

การพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย

อรวรรณ สืบเสน^{1*} และ ชีรรัตน์ ไม้แก้ว²

Received: 21 February 2025; Revised: 31 May 2025; Accepted: 19 June 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ และเพื่อพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ในไตรมาสที่ 1 ปี จนถึงไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2566 เทคนิคที่ใช้พยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย คือ วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของโฮลต์ วิธีการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยอย่างง่าย และวิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ ซึ่งข้อมูลที่ศึกษาเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายไตรมาส ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 - ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 84 ข้อมูล แบ่งข้อมูลเป็นสองชุด ชุดที่ 1 ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 - ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2564 จำนวน 80 ข้อมูล ชุดที่ 2 ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 - ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 4 ข้อมูล สำหรับเปรียบเทียบความแม่นยำของวิธีพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ผลการวิจัย พบว่า วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ มีค่าเฉลี่ย MAPE = 0.26 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การพยากรณ์มีความถูกต้องสูง วิธีทำให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์เป็นตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย MAPE น้อยกว่าวิธีทำให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของโฮลต์และวิธีวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยอย่างง่าย โดยมีตัวแบบ คือ $\hat{Y} = 120,814,584 - 68,468.1(m)$ เมื่อ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า โดยมีค่าเริ่มต้น คือ ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2566; $m=1$ ในการพยากรณ์จะได้ค่าพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยล่วงหน้าดังนี้ 102,472,244, 120,403,775, 120,335,307, 120,266,839 คน การพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยล่วงหน้า แสดงให้เห็นว่าจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยมีแนวโน้มที่ลดลง

คำสำคัญ: การพยากรณ์, ผู้ใช้, โทรศัพท์เคลื่อนที่, ประเทศไทย

* E-mail Address (Corresponding Author): orawan.sue@sru.ac.th

^{1,2}สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

Forecasting the number of mobile phone users in Thailand

Orawan Suebsen^{1*} and Thirarat Maikaew²

Received: 21 February 2025; Revised: 31 May 2025; Accepted: 19 June 2025

Abstract

The purpose of this study was to create a predictive model. Compare models for forecasting the number of mobile phone users in Thailand. and to forecast the number of mobile phone users in the 1st quarter of 2023–4th quarter of 2023. The technique used to forecast the number of mobile phone users in Thailand is the exponential smoothing method. Holt's exponential smoothing methods, simple regression analysis, and Brown's exponential smoothing method, which the data studied are serial data. quarterly time from the 1st quarter of 2002 to the 4th quarter of 2022 from the data.go.th website, 84 data points, divided into two sets. Set 1 from the 1st quarter of 2002—2002 quarter. 4th year 2021, 80 data sets, 2nd set from 1st quarter 2022 to 4th quarter 2022, 4 data sets for comparing the accuracy of forecasting methods using the percentage of accuracy criteria. Expected average absolute movement The analysis results found that Brown's exponential smoothing method has a MAPE=0.26, which is less than 10%, therefore falling within the criteria for high accuracy in forecasting. Brown's exponential smoothing method is a suitable model for forecasting, which has a lower mean absolute percentage error (MAPE) than Holt's exponential smoothing method and the simple regression analysis method. The model is where m represents the number of periods to be forecasted forward. The default value was the 1st quarter of 2023; $m=1$ in forecasting the number of mobile phone subscribers in Thailand. The forecast values will be as follows: 120,472,244, 120,403,775, 120,335,307, and 120,266,839 people. We were forecasting the number of mobile phone users in Thailand in advance. It shows that the number of mobile phone users in Thailand tends to decrease.

Keywords: Forecasting, users, mobile phone, Thailand

* E-mail Address (Corresponding Author): orawan.sue@sru.ac.th

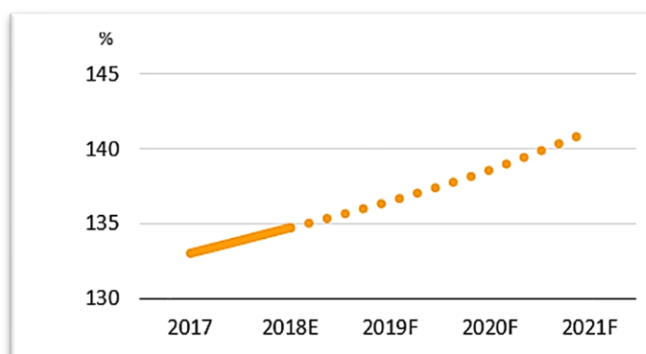
^{1,2} Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Surattani Rajabhat University

1. บทนำ

ในปัจจุบันโทรศัพท์เคลื่อนที่ นอกจากจะเป็นปัจจัยพื้นฐานของการติดต่อสื่อสารแล้วยังสามารถทำงานอื่น ๆ ได้อย่างหลากหลาย เช่น ถ่ายภาพ ถ่ายวิดีโอ ดูภาพยนตร์ ฟังเพลง ส่งข้อความอักษร (SMS) ส่งข้อความรูปภาพ (MMS) ข้อความเสียง ส่งอีเมล โหลดเพลง โหลดภาพ รับ-ส่ง-ถ่ายคลิปวิดีโอ โปรแกรมสนทนาออนไลน์ หรือแม้กระทั่งใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการงานต่าง ๆ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ การเงิน หรือสาธารณสุข โโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรุ่นสามารถทำงานแทนคอมพิวเตอร์ได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งปัจจุบันได้เรียกกันว่าสมาร์ทโฟน (Smart phone) หรือ (Smart Mobil) อีกทั้งยังมีคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ อีกมากมาย ด้วยความสะดวกสบายที่ช่วยให้เราสามารถติดต่อใคร่ผู้อื่นได้ทันที ทุกเวลา อินเทอร์เน็ตมีบทบาทและมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมาก เพราะทำให้วิถีชีวิตทันสมัยและทันเหตุการณ์อยู่เสมอ เนื่องจากอินเทอร์เน็ตจะมีการเสนอข้อมูลข่าวสารปัจจุบันและสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ผู้ใช้ทราบ เปลี่ยนแปลงไปทุกวัน สารสนเทศที่เสนอในอินเทอร์เน็ตจะมีมากมายหลายรูปแบบเพื่อสนองความสนใจและความต้องการของผู้ใช้ทุกกลุ่ม อินเทอร์เน็ตจึงเป็นแหล่งสารสนเทศสำคัญสำหรับทุกคนเพราะสามารถค้นหาสิ่งที่ตนสนใจได้ในทันที โดยไม่ต้องเสียเวลาเดินทางไปค้นคว้าในห้องสมุด หรือแม้แต่การรับรู้ข่าวสารทั่วโลกก็สามารถอ่านได้ในอินเทอร์เน็ตจากเว็บไซต์ต่าง ๆ ของหนังสือพิมพ์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและจากผลการสำรวจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของครัวเรือนไทย ของหน่วยงานสถิติแห่งชาติ พบว่าการใช้โทรศัพท์มือถือของคนไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2560) นอกจากนี้โทรศัพท์มือถือยังสามารถทำกิจกรรมอื่น ๆ คือการท่องโลกอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ

