บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพยากรณ์

2.1.1 ความจำเป็นที่ต้องมีการพยากรณ์

การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเน หรือทำนายการเกิดของเหตุการณ์ หรือสภาพการณ์ต่าง ๆ ในอนาคต โดยการพยากรณ์จะทำจากการศึกษาแนวโน้ม และรูปแบบการเกิดเหตุการณ์ หรือสภาพการณ์จากข้อมูลในอดีตและ/หรือใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และวิจารณญาณของผู้พยากรณ์ การพยากรณ์มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวางแผน และการตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานของบุคคลทุกสาขาอาชีพ และของทุกองค์กรที่มีกิจกรรมในสาขาต่าง ๆ เช่น ธุรกิจ อุตสาหกรรม เกษตร การเมือง การสาธารณสุข เป็นต้น ไม่ว่าองค์กรนั้นจะเป็นองค์กรขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ องค์กรของรัฐ หรือของเอกชน หากนักวางแผน หรือผู้ตัดสินใจในองค์กรทราบว่าเหตุการณ์ หรือสภาพการณ์ใดจะเกิดขึ้น หรืออาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่งจะทำให้การวางแผน หรือการตัดสินใจในการดำเนินงานเป็นไปได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามการเกิดเหตุการณ์ หรือสภาพการณ์หนึ่งเป็นการเกิดภายใต้ความไม่แน่นอน ดังนั้นการพยากรณ์ที่ให้ความถูกต้องสูงจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง [2]

ประสิทธิภาพของการพยากรณ์ จะขึ้นอยู่กับการได้พยากรณ์ตามวัตถุประสงค์ ความถูกต้องของค่าพยากรณ์ และได้มีการนำค่าพยากรณ์นั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.1.2 ปัจจัยที่ทำให้การพยากรณ์ได้รับความนิยม

การพยากรณ์เป็นงานที่ผู้พยากรณ์ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ วิจารณญาณ และ/หรือข้อมูลในอดีตมาประกอบการพิจารณา จนถึงปัจจุบันนี้ได้มีผู้เสนอแนะวิธีการพยากรณ์ขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ วิจารณญาณ และ/หรือข้อมูลในอดีตมาประกอบการพิจารณา เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง และ/หรือทุกอย่างรวมกันในการพยากรณ์ จะจัดการพยากรณ์ได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting) และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Forecasting) การพยากรณ์เชิงคุณภาพเป็นการพยากรณ์ที่ผู้ใช้ต้องมี และใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และวิจารณญาณในเรื่องที่จะพยากรณ์ และเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดี ส่วนการพยากรณ์เชิงปริมาณจะเน้นการใช้รายละเอียดของข้อมูลใน

อดีตมาเป็นแนวทางในการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิค และวิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ ที่ได้มีผู้พัฒนา และเสนอแนะไว้ ปัจจุบันมีผู้ใช้การพยากรณ์เชิงปริมาณแพร่หลายมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุที่สำคัญได้แก่

2.1.2.1 ขนาดขององค์กรต่าง ๆ ใหญ่ขึ้นทำให้โครงการสร้างการบริหารภายในขององค์กรมีความซับซ้อนมากขึ้น ผู้บริหารคนใดคนหนึ่งในองค์กรไม่สามารถพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตของทุกงานในองค์กรได้อย่างถูกต้อง การพยากรณ์เชิงปริมาณมีขั้นตอนการพยากรณ์ที่เป็นระบบทำให้สะดวกต่อการติดตามจึงเหมาะกับองค์กรที่มีขนาดใหญ่

2.1.2.2 สภาพสังคม และสภาพแวดล้อมในปัจจุบันมีความซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วประกอบกับการแข่งขันทางธุรกิจมีมากขึ้นการศึกษารูปแบบของการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้องในเชิงเหตุผล และผลจึงจำเป็นมากขึ้น

2.1.2.3 ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้พยากรณ์ที่มีความรอบรู้ในสภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ของทุกงานในองค์กรอย่างถ่องแท้ดังที่มีในอนาคตน้อยลง ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้พยากรณ์รุ่นใหม่ จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลในการวางแผน และการตัดสินใจอย่างมีระบบ

