

ผลการแบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยแผนภาพเดนไดรแกรมแยกตามจังหวัด ดังรูปที่ 3 (a) พบว่าสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 4 – 9 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
- กลุ่มที่ 2 กลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลางได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรีกลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1.7 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

- กลุ่มที่ 3 กลุ่มจังหวัดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดสระแก้ว และจังหวัดตราด กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 0.4 – 1 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

และผลการแบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกด้วยแผนภาพเดนไดรแกรมแยกตามปี ดังรูปที่ 3 (b) พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มปีที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากได้แก่ ปี พ.ศ. 2559 และปี พ.ศ. 2560 กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 4.4 – 4.6 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

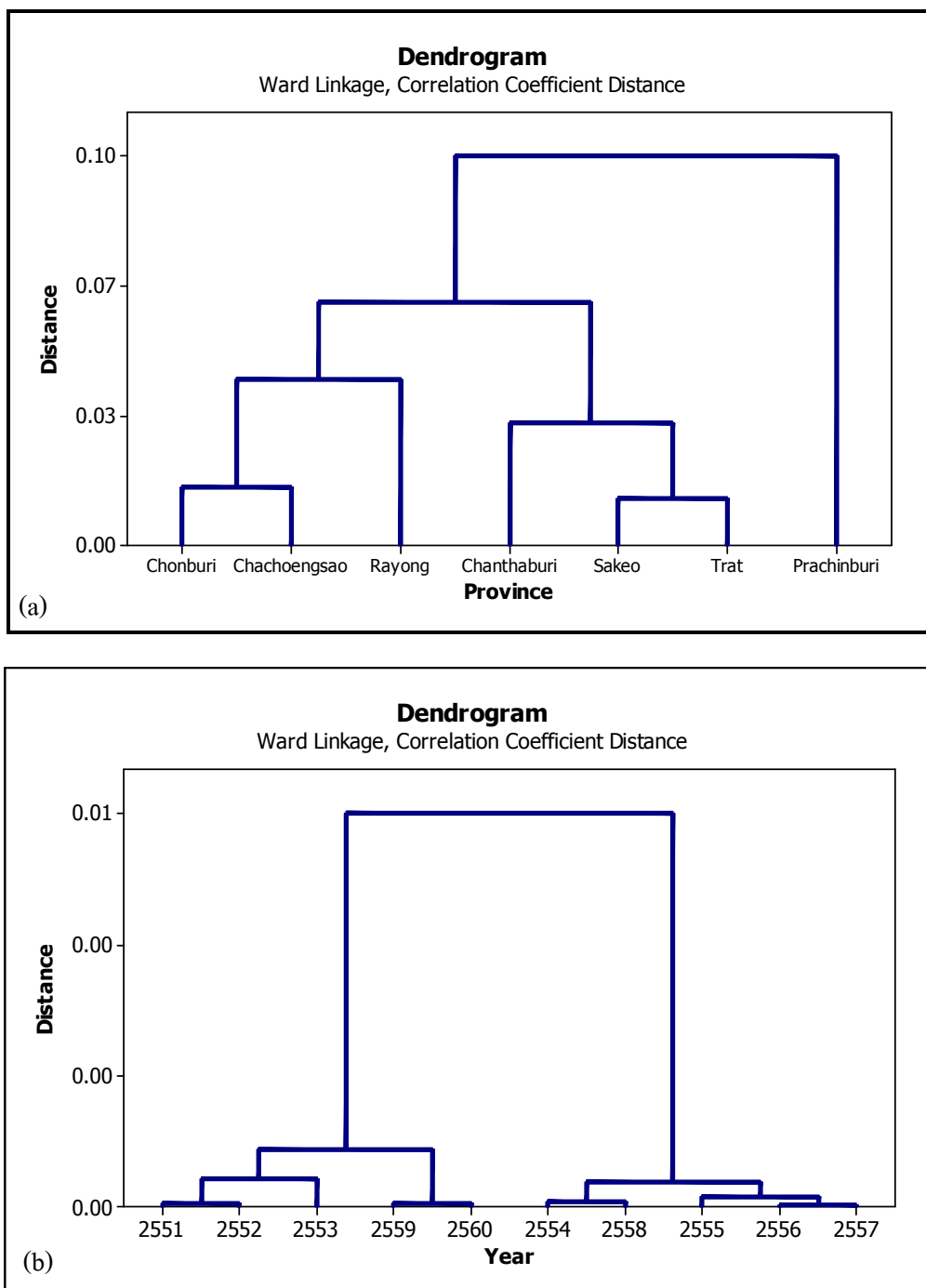
- กลุ่มที่ 2 กลุ่มปีที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลางได้แก่ ปี พ.ศ. 2554 ถึงปี พ.ศ. 2558 กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 3.5 – 4.1 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

- กลุ่มที่ 3 กลุ่มปีที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยได้แก่ ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2553 กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2.9 – 3.4 พันล้านกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง

4. วิจัยนผลกรวิจัย

จากการศึกษาลักษณะทั่วไปของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2560 พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกมีปริมาณลดลง ในปี พ.ศ. 2552 หลังจากนั้นจะค่อย ๆ มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2554 จนถึงปี พ.ศ. 2558 และมีปริมาณสูงมากในช่วงปี พ.ศ. 2559 จนถึงปี พ.ศ. 2560 ซึ่งในการศึกษารั้งนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุกฤต ปานขลิบ [14] ที่กล่าวว่าประเทศไทยจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2558 และงานวิจัยของ หทัยชนก พรหมฝ่าย และวิภาดา ฝะอบทอง [15] กล่าวว่าประเทศไทยจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากในปี พ.ศ. 2560 โดยจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากมี 2 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยองอาจเป็นเพราะทั้ง 2 จังหวัดนี้เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จำนวนมากอีกทั้งยังมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นจึงส่งผลให้ทั้ง 2 จังหวัดนี้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี [2]

เมื่อทำการแบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มแยกตามจังหวัดพบว่าสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก มีทั้งหมด 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา ทุกจังหวัดในกลุ่มนี้เป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติจำนวนมากและมีเส้นทางคมนาคมที่สะดวกซึ่งทำให้ประชาชนจากทุกภูมิภาคหลั่งไหลเข้ามาท่องเที่ยวจึงส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตามสถานที่ท่องเที่ยวตลอดจนสถานที่พักมากในแต่ละปี [2] กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลางคือ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งเป็นเมืองรองทางด้านเศรษฐกิจในภาคตะวันออกแต่นิคมอุตสาหกรรมจำนวน [16] ซึ่งเป็นเหตุผลของการใช้ไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมีทั้งหมด 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดสระแก้ว และจังหวัดตราด ทุกจังหวัดในกลุ่มนี้ไม่ได้อยู่ในแหล่งอุตสาหกรรมจึงมีนิคม



รูปที่ 3 แผนภาพเดนโดแกรมปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาคตะวันออกแยกตาม (a) จังหวัด และ (b) ปี

อุตสาหกรรมค่อนข้างน้อยอีกทั้งประชากรที่อาศัยอยู่ในกลุ่มนี้มีจำนวนไม่มากทำให้กลุ่มนี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย

นอกจากนี้เมื่อทำการแบ่งกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มแยกตามปีพบว่าสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากเป็นช่วงเวลาดังแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึงปี พ.ศ. 2560 เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมในช่วงปีดังกล่าวจึงมี

ประชากรเข้ามาทำงานในภาคตะวันออกเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้มีประชากรอาศัยอยู่ค่อนข้างหนาแน่น [17] ส่งผลให้ช่วงเวลา 2 ปีที่ผ่านมามีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นู โสวันดารา และคณะ [18] ที่กล่าวว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น กลุ่มที่ 2 กลุ่มช่วงเวลาที่มียปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลางเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2558 เนื่องจากปี พ.ศ. 2554 เกิดอุทกภัยขึ้น จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตของที่พักอาศัยในภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ช่วงเวลา 5 ปีที่ผ่านมาการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง และกลุ่มที่ 3 กลุ่มช่วงเวลาที่มียปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2553 เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยประสบกับปัญหาทางด้านเศรษฐกิจทั้งภาคอุตสาหกรรมและการเกษตรที่มีการชะลอตัว จึงส่งผลให้ในช่วง 3 ปีดังกล่าวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย [19] โดยงานวิจัยครั้งนี้จะมีประโยชน์ในการใช้วางแผนป้องกันไม่ให้เกิดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้ามากและการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิทิตา คำผล [20] ที่มีการวิเคราะห์กระแสไฟฟ้าขัดข้องในประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มที่เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนระบบไฟฟ้าส่วนภูมิภาคได้เช่นกัน

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยตามจังหวัดสามารถจัดได้ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ได้แก่ จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลาง คือจังหวัดปราจีนบุรี และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มจังหวัดที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดสระแก้ว และจังหวัดตราด และนอกจากนี้เมื่อจัดกลุ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคตะวันออกของประเทศไทยตามช่วงเวลาสามารถจัดได้ 3 กลุ่มเช่นเดียวกันประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามากได้แก่ ช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2560 กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปานกลางได้แก่ ช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2558 และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ได้แก่ ช่วงเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2551 ถึง พ.ศ. 2553