จะเห็นได้ว่าปัจจุบันระบบติดต่อสื่อสารมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเราเป็นอย่างมากและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อต้องการตอบสนองผู้บริโภคที่มีอยู่ไม่จำกัด โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากโทรศัพท์มือถือนั้นมีความสามารถในการช่วยให้ติดต่อสื่อสารถึงกันได้สะดวกในทุกที่ที่มีสัญญาณโทรศัพท์มือถือ ซึ่งในปัจจุบันเองสัญญาณนั้นเข้าถึงเกือบทุกพื้นที่ในประเทศจึงทำให้โทรศัพท์มือถือมีการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2565) เผยผลการสำรวจการใช้ ICT ของประชาชนในประเทศไทยปี 2565 (ไตรมาส 1) พบว่า คนไทยมีแนวโน้มการใช้โทรศัพท์มือถือเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และประชาชนส่วนใหญ่มีโทรศัพท์สมาร์ทโฟนใช้กันเกือบหมดจากการสำรวจครัวเรือนประมาณ 24.7 ล้านครัวเรือน พบว่ามีโทรศัพท์มือถือ 23.9 ล้านครัวเรือน คิดเป็น 96.6% ผลการสำรวจประชาชนอายุ 6 ปีขึ้นไป ประมาณ 65.4 ล้านคน พบว่าผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ 62.3 ล้านคน คิดเป็น 95.2% และผู้มีโทรศัพท์มือถือ 57.5 ล้านคน คิดเป็น 87.9% แบ่งเป็นโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน 94.1% และโทรศัพท์มือถือระดับกลาง (Feature phone) 6% ขณะที่จำนวนประชากรของประเทศไทย เท่ากับ 68.05 ล้านคน นั้นหมายความว่าจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่เปรียบเทียบกับจำนวนประชากรนั้นอยู่ที่ 133% ของประชากรทั้งหมด ประเทศไทยจะมีความต้องการใช้งานคลื่นความถี่สำหรับบริการโทรศัพท์แบบเคลื่อนที่อย่างมากในอนาคต เพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของผู้ใช้บริการที่เริ่มหันมาใช้บริการข้อมูลมากขึ้น และตลาดผู้ใช้บริการ 2G จะน้อยลงในขณะที่ผู้ใช้บริการ 3G/4G จะมีมากขึ้น ธุรกิจบริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ช่วงปี 2562-2564 มีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง ทั้งนี้ วิจัยกรุงศรีคาดว่าจะรายได้ค่าบริการจะเติบโตเฉลี่ย 4-5% ต่อปี ปัจจัยหนุนจากความนิยมใช้งานอินเทอร์เน็ตบนโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน ส่งผลให้รายได้จากบริการประเภทข้อมูลมีบทบาทหลักแทนรายได้จากบริการเสียง โดยบริษัทอิริคสัน ประเมินจำนวนสมาร์ทโฟนในไทยจะเพิ่มขึ้นเกิน 100 ล้านเครื่องในปี 2563 จาก 65 ล้านเครื่องปี 2560 ทำให้ผู้ใช้บริการมีแนวโน้มนำเสนอแพ็คเกจที่ผสมผสานทั้งการโทรและการใช้งานอินเทอร์เน็ต เพื่อขยายฐานลูกค้าระบบรายเดือน ที่มีแนวโน้มการใช้จ่ายต่อเลขหมายสูงกว่าระบบเติมเงิน ซึ่งจะช่วยหนุนให้รายรับเฉลี่ยต่อเลขหมายปรับเพิ่มขึ้น หลังจากผู้ประกอบการเร่งขยายโครงข่ายบริการ 3G/4G ให้ครอบคลุมประชากรในพื้นที่ห่างไกล ทำให้ประสิทธิภาพและความเร็วเฉลี่ยของเครือข่ายโมบายล์บรอดแบนด์ปรับตัวขึ้น จึงช่วยกระตุ้นการใช้งานอินเทอร์เน็ตบนมือถือและรองรับความต้องการใช้งานของผู้ใช้บริการในพื้นที่

ใหม่ ๆ โดยเฉพาะผู้บริโภคนในต่างจังหวัดที่มีกำลังซื้อ โดย EIU ประเมินว่าประเทศไทยจะมีอัตราการเข้าถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นจาก 133.0 เลขหมายต่อประชากร 100 คนในปี 2560 เป็น 141.2 เลขหมายในปี 2564



รูปภาพที่ 1 อัตราการเข้าถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ในปีพ.ศ. 2560 - 2564

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2565

จากรูปภาพที่ 1 ประเทศไทยจะมีอัตราการเข้าถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่เพิ่มขึ้นจาก 133.0 เลขหมายต่อประชากร 100 คนในปี 2560 เป็น 141.2 เลขหมายในปี 2564 ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ปี 2560-2564 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าธุรกิจบริการระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง โดยคาดว่าจะรายได้จากการให้บริการจะเติบโตที่ระดับ 4-5% ต่อปี จากปัจจัยหนุน อาทิ การเติบโตของเศรษฐกิจช่วยหนุนการบริโภคพื้นตัว จำนวนผู้ใช้งานที่จะเพิ่มขึ้นตามการขยายโครงข่ายสัญญาณที่ครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ รวมทั้งความต้องการใช้งานประเภทข้อมูลที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงจุดอิมพัลส์ของการขยายตลาดของผู้ให้บริการรายใหม่ ทำให้ผู้ให้บริการของแต่ละค่ายแข่งขันกันอย่างรุนแรง ในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมเพื่อรักษาลูกค้าเดิมและหาลูกค้าใหม่ด้วยการออกกลยุทธ์ทางการตลาดต่าง ๆ เพื่อดึงความสนใจของลูกค้า (Nattapon Muangtum, 2565; Poonsuk Ninkitsaranont, 2562)

ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ให้มีความสามารถในการให้บริการแก่ผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้นในอนาคตอย่างเพียงพอ โดยผลที่ได้จากการวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการพยากรณ์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย
2. เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบ 3 วิธี คือ วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์ วิธีการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายและวิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของบราวน์
3. เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ในไตรมาสที่ 1 - 4 ในปี พ.ศ. 2566

2. การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการพยากรณ์เชิงสถิติ

2.1.1 ความหมายของการพยากรณ์

การพยากรณ์ (Forecasting) หมายถึง การทำนาย การคาดการณ์การประมาณค่าในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตที่มีพื้นฐานองค์ประกอบสถานการณ์เดียวกัน การพยากรณ์เป็นส่วนสำคัญของวางแผนงานที่จะทำ ไม่ว่าจะเป็นงานภาครัฐหรือเอกชน ผู้พยากรณ์จะต้องอาศัยประสบการณ์หรือทฤษฎี หลักเกณฑ์เพื่อสนับสนุนการพยากรณ์ด้วยเหตุนี้จึงมีคนกล่าวว่า การพยากรณ์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์สำหรับเทคนิค วิธีการพยากรณ์มีมากมายหลายวิธี ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 เทคนิคใหญ่ ๆ ได้คือ

1) เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้ความชำนาญ (Judgmental Techniques) เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยประสบการณ์ความคิดเห็น และการตัดสินใจของผู้พยากรณ์ที่ชำนาญประสบการณ์โดยไม่มีทฤษฎีหรือหลักเกณฑ์สนับสนุน ลักษณะการพยากรณ์ไม่มีรูปแบบแน่นอน (Informal) เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้ความชำนาญ เช่น วิธี Delphi หรือวิธี Scenario projection

2) เทคนิคการพยากรณ์โดยใช้หลักสถิติ (Statistical Techniques) เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ทฤษฎีและหลักการทางสถิติ ดังนั้นเทคนิคการพยากรณ์โดยใช้หลักสถิติจึงต้องใช้ข้อมูลในอดีต (Past Data) และรูปแบบของข้อมูลในอนาคตคล้ายกับรูปแบบของข้อมูลในอดีต (ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์, 2556)

2.1.2 อนุกรมเวลา

การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นวิธีการวิเคราะห์สถิติที่แตกต่างจากการวิเคราะห์สถิติอื่น ๆ กล่าวคือการวิเคราะห์สถิติอื่น ๆ จะมีข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ที่สำคัญคือตัวอย่างที่ได้จะเป็นอย่างสุ่ม (Random Sampling) นั้นแสดงว่าข้อมูลหรือค่าสังเกตจะต้องเป็นอิสระ (Independent) ต่อกัน สำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาข้อมูลหรือค่าสังเกตได้จะไม่เป็นอิสระกัน

อนุกรมเวลา (Time Series) หมายถึงค่าข้อมูลหรือค่าสังเกตที่เก็บรวบรวมตามลำดับเวลาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาที่เก็บรวบรวมข้อมูลอาจห่างเท่ากันหรือไม่ก็ได้ ส่วนใหญ่ช่วงเวลาจะห่างเท่ากัน แต่ถ้าช่วงเวลาห่างไม่เท่ากันอาจเกิดปัญหาในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาได้ อนุกรมเวลาจะมีลักษณะเด่นที่แตกต่างจากข้อมูลอื่น ๆ คือ อนุกรมเวลาเป็นข้อมูลที่ไม่อิสระกัน อนุกรมเวลาแบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. อนุกรมเวลาชนิดต่อเนื่อง หมายถึงอนุกรมเวลามีค่าต่อเนื่อง (อย่าลืมว่าอนุกรมเวลาคือค่าข้อมูลหรือค่าสังเกต) อนุกรมเวลาชนิดต่อเนื่องคือ ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่องตัวอย่างเช่น อุณหภูมิของอากาศ
2. อนุกรมเวลาชนิดไม่ต่อเนื่อง หมายถึงอนุกรมเวลาที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง ค่าอนุกรมเวลาจะเป็นจุด เช่น ยอดจำหน่ายสินค้าในแต่ละวันหน่วยเป็นชิ้น

2.1.3 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา (Component of Time Series) ซึ่งอาจเป็นการยากที่จะหาส่วนประกอบที่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอนุกรมเวลา ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบบางอย่างเกิดเนื่องมาจากธรรมชาติ หรือสภาพเศรษฐกิจและสังคมส่วนประกอบเหล่านี้ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระยะสั้นหรือระยะยาวของอนุกรมเวลา ส่วนประกอบพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของอนุกรมเวลา ได้แก่ แนวโน้ม ความผันแปรตามฤดูกาล ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรจากความไม่สม่ำเสมอ

1. แนวโน้ม (Trend: T) เป็นผลเนื่องจากการเพิ่มขึ้นหรือหดยุติหนึ่ง หรือการลดลงของข้อมูลในช่วงเวลาที่ยาวนาน ความยาวนานของช่วงเวลาที่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่ากี่ปี แต่อย่างน้อยไม่ควรต่ำกว่า 10 ช่วงเวลา แนวโน้มเป็นการวัดค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่าค่าแนวโน้ม แนวโน้มมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป กล่าวคือเป็นการเคลื่อนไหวตลอดเวลา (Secular Movement) ซึ่งบางครั้งสามารถอธิบายได้จากเส้นตรงหรือเส้นโค้ง ลักษณะเด่นของเส้นแนวโน้มคือจะต้องเรียบไม่มีการหักมุม ณ ที่ใด ๆ ของเส้น

2. ความผันแปรตามฤดูกาล (Seasonal Variation : S) ในที่นี้หมายถึงการเปลี่ยนแปลงในช่วงคาบเวลา ซึ่งจังหวะการเปลี่ยนแปลงจะมีรูปแบบซ้ำเดิมในช่วงเวลาภายใน 1 ปี หรือน้อยกว่า ความผันแปรตามฤดูกาลเป็นเครื่องมือชี้ให้เห็นความเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาซึ่งอาจเป็นวัน สัปดาห์ เดือน หรือถ้าเป็น 1 ปี จะเป็นช่วงเวลาที่มากที่สุดของคำว่า “ฤดูกาล” สาเหตุที่ทำให้มีความผันแปรตามฤดูกาล คือ สภาพภูมิอากาศ วัฒนธรรม สภาพสังคม หรือเทศกาลต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศมีผลต่อจำนวนนักท่องเที่ยว หรือเทศกาลปีใหม่จะทำให้ธุรกิจการขายของขวัญหรือการ์ดปีใหม่ขยายตัว

3. ความผันแปรตามวัฏจักร (Cyclical Variation : C) เป็นการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีลักษณะขึ้นลงของการเคลื่อนที่ซ้ำ คล้ายความผันแปรตามฤดูกาลต่างกันที่ช่วงเวลาการเคลื่อนที่ขึ้นลงซ้ำกัน จะมีระยะยาวนานกว่า 1

ปี การศึกษาเหตุผลที่ทำให้เกิดความผันแปรตามวัฏจักรเป็นเรื่องยุ่งยาก มีทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์มากมายที่พยายามอธิบายความผันแปรตามวัฏจักร แต่ยังไม่สามารถสรุปรูปแบบความผันแปรตามวัฏจักรที่แน่นอนได้ จึงทำให้ไม่สามารถทำนายเหตุการณ์ได้แน่นอน นอกจากผู้ทำนายมีความชำนาญในธุรกิจนั้น และสังเกตเป็นรูปแบบวัฏจักรของธุรกิจ

4. ความผันแปรเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอ (Irregular Variation: I) เป็นการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดการณ์ หรือไม่มีรูปแบบการเกิดที่แน่นอน เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ เช่น การเกิดสงคราม การนัดหยุดงาน

2.1.4 ลักษณะข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา

จากความหมายอนุกรมเวลา จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์อนุกรมเวลาต้องเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานานพอสมควร และข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ ต้องมีความสัมพันธ์กับเวลา กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลมีสาเหตุมาจากเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ต้องการศึกษารายการจำนวนลูกค้าธนาคารแต่ละเดือน จากข้อมูลที่ทางธนาคารเก็บรวบรวมไว้ได้พบว่าเดือนกุมภาพันธ์จำนวนลูกค้าที่ไปติดต่อกับธนาคาร จะมีจำนวนน้อยกว่าเดือนมีนาคมทุกปี ลักษณะข้อมูลที่เกิดขึ้นธนาคารจะสรุปว่าเดือนมีนาคมมีจำนวนลูกค้ามากกว่าเดือนกุมภาพันธ์ยังไม่ได้ ทั้งนี้เพราะเดือนกุมภาพันธ์มี 28 วัน ส่วนเดือนมีนาคมมี 31 วัน จึงทำให้วันทำการของธนาคารเดือนกุมภาพันธ์น้อยกว่าเดือนมีนาคม ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้จำนวนลูกค้าธนาคารในเดือนกุมภาพันธ์มีน้อยกว่าเดือนมีนาคม สาเหตุลักษณะนี้ไม่ใช่เนื่องจากความผันแปรตามฤดูกาลที่เป็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลา แต่เป็นสาเหตุจากระยะเวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลไม่เท่ากัน ดังนั้นข้อมูลที่จะเก็บรวบรวมเพื่อทำการวิเคราะห์อนุกรมเวลาจะต้องคำนึงถึงช่วงระยะเวลาที่ใช้ว่าเท่ากันหรือไม่ แต่ถ้าใช้ระยะเวลาเก็บรวบรวมข้อมูลมีหน่วยเป็นสัปดาห์ ไตรมาส หรือปี ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้แทบจะไม่ถูกกระทบกระเทือนจากช่วงระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน เพราะ 1 สัปดาห์มี 7 วันเท่านั้น หรือ 1 ปีมี 365 วันเท่ากัน ส่วนข้อมูลที่เก็บเป็นเดือนมักจะถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากช่วงระยะเวลาที่ไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้ก่อนทำการวิเคราะห์อนุกรมเวลา จะต้องพิจารณาข้อมูลที่จะเก็บรวบรวมมาได้ก่อนว่าระยะที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเท่ากันหรือไม่ และข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ถูกกระทบกระเทือนเนื่องจากช่วงระยะเวลาที่ไม่เท่ากันหรือไม่ เพื่อจะได้ทำการปรับแก้ข้อมูลก่อนการวิเคราะห์อนุกรมเวลา นอกจากนี้ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงราคา ถ้าข้อมูลที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับราคา ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลมาศึกษาวิเคราะห์อนุกรม จึงควรทำการทดสอบก่อนว่าข้อมูลที่จะนำมาศึกษามีความสัมพันธ์กับเวลาจริงหรือไม่

2.1.5 การทดสอบส่วนประกอบอนุกรมเวลา

ส่วนประกอบอนุกรมเวลามีทั้งหมด 4 ส่วน คือ แนวโน้ม ความผันแปรตามฤดูกาล ความผันแปรตามวัฏจักร และความผันแปรเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอ สำหรับอนุกรมเวลาหนึ่ง ๆ เป็นการยากที่จะตัดสินใจได้ว่าอนุกรมเวลานั้นจะประกอบด้วยส่วนประกอบใดบ้าง แม้ว่าจะมีการเสนอแนะว่า ถ้าอนุกรมเวลาเป็นข้อมูลรายปีจะไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล แต่เราไม่อาจทราบได้ว่าอนุกรมเวลาที่เป็นข้อมูลรายไตรมาส หรือรายเดือนต้องมีความผันแปรตามฤดูกาลเป็นส่วนประกอบจริงหรือไม่ การที่จะทราบว่าอนุกรมเวลามีส่วนประกอบใดบ้างนับเป็นเรื่องสำคัญมากในการกำหนดตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการพยากรณ์ที่ทำให้เกิดความแม่นยำ

การวิเคราะห์หาส่วนประกอบอนุกรมเวลาที่นิยมส่วนมากจะดูจากรูปกราฟการกระจายของข้อมูล ซึ่งผู้พิจารณาจะต้องมีความชำนาญมากพอสมควรจึงจะบอกได้ว่าอนุกรมเวลาดังกล่าวประกอบด้วยส่วนประกอบใดบ้าง เพราะไม่เช่นนั้นการวิเคราะห์หาส่วนประกอบอนุกรมเวลาอาจมีความผิดพลาดได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีการนำความรู้เกี่ยวกับการทดสอบสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ (Non-Parametric Test) มาวิเคราะห์หาส่วนประกอบอนุกรมเวลา โดยประยุกต์การทดสอบสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์มาใช้ทดสอบส่วนประกอบอนุกรมเวลา สำหรับการทดสอบสถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์ที่จะนำมาใช้ได้แก่ การทดสอบแบบวิง การทดสอบ Kruskal-Wallis (ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์, 2556)

2.1.5.1 การทดสอบแนวนอน

การทดสอบแนวนอนเพื่อดูว่าอนุกรมเวลาเป็นแนวนอนหรือไม่ และแนวนอนมีลักษณะเป็นอย่างไร มีหลายวิธีในการทดสอบซึ่งการทดสอบแนวนอนจะทำการทดสอบสมมติฐานก่อนว่าข้อมูลเป็นแนวนอนหรือไม่ โดยใช้วิธีแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือใช้การทดสอบเครื่องหมาย (Sign Test) นั่นเอง การทดสอบแบบวิ้งเป็นการทดสอบว่าข้อมูลที่เก็บมาว่าข้อมูลนั้นมีลักษณะสุ่ม (Randomization) หรือไม่เงื่อนไขการทดสอบแบบวิ้งคือตัวอย่างที่เก็บมาจะต้องมาจากประชากรชุดเดียวกันและเป็นอิสระกัน จากหลักการสำคัญข้างต้นจึงนำการทดสอบแบบวิ้งมาใช้ทดสอบว่าอนุกรมเวลาเป็นส่วนประกอบแนวนอนหรือไม่เนื่องจากถ้าอนุกรมเวลาเป็นส่วนประกอบแนวนอน อนุกรมเวลาจะไม่มีลักษณะสุ่มในทางตรงกันข้ามถ้าอนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบแนวนอน อนุกรมเวลาจะมีลักษณะสุ่ม