2.1.2.4 องค์กร และธุรกิจขนาดใหญ่มีการลงทุนสูง ความผิดพลาดที่เกิดจากการวางแผน และการตัดสินใจในการดำเนินงานก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่องค์กร และธุรกิจมาก ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงเนื่องจากความไม่แน่นนอนของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคตจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการพยากรณ์ที่ความผิดพลาดน้อยที่สุด หรือมีความถูกต้องมากที่สุด

2.1.2.5 จนถึงปัจจุบันได้มีผู้พัฒนา และเสนอแนะวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะกับสถานการณ์ต่าง ๆ และมีประสิทธิภาพของการพยากรณ์สูงจำนวนมากขึ้น ประกอบกับผู้พยากรณ์ในองค์กรที่อาจจะเป็นนักสถิติ นักเศรษฐศาสตร์ หรือนักวางแผนมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการพยากรณ์ดังกล่าว จึงพอใจที่จะใช้วิธีการพยากรณ์ต่าง ๆ มากขึ้น

2.1.2.6 คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างยิ่งต่อการพยากรณ์ เริ่มตั้งแต่การเก็บข้อมูลครั้งละมาก ๆ อย่างมีระบบ การเรียกใช้ข้อมูลทำได้ง่าย และการคำนวณที่ยุ่งมากทำได้ในเวลาอันสั้น นอกจากนั้นยังได้มีผู้พัฒนาโปรแกรมเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา และการพยากรณ์หลายโปรแกรม ผู้พยากรณ์สามารถเลือกใช้วิธีการพยากรณ์ที่ซับซ้อน แต่ให้ความถูกต้องสูงได้ โปรแกรมส่วนใหญ่ใช้ได้กับทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่

2.1.2.7 ผู้ใช้สามารถจะวัดความถูกต้องของค่าพยากรณ์ได้ ถ้าทำการพยากรณ์เชิงปริมาณ ซึ่งทำให้ผู้พยากรณ์ หรือผู้ใช้มีความมั่นใจในการใช้ค่าพยากรณ์ในการวางแผน และการตัดสินใจมากยิ่งขึ้น

2.1.3 สิ่งที่ควรทราบก่อนพยากรณ์

บุคคล หรือองค์กรที่ทำการพยากรณ์จะมีวัตถุประสงค์ของการพยากรณ์ เพื่อใช้ในงานที่แตกต่างกัน ก่อนจะทำการพยากรณ์ผู้พยากรณ์ควรจะต้องทราบเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการพยากรณ์ ดังนี้

2.1.3.1 ระยะเวลาการพยากรณ์ โดยทั่วไปผู้พยากรณ์จะพยากรณ์เหตุการณ์ที่สนใจแต่ละเหตุการณ์ล่วงหน้าในระยะเวลาที่ต่างกัน ระยะเวลาจะยาวนานเท่าใดนั้นจะขึ้นอยู่กับการนำค่าพยากรณ์นั้นไปใช้ ระยะเวลาการพยากรณ์แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะใกล้ (Immediate Term) เป็นช่วงเวลาไม่เกินหนึ่งเดือน ระยะสั้น (Short Term) เป็นช่วงเวลาระหว่างหนึ่งถึงสามเดือน ระยะกลาง (Medium Term) เป็นช่วงเวลาระหว่างสามเดือนถึงสองปี และระยะยาว (Long Term) เป็นช่วงเกินสองปีขึ้นไป

2.1.3.2 ระดับความละเอียดของการพยากรณ์ ความสนใจของบุคคลที่อยู่ในองค์กรเดียวกันแต่มีหน้าที่ และ/หรือความรับผิดชอบต่างกันจะให้ความสำคัญกับความละเอียดของเหตุการณ์ที่ต้องการพยากรณ์ต่างกัน เช่น ผู้บริหารสนใจภาพรวมของการดำเนินงานขององค์กรในอนาคตว่าเป็นอย่างไร ในขณะที่ผู้บริหารระดับฝ่ายสนใจรายละเอียดของงาน หรือหน้าที่เฉพาะที่รับผิดชอบ จำนวนเหตุการณ์ หรือตัวแปรที่ศึกษามีมากกว่า และให้รายละเอียดมากกว่าผู้ที่บริหารระดับบนต้องการ เป็นต้น