ผลงานวิจัยนี้อาจนำไปใช้ศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของจังหวัดในภาคตะวันออกของประเทศไทยที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา รวมถึงการสร้างมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้ามากและสิ้นเปลือง อีกทั้งยังสามารถนำผลการวิจัยในการวางแผนสำหรับดำเนินการแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุดมากยิ่งขึ้นผู้วิจัยและคณะหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการบริหารจัดการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด และช่วยลดผลกระทบที่จะมีต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีหลายปีมากขึ้นเพื่อทำให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น และในการวิเคราะห์ครั้งต่อไปควรเพิ่มการศึกษาโดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis) หรือ สถิติอื่น ๆ เข้ามาสนับสนุนเพื่อให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ลิขิต ชีรเวทิน, “การปรับตัวของประเทศไทยในยุคโลกาภิวัตน์ เอเชียรุ่งโรจน์ และประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน,” วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 38, ฉบับที่ 2, 2556, หน้า 23-49.
- [2] สำนักยุทธศาสตร์ และการวางแผนพัฒนาพื้นที่ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, รายงานความก้าวหน้าการพัฒาพื้นที่บริเวณชายฝั่งบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก [Online], Available: http://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6293&filename=esdps [10 มกราคม 2562].
- [3] ศูนย์พัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ, จังหวัดชลบุรี [Online], Available: <http://ecocenter.diw.go.th/index.php/chon-buri-3> [26 กุมภาพันธ์ 2563].
- [4] องค์การพลังงานระหว่างประเทศ, บทวิเคราะห์สำหรับประเทศภาคี-การประเมินความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศไทย 2559 [Online], Available: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Partner_Country_Series_Thailand_Electricity_Security_2016_Exe/cutive_Summary_Thai.pdf [7 มกราคม 2562].
- [5] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน, แหล่งเชื้อเพลิงและแหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า [Online], Available: <http://www.touchtechdesign.com/eppo/> [10 มกราคม 2562].
- [6] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, พลังงานและสิ่งแวดล้อม [Online], Available: http://aookaui.fireexit.com.th/MJUnew/pro_detail/7/Energy&Environment%20RE100.pdf [9 มกราคม 2562].
- [7] ชลวิทย์ เพ็ชรผาสุข, “การจัดการพลังงานไฟฟ้าในอาคารแบบบูรณาการ: กรณีศึกษาอาคารกรมการกงสุล,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2554.
- [8] บุญญารัตน์ แสงปิยะ จันทนา จันทโร และ ไชยะ แซ่มซ้อย, “ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม,” วารสารวิจัยพลังงาน, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, 2554, หน้า 20-34.
- [9] ปรียานาจ สิงห์โต และ อาจารย์ แนนเนียน, “พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของนักศึกษาในหอพักมหาวิทยาลัยศิลปากรวิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี,” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการธุรกิจ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2555.
- [10] อุไร จุสวดี, “พฤติกรรมมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานในครัวเรือนของเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลชลบุรี,” วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2549.

- [11] ณัฐภาส รัศมีมานนท์ และ สุภาวดี รัตนมาศ, “การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงแรมพักตากอากาศริมทะเลจังหวัดชลบุรี,” วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, ปีที่ 12, ฉบับที่ 1, 2558, หน้า 59-78.
- [12] สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, สถิติผู้ใช้ไฟฟ้า และการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า จำแนกตามประเภทผู้ใช้ พ.ศ. 2549-2558 [Online], Available: <http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries18.html> [7 มกราคม 2562].
- [13] กิดาการ สายธนู, การวิเคราะห์หลายตัวแปร, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี, 2555.
- [14] รุกกฤต ปานขลิบ, “การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย โดยวิธีการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณและโครงข่ายประสาทเทียม,” วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์, ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, 2556, หน้า 58-67.
- [15] หทัยชนก พรหมฝ่าย และ วิภาดา ฝะอบทอง, “การวิเคราะห์แนวโน้มการผลิต และการจำหน่ายไฟฟ้า,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2560.
- [16] ศูนย์พัฒนาเมืองอุตสาหกรรมเชิงนิเวศ, จังหวัดปราจีนบุรี [Online], Available: form <http://ecocenter.diw.go.th/index.php/prachin-buri-3> [26 กุมภาพันธ์ 2563].
- [17] องค์การพลังงานระหว่างประเทศ, บทวิเคราะห์สำหรับประเทศภาคี-การประเมินความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศไทยประจำปี 2559 [Online], Available: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ Partner_Country_Series_Thailand_Electricity_Security_2016_Executive_Summary_Thai. pdf [13 มกราคม 2562].
- [18] นู โสวันดารา อภิชาติ เทอดโยธิน และ บัณฑิต ลิ้มมีโชคชัย, “การวิเคราะห์และพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในภาคครัวเรือน กรณีศึกษาเมืองพนมเปญ ประเทศกัมพูชา,” วารสารวิจัยและพัฒนา มจร, ปีที่ 28, ฉบับที่ 2, 2548, หน้า 127-140.
- [19] ธนาคารแห่งประเทศไทย, รายงานภาวะเศรษฐกิจไทยรายปี [Online], Available: <https://www.bot.or.th/Thai/Thai/MonetaryPolicy/EconomicConditions/AnnualReport/Pages/default.aspx> [10 มกราคม 2562].
- [20] วิทิตา คำผล, “การพยากรณ์กระแสไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลกรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 3 ภาคกลาง,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.