การใช้การทดสอบแบบวิ้งจะต้องมีจุดอ้างอิง ซึ่งส่วนมากนิยมใช้มัธยฐานเพื่อดูว่ามีจำนวนข้อมูลมากกว่าหรือต่ำกว่ามัธยฐานอยู่เท่าใด ถ้ามีจำนวนที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่ามัธยฐานเป็นจำนวนเท่า ๆ กันข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจะได้มีลักษณะสุ่ม โดยมีขั้นตอนการทดสอบแบบวิ้งดังนี้

1. คำนวณหาค่ากลางของข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน ฐานนิยม แต่ที่นิยมใช้ คือ มัธยฐาน
2. ให้เครื่องหมาย + แก่ข้อมูลที่มีค่ามากกว่ามัธยฐาน หรือค่ากลางตัวอื่น ๆ และให้เครื่องหมาย – แก่ข้อมูลที่มีค่าน้อยกว่ามัธยฐาน
3. นับจำนวนชุดของข้อมูลที่มีเครื่องหมายเดียวกันที่นำหน้าและตามหลังด้วยเครื่องหมายที่ต่างกัน ซึ่งเรียกว่า run

4. ตั้งสมมติฐาน H_0 : ข้อมูลมีลักษณะสุ่ม (อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบแนวนอน)

$$H_1 : \text{ข้อมูลไม่มีลักษณะสุ่ม (อนุกรมเวลาเป็นส่วนประกอบแนวนอน)}$$

5. สถิติที่ใช้ทดสอบ $Z = \frac{R-E(R)}{S(R)}$

6. การทดสอบแบบวิ้งจะเป็นการทดสอบแบบสองทาง ดังนั้นบริเวณปฏิเสธ คือ $Z > Z_{\alpha/2}$ หรือ $Z < -Z_{\alpha/2}$ ($Z_{\alpha/2}$ และ $-Z_{\alpha/2}$) แทนค่า ตัวแปรสุ่มปกติมาตรฐานที่มีพื้นที่ด้านขวาและด้านซ้ายของเส้นโค้งปกติมาตรฐานเท่ากับ $\alpha/2$ ตามลำดับ)

2.1.5.2 การทดสอบความผันแปรตามฤดูกาล

การทดสอบความผันแปรตามฤดูกาลเพื่อดูว่าอนุกรมเวลาที่มีความผันแปรตามฤดูกาลหรือไม่ การทดสอบนั้นมีทั้งการทดสอบแบบใช้และไม่ใช้พารามิเตอร์ แต่ในที่นี้จะใช้การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ คือ วิธีการทดสอบของ Kruskal-Wallis ซึ่งมีวิธีการหรือขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ปราศจากแนวนอนทั้งหมด และเรียงลำดับข้อมูลดังกล่าวจาก ค่าต่ำสุด (ให้เป็นอันดับที่ 1) และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนครบข้อมูลทุกตัว ซึ่งจะเท่ากับ N เมื่อ N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. ตั้งสมมติฐาน H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบความผันแปรตามฤดูกาล

$$H_1 : \text{อนุกรมเวลาเป็นส่วนประกอบความผันแปรตามฤดูกาล}$$

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบ $H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right] - 3(N+1)$

4. การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลัก ถ้า $n_i \leq k$, $k \leq 5$, $N \leq 15$ จะใช้ตาราง Kruskal-Wallis แต่ถ้า $n_i > 5$ จะใช้ตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นไคกำลังสอง โดยบริเวณปฏิเสธ คือ $H > \chi_{\alpha}^2$, K - 1 แทนค่า (χ_{α}^2 ตัวแปรสุ่มไคกำลังสองที่มีพื้นที่ด้านขวาของเส้นโค้งการแจกแจงไคกำลังสอง เท่ากับ α)

2.1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1.6.1 วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing Method)

วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ วิธีการพยากรณ์แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับวิธีการพยากรณ์แบบการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลซ้ำสองครั้ง คือ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวจากเป็นแนวโน้มแบบเส้นตรง และยังเหมาะสมกับการพยากรณ์ในระยะสั้นจนถึงการพยากรณ์ในระยะปานกลาง ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณควรจะมีอย่างน้อย 5 ค่าหรือ 5 ค่าขึ้นไป สำหรับตัวแบบของข้อมูลที่ใช้กับวิธีการพยากรณ์แบบนี้มีทั้งตัวแบบที่เป็นแบบการบวก และการคูณซึ่งเราสามารถเขียนแบบได้ดังนี้ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2548)

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_t \quad \text{ตัวแบบการบวก}$$

$$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) \epsilon_t \quad \text{ตัวแบบการคูณ}$$

สำหรับสมการในการพยากรณ์ทั้งตัวแบบการบวกและตัวแบบการคูณ คือ

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad \text{-----}(1)$$

2.1.6.2 วิธีวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเป็นวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มที่ใช้แนวคิดที่จะทำให้ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าแนวโน้มกับค่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้มีค่าน้อยที่สุด สมการเส้นตรงแนวโน้มที่เป็นเส้นตรงโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

$$\hat{Y} = a + b(t) \quad \text{-----}(2)$$

พิจารณาค่า t ซึ่งแทนหน่วยเวลา ถ้าจำนวนรายการของข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตที่เก็บรวบรวมมาได้ดีมาก ค่า t จะมาก โดยค่า a และ b แบบลัด โดยกำหนดให้ t คือ หน่วยเวลา เมื่อปรับจุดเริ่มต้นของอนุกรมเวลา สำหรับการปรับจุดเริ่มต้นยึดหลักว่าเมื่อปรับค่า t ให้เป็น t จะทำให้ $\sum t \neq 0$ ดังสมการ (ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์, 2556)

$$b = \frac{n \sum ty - \sum t \sum y}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}, \quad a = \bar{Y} - b \bar{t}$$

2.1.6.3 วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ (Brown's exponential smoothing method)

การพยากรณ์นี้เหมาะกับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวเป็นแนวโน้มแบบเส้นตรง และไม่มีความผันแปรตามฤดูกาล สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแนวโน้มแบบเส้นตรงจะมีตัวแบบเป็น $Y_t = \beta_0 + \beta_1 t + \epsilon_t$

ค่าของ β_0 และ β_1 ในตัวแบบนั้นเป็นค่าพารามิเตอร์ซึ่งเราไม่ทราบค่า จึงต้องทำการประมาณค่า a และ b สำหรับวิธีการพยากรณ์แบบนี้ของค่าของ a และ b จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (t) และมีสูตรสำหรับคำนวณหาค่าพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \quad \text{-----}(3)$$