2.1.3.3 จำนวนตัวแปรที่ต้องการศึกษา จำนวนตัวแปรจะมีมาก หรือน้อยจะมีผลต่อการพยากรณ์ เพราะเมื่อมีจำนวนตัวแปรที่ต้องศึกษามาก การใช้วิธีการพยากรณ์ที่ยุ่งยากจะใช้เวลามาก ถึงแม้วิธีดังกล่าวจะให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงแต่มักจะไม่เป็นวิธีเบ็ดเสร็จที่ให้สมการพยากรณ์ หรือค่าพยากรณ์ทันที ผู้พยากรณ์จะต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับแต่ละขั้นตอนของการพยากรณ์ด้วย

2.1.3.4 วัตถุประสงค์ของการพยากรณ์ที่สำคัญ เพื่อหาแผนแบบของการพยากรณ์ในอดีต เพื่อการพยากรณ์ในอนาคต โดยมีข้อสมมติว่าสภาพการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจะเป็นในทำนองเดียวกันสภาพการณ์ที่ได้เกิดแล้วในอดีต และเพื่อควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ที่มีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องโดยพิจารณาว่าการทำงานอยู่ในสภาพที่ควบคุมได้ หรือควบคุมไม่ได้ หากผลการวิเคราะห์ว่าจะควบคุมไม่ได้ผู้ควบคุมจะต้องแก้ไขระบบ ก่อนการพยากรณ์ทุกครั้งผู้พยากรณ์ควรจะต้องทราบว่าจะพยากรณ์อะไร พยากรณ์เพื่อประโยชน์อะไร ผู้ใช้ค่าพยากรณ์คือใคร และจะพยากรณ์อย่างไร เพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.1.3.5 ข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงตามเวลา ข้อมูลจะต้องทันสมัย และมีจำนวนมากพอสมควร ผู้พยากรณ์จะต้องทราบว่าจะเก็บข้อมูลประเภทใด เก็บได้จากที่ไหน ช่วงเวลายาวนานอย่างไร และข้อมูลที่เก็บมีหน่วยวัดอย่างไรในขณะทำการพยากรณ์การเก็บข้อมูลจะยังคงต้องทำอยู่ เพราะข้อมูลที่ทันสมัยจะนำมาใช้ในการปรับค่าพยากรณ์ที่ได้ทำไว้แล้ว (Update) เพื่อให้ค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ลดลง

2.1.3.6 วิธีการพยากรณ์ที่ใช้อยู่ ได้มีการเริ่มใช้วิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณแล้ว การเสนอแนะวิธีการพยากรณ์ที่องค์กรไม่เคยใช้มาก่อนในทันทีมักจะทำให้บุคคลที่เกี่ยวข้องในองค์กรตามไม่ทันเนื่องจากไม่เข้าใจวิธีการ และผลสรุปที่ได้จะเป็นผลทำให้เกิดการต่อต้าน ผู้เสนอแนะวิธีการพยากรณ์ใหม่ในองค์กรควรได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการพยากรณ์เดิม และใหม่ว่ามีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร และจำเป็นต้องมีการอธิบายให้ผู้เกี่ยวข้องเข้าใจวิธีการใหม่เพื่อการยอมรับวิธีการ และนำค่าพยากรณ์ไปใช้

2.1.3.7 วิธีการพยากรณ์ที่จะใช้วิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีที่ได้มีการพัฒนาขึ้น จะมีความแตกต่างกันระหว่างความยากง่ายต่อความเข้าใจ ความแม่นยำของการพยากรณ์ ความยุ่งยากการคำนวณ และเวลาในการเตรียมการพยากรณ์ นอกจากนั้นแต่ละวิธียังมีค่าใช้จ่ายที่ครอบคลุม ทั้งการพัฒนารูปแบบ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการใช้คอมพิวเตอร์

2.1.4 วิธีการพยากรณ์

วิธีการพยากรณ์ที่มีผู้พัฒนาขึ้นจนถึงปัจจุบันมีหลายวิธี การเลือกใช้วิธีการพยากรณ์แบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องมือที่ผู้พยากรณ์มี เครื่องมือที่สำคัญ ได้แก่ ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ วิจารณญาณ และข้อมูล วิธีการพยากรณ์ มีมากมายหลายวิธี ซึ่งสามารถจัดประเภทของการพยากรณ์ ได้ 2 ประเภท คือ [3]