การสร้างสมการพยากรณ์ตามวิธีการข้างต้นจะเกี่ยวกับค่าที่สำคัญ 2 ค่า คือ

1. ค่าเริ่มต้นของ E'_t และ E''_t ซึ่งมีวิธีกำหนดไว้ 2 แบบคือ

ก. กำหนดให้ $E'_t = E''_t = Y_1$ แล้วหา E'_t กับ E''_t เมื่อ $t = 2, 3, 4, \dots$

ข. กำหนดให้ $E_0'' = \hat{\beta}_0 - \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \hat{\beta}_1$ และ $E_0' = \hat{\beta}_0 - \frac{2(1-\alpha)}{\alpha} \hat{\beta}_1$ ซึ่ง

$$\hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \frac{(n+1)}{2} \hat{\beta}_1 \text{ และ } \hat{\beta}_1 = \frac{2\left\{\sum_{t=1}^n \left(t - \frac{(n+1)}{2}\right) Y_t\right\}}{n^3 - n}$$

เมื่อได้ค่า E_0' และ E_0'' แล้วจึงหา E_t' กับ E_t'' เมื่อ $t = 1, 2, 3, \dots$ ต่อไป

2. ค่าคงที่ปรับให้เรียบ (α) ในทางปฏิบัตินิยมกำหนดค่า α ให้น้อยกว่าค่า α ที่ใช้ในวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายหรือผู้พยากรณ์เป็นผู้กำหนดเองก็ได้หรืออาจจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปค้นหาค่า α โดยใช้หลักเกณฑ์ที่ทำให้ MSE มีค่าต่ำสุด

2.1.7 การตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบพยากรณ์

ตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

$$\text{สูตร MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100 \text{ -----(4)}$$

เกณฑ์ในการพิจารณาความเหมาะสมของค่า MAPE ดังนี้

ค่า MAPE ที่ได้	การแปลผล
น้อยกว่า 10 %	มีความถูกต้องสูง
11-20 %	มีความถูกต้อง
21-50 %	ยอมรับได้
มากกว่า 50 %	ไม่มีความถูกต้อง

3. ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

ในการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ดำเนินงานดังนี้

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.1.1 รวบรวมจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ลักษณะของข้อมูลเป็นอนุกรมเวลารายไตรมาส เริ่มตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 จนถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 84 ข้อมูล ซึ่งรวบรวมจากเว็บไซต์ data.go.th

3.1.2 นำข้อมูลอนุกรมเวลารายไตรมาส ที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 จนถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด

ชุดที่ 1 ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 จนถึงไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2564 ใช้สำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ จำนวน 80 ข้อมูล

ชุดที่ 2 ข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 - 4 ปี พ.ศ. 2565 ใช้สำหรับการตรวจสอบผลของการพยากรณ์ของรูปแบบพยากรณ์แต่ละรูปแบบที่สร้างด้วยข้อมูลชุดที่ 1 จำนวน 4 ข้อมูล

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา รวบรวมข้อมูล

- 1) เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากเว็บไซต์ data.go.th มีลักษณะเป็นรายไตรมาส
- 2) ศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์วิธีวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายและวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของบราวน์

3.2.2 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่

- 1) แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด
- 2) สร้างกราฟพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่
- 3) ทดสอบสมมติฐานแนวโน้มและฤดูกาล เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบของข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่
- 4) การเลือกค่าคงที่การปรับให้เรียบ (α) เลือกโดยใช้หลักเกณฑ์ที่ทำให้ค่า SSE หรือ MSE หรือ MAPE หรือ RMSE ที่มีค่าต่ำที่สุด
- 5) สร้างตัวแบบการพยากรณ์ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ วิธีวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายและวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของบราวน์
- 6) เปรียบเทียบตัวแบบการพยากรณ์ที่ได้ด้วยวิธีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย
- 7) พยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2566 จนถึงไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2566
- 8) สรุปผลการศึกษา

4. ผลการวิจัย

การศึกษาเรื่องตัวแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยในครั้งนี้ เป็นการสร้างตัวแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยโดยวิธีการปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของโฮลต์ วิธีวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายและวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย โดยวิธีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์และการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2566 โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ข้อมูลอนุกรมเวลา

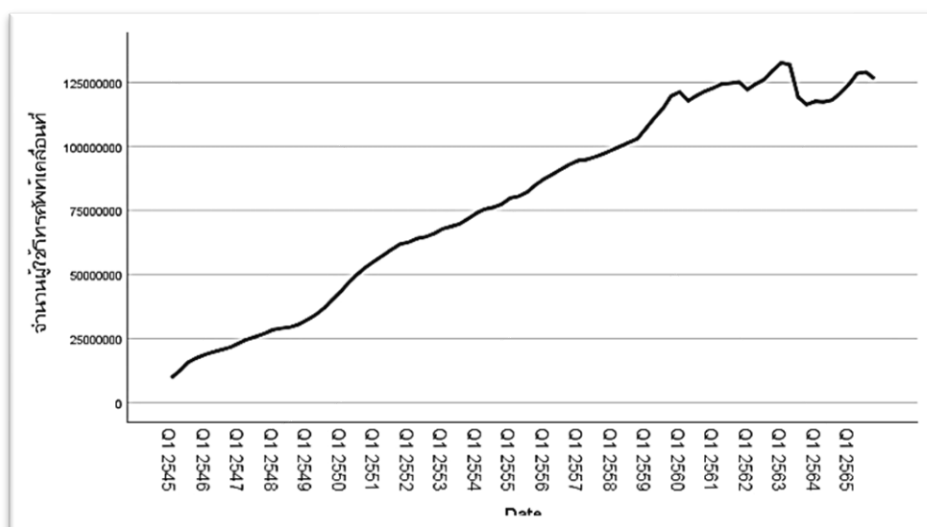
รวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยรายไตรมาส (หน่วย : คน) ระหว่างไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 จนถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 84 ข้อมูล ซึ่งรวบรวมมาจากเว็บไซต์ data.go.th

4.2 การทดสอบส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลา

ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาข้อมูลจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยรายไตรมาส (หน่วย : คน) ระหว่างไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ. 2545 จนถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 จำนวน 84 ข้อมูล เมื่อพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา

4.2.1 กราฟของข้อมูลอนุกรมเวลา

นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟเพื่อดูลักษณะแนวโน้มและฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้ม แสดงดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาข้อมูลจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย

4.2.2 การทดสอบสมมติฐานการทดสอบส่วนประกอบของแนวโน้ม โดยวิธีการทดสอบแบบวิ่ง

(Run Test)

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบแนวโน้ม

H_1 : อนุกรมเวลามีส่วนประกอบแนวโน้ม

ตารางที่ 1 การทดสอบแนวโน้มของข้อมูลจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่

จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่	มัธยฐาน	จำนวน Runs	Z	Sig.
84	81,337,764	2	-9.001	.000*