2.1.4.1 การพยากรณ์เชิงปริมาณ(Quantitative Forecasting Methods) เป็นการพยากรณ์ที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า อนุกรมเวลา (Time Series) โดยการพยากรณ์เชิงปริมาณแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย หรือตัวแปร และการตรวจสอบการดำเนินงาน ซึ่งการพยากรณ์เชิงปริมาณจะทำได้โดยมีเงื่อนไขดังนี้

(1) มีข้อมูลในอดีต และข้อมูลนั้นสามารถแสดงในรูปแบบคณิตศาสตร์ได้

(2) มีสมมติฐานที่ว่า " รูปแบบ (Pattern) ของข้อมูลในอดีตจะมีลักษณะต่อเนื่องไปในอนาคต" เรียกว่า "Assumption of Continuity"

2.1.4.1.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลา เป็นการศึกษาแผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่กำหนดด้วยรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) จากแบบที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ โดยมีข้อสมมติว่าแผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอนาคตจะไม่ต่างจากแผนแบบการเคลื่อนไหวในอดีต โดยความถูกต้องของการพยากรณ์จะมีมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบอนุกรมเวลาที่กำหนดขึ้น การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากหนึ่งตัวแปร หรือหนึ่งปัจจัยเท่านั้น จึงเหมาะสมกับสภาพของการพยากรณ์ที่ไม่มีนโยบายขององค์กร หรือของนอกองค์กรเข้ามาเกี่ยวข้อง วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลามีหลายวิธี ดังนี้ [2]

(1) วิธีง่าย (Naïve Method) เป็นวิธีที่ได้ค่าพยากรณ์ในอนาคตมีค่าเป็นสัดส่วนของค่าสังเกตล่าสุด ซึ่งสัดส่วนอย่างไรนั้นผู้พยากรณ์จะเป็นผู้กำหนดสัดส่วนขึ้น

(2) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) เป็นวิธีที่ได้ค่าพยากรณ์ในอนาคตจากการรวมค่าวัดส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ ค่าแนวโน้ม ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ค่าวัดวัฏจักร และค่าวัดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ค่าวัดจะหาได้จากวิธีการเฉลี่ยแบบธรรมดา (Simple Average) แบบเคลื่อนที่ (Moving Average) แบบ Census II และการใช้วิธีกำลังน้อยที่สุด (Least Squares Method)

(3) วิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method) เป็นวิธีที่ได้ค่าพยากรณ์ในอนาคตจากค่าสังเกตในอดีต โดยให้น้ำหนัก กับค่าสังเกตแบบต่าง ๆ โดยกรณีที่ให้น้ำหนักกับค่าสังเกตเท่ากันเรียกว่าวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Method) กรณีให้น้ำหนักกับค่าสังเกตไม่เท่ากันเรียกว่า วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average Method) และถ้าให้น้ำหนักกับค่าสังเกตลดหลั่นกันแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential) จะเรียกว่า วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing Method) สำหรับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง ยังมีชื่อเฉพาะของวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา สำหรับอนุกรมเวลาแบบขนาน (Horizontal Series) ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing, SES) สำหรับอนุกรมเวลาแนวโน้ม (Trend Series) ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบดับเบิ้ล (Double Exponential Smoothing, DES หรือวิธีของ Brown) และแบบเส้นตรง (Linear Exponential Smoothing, LES หรือวิธีของ Holt) สำหรับอนุกรมเวลาฤดูกาล (Seasonal Series) ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง แบบฤดูกาล (Simple Seasonal Exponential Smoothing, SSES) และสำหรับอนุกรมเวลาแนวโน้มฤดูกาล (Trend and Seasonal Series) ใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบโฮลท์-วินเตอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing, HWS)

(4) วิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบออโต (Autocorrelation Function, ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนแบบออโต (Partial Autocorrelation Fumction, PACF) เป็นหลักในการพิจารณา และรูปแบบที่เลือกใช้จะอยู่ในกลุ่มของรูปแบบ ARIMA (p , d , q) ซึ่งเป็นรูปแบบที่กำหนดว่าค่าพยากรณ์ในอนาคตเป็นค่าที่ได้จากค่าสังเกต หรือค่าพยากรณ์ก่อนหน้า และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ก่อนหน้า

2.1.4.1.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย หรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นเหตุ และผล เนื่องจากการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ต่อกัน ความสัมพันธ์จะแสดงในรูปแบบเหตุและผล (Casual Model) ปัจจัย หรือหนึ่งตัวแปร การศึกษาหาความสัมพันธ์ทำดังนี้

(1) การวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย ความผันแปรของตัวแปรตัวหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความผันแปรของตัวแปรอีกตัวหนึ่ง เรียกว่าตัวแปรแรกว่าตัวแปรตาม ตัวแปรหลังว่าตัวแปรอิสระ

(2) การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุความผันแปรของตัวแปรตามจะอธิบายได้ด้วยความผันแปรของตัวอิสระที่มีมากกว่าหนึ่งตัว

(3) รูปแบบเศรษฐมิติ จะเป็นกลุ่มของรูปแบบที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์เชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกัน

2.1.4.1.3 การตรวจสอบการดำเนินงานของระบบ เป็นการใช้เครื่องหมายชี้ (Tracking Signal) เพื่อชี้การดำเนินงานของระบบอยู่ในภาวะที่ควบคุมได้ หรือควบคุมไม่ได้ (Control หรือ Out of Control)

2.1.4.2 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Forecasting Methods) เป็นการพยากรณ์โดยใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเป็นหลักในการพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคต โดยวิธีการนี้จะใช้เมื่อไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณ หรือมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่น้อยมาก โดยการพยากรณ์ต้องใช้ความสามารถ และวิจารณญาณของผู้พยากรณ์การพิจารณาการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ในระยะยาว โดยการพยากรณ์ในรูปแบบนี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ [3]

2.1.4.2.1 การทำ Extrapolate ซึ่งเป็นการใช้ประสบการณ์ และข้อมูลเชิงคุณภาพที่มีอยู่ของผู้พยากรณ์ในการประเมินสภาพการณ์ในอนาคต และอีกกลุ่มหนึ่งคือ Normative ซึ่งเป็นการพยากรณ์โดยกำหนดเป้าหมายวัตถุประสงค์ และความต้องการในอนาคต แล้วจึงพิจารณาปัญหาอุปสรรค และผลที่จะมีต่อการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้บรรลุตามเป้าหมายวัตถุประสงค์ และความต้องการในอนาคต วิธีการพยากรณ์ที่ใช้หลักการ Extrapolate ได้แก่

(1) วิธีเดลฟี (Delphi Method) เป็นวิธีการที่ใช้ความรู้ความสามารถ และ

วิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญหลายคนที่อาจจะอยู่ในองค์กร หรือนอกองค์กรอย่างมีระบบโดยผู้ประสานงานจะส่งแบบสอบถามที่มีคำถามเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ในอนาคตให้แก่ผู้เชี่ยวชาญ และให้ผู้เชี่ยวชาญออกความคิดเห็นในแบบสอบถามที่มีการแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง การได้รับข้อมูล และความคิดเห็นที่ได้จากบุคคลอื่นเพิ่มขึ้นอาจทำให้ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเปลี่ยนไป และเป็นในทิศทางเดียวกันมากขึ้น ทำให้ได้ข้อสรุปแคบเข้า วิธีการนี้มีข้อดีคือผู้เชี่ยวชาญไม่ต้องพบปะกันซึ่งจะเป็นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรม การออกความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้นำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญอื่นไปพิจารณาตรึกตรองก่อน

(2) วิธีแนวโน้ม เป็นการพยากรณ์แนวโน้มของเหตุการณ์ในอดีตต่อเนื่องไปถึงเหตุการณ์ในอนาคต แนวโน้มอาจจะมีรูปลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น แนวโน้มการเจริญเติบโตจะเป็นได้ทั้งเอ็กโปเนนเชียล หรือแบบตัว S เป็นต้น

(3) การพยากรณ์แบบ Morphological เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดในอนาคตทุกเหตุการณ์ แล้วนำผลการศึกษาความเป็นไปได้นั้นพยากรณ์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2.1.4.2.2 Normative เป็นการพยากรณ์โดยกำหนดวัตถุประสงค์ และความต้องการในอนาคตขององค์กร แล้วจึงพิจารณาปัญหาอุปสรรค และผลที่จะมีต่อการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้บรรลุตามเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และความต้องการในอนาคตขององค์กร เช่น การพยากรณ์ลักษณะ รูปร่าง และขนาดของรถยนต์ เป็นต้น