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบแบบ Runs Test จะเป็นการทดสอบแบบสองทาง ดังนั้นปฏิเสธ คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้บริเวณปฏิเสธ $Z < -1.96$ และ $Z > 1.96$ เนื่องจาก Z_{cal} อยู่ในบริเวณปฏิเสธ ซึ่งค่า Sig. น้อยกว่านัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาดังกล่าวมีส่วนประกอบแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

4.2.3 การทดสอบฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วย Kruskal—Wallis H

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : อนุกรมเวลาไม่มีส่วนประกอบความผันแปรตามฤดูกาล

H_1 : อนุกรมเวลามีส่วนประกอบความผันแปรฤดูกาล

ตารางที่ 2 การทดสอบฤดูกาลของข้อมูลจำนวนผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยวิธี Kruskal—Wallis H

Chi-Square	df	Sig.
0.130	3	0.988

จากตารางที่ 2 จากการทดสอบแบบ Kruskal—Wallis test หรือ H-test ได้ว่าค่า Sig. มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 จึงสรุปได้ว่าอนุกรมดังกล่าวไม่มีส่วนประกอบความผันแปรตามฤดูกาล

4.3 การสร้างตัวแบบการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย โดยมีวิธีการสร้างตัวแบบการพยากรณ์ 3 วิธี

4.3.1 วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ (Holt's Exponential Smoothing Method)

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในการปรับให้เรียบของวิธีทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

Parameter	Estimate	SE	t	Sig.
α	1.000	.115	8.712	.000*
γ	.001	.029	.035	.973

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ α และ γ เท่ากับ 1.000 และ 0.001 ตามลำดับ ซึ่งจะได้สมการ การพยากรณ์ด้วยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของโฮลต์ ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \text{ -----(5)}$$

โดยที่ $a_t = 1.000Y_t + (1 - 1.000)(a_{t-1} + b_{t-1})$

$$b_t = 0.001(a_t - a_{t-1}) + (1 - 0.001)b_{t-1}$$

$\hat{Y}_{t+m}$ แทนค่า พยากรณ์ ณ เวลา t + m

a_t และ b_t แทนค่า ประมาณ ณ เวลา t ของพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ

a_t และ b_t แทนค่า ประมาณค่าพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ตามลำดับ ณ เวลา t โดยการกำหนดค่า

เริ่มต้น a_t และ b_t ไว้ดังนี้ $a_0 = Y_1$ และ $b_0 = Y_2 - Y_1$

m แทนค่า จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

กำหนดค่าเริ่มต้นโดย ให้ $a_0 = Y_1$ และ $b_1 = 0$

กำหนดให้ $\alpha = 1.000$, $\gamma = 0.001$, $a_1 = 9,669,909$ และ $b_1 = 0$

จากสูตร $a_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$

$$a_1 = (1)(9,669,909) + (1 - 1)(9,669,909 + 2,746,352) = 9,669,909$$

$$a_2 = (1)(12,416,909) + (1 - 1)(9,669,909 + 27,436,05.65) = 12,416,261$$

$$a_3 = (1)(15,743,776) + (1 - 1)(12,416,261 + 2,743,608.39) = 15,743,776$$

.

.

.

$$a_{80} = (1)(120,849,606) + (1 - 1)(117,350,573 + 678,581) = 120,849,606$$

จากสูตร $b_t = \gamma(a_t - a_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$

$$b_1 = (0.001)(9,669,909 - 9,669,909) + (1 - 0.001)(0) = 0$$

$$b_2 = (0.001)(12,416,261 - 9,669,909) + (1 - 0.001)(0) = 2,746.352$$

$$b_3 = (0.001)(15,743,776 - 12,416,261) + (1 - 0.001)(2,746.352) = 6,071.12$$

.

$$b_{80} = (0.001)(120,849,606 - 118,029,154) + (1 - 0.001)(103,340.62) = 106,057.73$$

ตัวแบบพยากรณ์ จะได้ $\hat{Y} = 120,849,606 + 106,057.73(m)$ เมื่อ $t = 80 + m$; $m = 1, 2, 3, \dots$

4.3.2 วิธีวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายจากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	SE	Beta		
(Constant)	1336880.35	1591921.13	-	8.398	.000*
T	1548369.81	32534.517	.982	47.592	.000*

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ได้ตัวแบบวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายดังนี้

$$\hat{Y} = 1,336,880.35 + 1,548,369.81(T)$$

4.3.3 วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ (Brown's exponential smoothing method)

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ จากการคำนวณด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

Parameter	Estimate	SE	t	Sig
α	0.852	.055	15.626	.000*

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 5 แสดงการกำหนดค่าพารามิเตอร์ α เท่ากับ 0.852 ซึ่งจะได้สมการพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลของบราวน์ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+m} = a_t + b_t(m) \text{ -----(6)}$$

โดยที่ $\hat{Y}_{t+m}$ คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t+m$

a_t, b_t คือ ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ณ เวลา t

m คือ จำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

ค่า $a_t = 2E'_t - E''_t$

$$b_t = \left(\frac{0.852}{1 - 0.852} \right) 2E'_t - E''_t$$

$$E'_t = 0.852Y_t + (1 - 0.852) E'_{t-1}$$

$$E''_t = 0.852E'_t + (1 - 0.852) E''_{t-1}$$

เมื่อ E'_t คือ ค่าที่ได้จากการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายในครั้งที่ 1 ณ เวลา t

E''_t คือ ค่าที่ได้จากการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายในครั้งที่ 2 ณ เวลา t

$$\alpha = 0.852 \text{ และ } E'_1 = E''_1 = Y_1 = 9,669,909$$

$$\text{จากสูตร } E_t' = \alpha Y_t + (1 - \alpha) E_{t-1}'$$

$$E_2' = \alpha Y_2 + (1 - \alpha) E_1' = (0.852)(12,416,261) + (1 - 0.852)(9,669,909) = 12,009,800.9$$

$$E_3' = \alpha Y_3 + (1 - \alpha) E_2' = (0.852)(15,743,776) + (1 - 0.852)(12,009,800.9) = 15,251,303.8$$

.

.

.

$$E_{80}' = \alpha Y_{80} + (1 - \alpha) E_{79}' = (0.852)(120,849,606) + (1 - 0.852)(117,928,724) = 120,432,179$$

$$\text{จากสูตร } E_t'' = \alpha E_t' + (1 - \alpha) E_{t-1}''$$

$$E_2'' = \alpha E_2' + (1 - \alpha) E_1'' = (0.852)(12,009,800.9) + (1 - 0.852)(9,669,909) = 11,663,496.9$$

$$E_3'' = \alpha E_3' + (1 - \alpha) E_2'' = (0.852)(15,251,303.8) + (1 - 0.852)(11,663,496.9) = 14,720,308.4$$

.

.

.

$$E_{80}'' = \alpha E_{80}' + (1 - \alpha) E_{79}'' = (0.852)(120,432,179) + (1 - 0.852)(117,848,361) = 120,049,774$$

$$\text{จากสูตร } a_t = 2E_t' - E_t''$$

$$a_2 = 2E_2' - E_2'' = 2(12,009,800.9) - 11,663,496.9 = 12,356,104.9$$

$$a_3 = 2E_3' - E_3'' = 2(15,251,303.8) - 14,720,308.4 = 15,782,299.2$$

.

.

.

$$a_{80} = 2E_{80}' - E_{80}'' = 2(120,432,179) - 120,049,774 = 120,814,584$$

$$\text{จากสูตร}$$

$$B_t = \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) (E_t' - E_t'')$$

$$b_3 = \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) (E_2' - E_2'') = \frac{0.852}{1 - 0.852} (12,009,800.9 - 11,663,496.9) = -295,050$$

$$b_4 = \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) (E_3' - E_3'') = \frac{0.852}{1 - 0.852} (15,251,303.8 - 14,720,308.4) = -452,407$$

.

.

.

$$b_{80} = \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) (E_{79}' - E_{79}'') = \frac{0.852}{1 - 0.852} (117,928,724 - 117,848,361) = -68,468.1$$

ตัวแบบพยากรณ์ จะได้ $\hat{Y}_t = 120,814,584 + (-68,468.1)(m)$ เมื่อ $t = 80 + m$; $m = 1, 2, 3, \dots$

4.4 การเปรียบเทียบตัวแบบที่ความแม่นยำของตัวแบบการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธี

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จากข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ชุดที่ 2 ตั้งแต่ ไตรมาสที่ 1 พ.ศ.2565 จนถึง ไตรมาสที่ 4 พ.ศ.2565 จำนวน 4 ค่า นำจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error : MAPE)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยจากการพยากรณ์วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของโฮลต์วิธีวิเคราะห์หัดดถอยอย่างง่ายและวิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์

วิธีการพยากรณ์	ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย
วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของโฮลต์	2.08
วิธีวิเคราะห์หัดดถอยอย่างง่าย	11.09
วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์	0.26

จากการพิจารณาค่า MAPE วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์และวิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลของโฮลต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.26 และ 2.08 ซึ่งน้อยกว่า 10 % จึงอยู่ในเกณฑ์การพยากรณ์ถูกต้องสูง แต่วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์เป็นตัวแทนที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เท่ากับ 0.26 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของโฮลต์และวิธีวิเคราะห์หัดดถอยอย่างง่าย วิธีทำให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์จึงเหมาะสมในการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย

4.5 พยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยด้วยตัวแทนพยากรณ์ที่เหมาะสม

พยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ในไตรมาสที่ 1 - 4 ปี พ.ศ.2566 ด้วยวิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์ ตัวแบบพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_t = 120,814,584 + (-68,468.1)(m)$

ค่าพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยในไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ.2566 จนถึง ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ.2566

$$\hat{Y}_{85} = \hat{Y}_{80+5} = 120,814,584 - 68,468.1(5) = 120,472,244$$

$$\hat{Y}_{86} = \hat{Y}_{80+6} = 120,814,584 - 68,468.1(6) = 120,403,775$$

$$\hat{Y}_{87} = \hat{Y}_{80+7} = 120,814,584 - 68,468.1(7) = 120,335,307$$

$$\hat{Y}_{88} = \hat{Y}_{80+8} = 120,814,584 - 68,468.1(8) = 120,266,839$$

ตารางที่ 7 แสดงค่าพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยในไตรมาสที่ 1 ปี พ.ศ.2566 จนถึงไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ.2566

ไตรมาสและปี	ค่าพยากรณ์
1/2566	120,472,244
2/2566	120,403,775
3/2566	120,335,307
4/2566	120,266,839

5. การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ (Discussion and Recommendation)

ในการศึกษาผลของการสร้างตัวแทนพยากรณ์จำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย ที่ได้คือ $\hat{Y} = 120,814,584 - 68,468.1(m)$ สามารถอธิบายได้ว่าตัวแทนพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์ เป็นตัวแทนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์จำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยและได้ทำให้ทราบว่าแนวโน้มจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยที่ลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจิรพรรณ ทองหนัก (2565) เรื่องการพยากรณ์จำนวนการเกิดของประชากรจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งผลการวิจัยพบว่าวิธีปรับให้เรียบเอกโพเนนเชียลของบราวน์ เป็นตัวแทนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์และสรุปว่ามีจำนวนการเกิดของประชากรลดน้อยลง

อย่างไรก็ตามจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทยของประชากรมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะเศรษฐกิจทั้งภายในและต่างประเทศ หรือมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นควรปรับปรุงตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมเมื่อเวลาเปลี่ยนไปให้เป็นปัจจุบันต่อไป สอดคล้องกับงานวิจัยของสิโรรัตน์ จันทาม และคณะ (2566) ได้ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในจังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัยพบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุด คือ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของบราวน์ (MAPE= 7.933 และ RMSE= 1,318.879) จากการศึกษาในครั้งนี้ได้นำจำนวนผู้ใช้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ 3 วิธี คือ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของโฮลต์ วิธีวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่ายและวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลของบราวน์ และหาค่าที่เหมาะสมของตัวแบบการพยากรณ์ โดยวิธีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ซึ่งการศึกษารังต่อไปควรใช้เทคนิคการพยากรณ์ที่หลากหลายวิธีและค่าในการตรวจสอบวิธีการพยากรณ์เพิ่มมากขึ้น

จากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลเนื่องจากข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานสำนักงานพัฒนาธุรกิจการค้า (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมไว้ ซึ่งดำเนินการรวบรวมไว้เป็นรายไตรมาส ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีจำนวนมากเพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการพยากรณ์เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุด นอกจากนี้ควรมีการรวบรวมข้อมูลจากหลาย ๆ แหล่งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง (References)

- ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์. (2556). เทคนิคพยากรณ์เชิงปริมาณ : การวิเคราะห์อนุกรมเวลา. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. (2548). เทคนิคการพยากรณ์. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2560). จำนวนประชากรที่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2566 จาก <https://data.go.th/dataset/>.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2565). การสำรวจการใช้ ICT ของประชาชนในประเทศไทยปี 2565. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
- สิโรรัตน์ จันทาม, วิริยาภรณ์ กล่อมสังข์เจริญ และจุฑารัตน์ โพธิ์หลวง. (2566). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์จำนวนผู้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในจังหวัดปทุมธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 11(1), 14 – 30.
- Nattapon Muangtum. (2565). การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566 จาก <https://www.everydaymarketing.co/>.
- Poonsuk Ninkitsaranont. (2562). ธุรกิจบริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2566 จาก <https://www.krungsri.com/th/research/>.