2.1.5 การเลือกวิธีการพยากรณ์

ก่อนการพยากรณ์สิ่งที่ผู้พยากรณ์จะต้องคำนึงถึง จะพยากรณ์ให้เกิดของเหตุการณ์อะไร พยากรณ์เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์อะไร และพยากรณ์เพื่อให้ใครใช้ การเลือกวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีผู้พยากรณ์จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ [2]

2.1.5.1 ช่วงเวลาของการพยากรณ์ แต่ละวิธีเหมาะสมกับการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นระยะใกล้ ระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว

2.1.5.2 เวลาที่ใช้ในการทำการพยากรณ์ แต่ละวิธีจะใช้เวลาทั้งการหารูปแบบและการวิเคราะห์ที่ต่างกัน ในหน่วยงานที่ต้องพยากรณ์เหตุการณ์หลายเหตุการณ์ หากใช้วิธีการพยากรณ์ที่ยุ่งยากจะใช้เวลามาก อาจทำให้ผลการพยากรณ์ที่ได้ไม่ทันสมัยสำหรับการนำไปใช้

2.1.5.3 ลักษณะของข้อมูลที่มี และจำนวนที่มี ผู้พยากรณ์จำเป็นที่จะต้องทราบ

ว่าจะหาข้อมูลที่สนใจได้จากแหล่งใด ข้อมูลที่หาได้มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ข้อมูลมีจำนวนมากน้อยเพียงใด ข้อมูลมาจากแหล่งใด มีลักษณะการเคลื่อนไหวอย่างไร และมีหน่วยวัดอย่างไร ซึ่งความเข้าใจลักษณะของข้อมูลจะทำให้เลือกวิธีการพยากรณ์มีความเหมาะสม

2.1.5.4 ความถูกต้องของการพยากรณ์แต่ละวิธีการพยากรณ์จะให้ความถูกต้องของค่าพยากรณ์ที่แตกต่างกัน

2.1.5.5 ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการพยากรณ์ การพยากรณ์จะมีค่าใช้จ่ายที่ครอบคลุมตั้งแต่การหาตัวแปรที่เหมาะสมที่จะนำมาศึกษา หาและเก็บข้อมูล และการดำเนินการพยากรณ์ตั้งแต่การสร้างรูปแบบ จนถึงหาค่าพยากรณ์จากสมการพยากรณ์

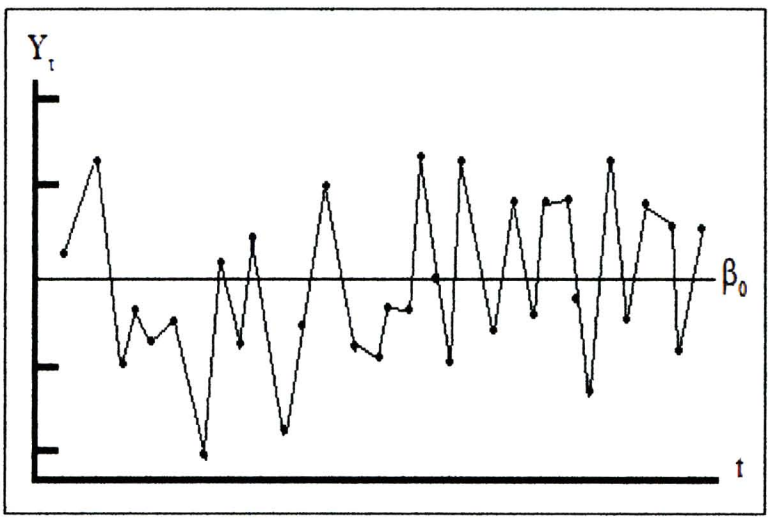
2.1.5.6 ข้อจำกัดของแต่ละวิธี วิธีการพยากรณ์แต่ละวิธี เช่น วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ จะให้ค่าพยากรณ์ทั้งที่เป็นแบบจุด และแบบช่วง ส่วนบางวิธีจะให้แต่ค่าพยากรณ์ที่เป็นแบบจุด เช่น วิธีแยกส่วนประกอบ

2.1.5.7 ความยากง่ายของการพยากรณ์ ในกรณีที่ผู้พยากรณ์ไม่ได้เป็นผู้ใช้ค่าพยากรณ์ ผู้พยากรณ์จะต้องอธิบายให้ผู้ใช้ค่าพยากรณ์เข้าใจหลักการของวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ หากวิธีการพยากรณ์มีความยุ่งยากซับซ้อน หรือเน้นวิชาการมากเกินไป ผู้ใช้ค่าพยากรณ์อาจจะไม่ใช้เพราะไม่แน่ใจกับค่าพยากรณ์ที่ได้ ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เลือกใช้ควรเป็นวิธีที่ไม่ยากนักต่อความเข้าใจ และให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูง

2.1.6 การวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

ความถูกต้องของการพยากรณ์เป็นสิ่งที่ผู้ใช้ค่าพยากรณ์ต้องการ ความถูกต้องจะมีมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความเคลื่อนของการพยากรณ์ (Forecast Error , e_t) ซึ่งเป็นผลต่างของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ ($e_t = Y_t - \hat{Y}_t$) ความคลาดเคลื่อนจะมากถ้าค่าจริงห่างจากค่าพยากรณ์มาก และจะน้อยถ้าค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริง การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนจะพิจารณาในสองทาง ได้แก่

2.1.6.1 จากกราฟความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์กับเวลา ค่าความคลาดเคลื่อน (e_t) ที่ได้จะเป็นค่าประมาณของค่าความคลาดเคลื่อนในประชากร (ε_t) ซึ่งในขั้นตอนของการกำหนดสมมติของรูปแบบจะกำหนดว่า ε_t , $\varepsilon_{t'}$ จะต้องมีความเป็นอิสระกัน ดังนั้นหากรูปแบบที่กำหนดเป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาจริง ค่าความคลาดเคลื่อน e_t และ $e_{t'}$ จะมีความเป็นอิสระกัน ดังภาพที่ 2.1 แสดงความคลาดเคลื่อนที่เป็นอิสระกัน



ภาพ 2.1 ความคลาดเคลื่อนที่เป็นอิสระกัน

2.1.6.2 ค่าสถิติที่ใช้วัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ได้มาจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ซึ่งใช้ประโยชน์เพื่อวัดความน่าเชื่อถือ และประโยชน์ของรูปแบบเปรียบเทียบรูปแบบ หารูปแบบที่เหมาะสม ดูพฤติกรรมของรูปแบบ โดยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่นิยมใช้มากได้แก่

2.1.6.2.1 Mean Absolute Deviation (MAD) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าความคลาดเคลื่อนโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน MAD จะมีหน่วยวัดเดียวกับค่าสังเกต

$$MAD = (\Sigma| e_t |)/n \qquad .....(2\text{-}1)$$

2.1.6.2.2 Mean Square Error (MSE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากค่าความคลาดเคลื่อน ค่า MSE จะไวต่อความคลาดเคลื่อนขนาดใหญ่ เพราะได้จากการนำค่าความคลาดเคลื่อนแต่ละค่ามายกกำลังสอง

$$MSE = (\Sigma e_t^2)/n \qquad .....(2\text{-}2)$$

บางครั้งผู้พยากรณ์จะใช้ RMSE (Root Mean Square Error) แทนโดย

RMSE = $\sqrt{MSE}$

2.1.6.2.3 Mean Absolute Percent Error (MAPE) เป็นค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่วัดจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่เทียบกับค่าจริง ค่าวัดความถูกต้อง

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

นี้เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยจึงเหมาะสมที่จะใช้กับการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุด เมื่อใช้วิธีการพยากรณ์เดียวกัน

$$MAPE = (\Sigma| e_t |/Y_t)/n \quad .....(2-3)$$

2.1.6.2.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง Y กับ $\hat{Y}$ เมื่อค่า r เข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าพยากรณ์ และค่าจริงมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกันสูง นั่นคือ จุด (Y_t , $\hat{Y}_t$) ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นตรงที่เรียกว่าเส้น 45 องศา ในทางกลับกัน เมื่อค่า r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าพยากรณ์ต่างจากค่าจริงมาก

$$r = \frac{\sum\left(Y_t - \bar{Y}\right)\left(\hat{Y}_t - \bar{\hat{Y}}\right)}{\sqrt{\sum\left(Y_t - \bar{Y}\right)^2 \sum\left(\hat{Y}_t - \bar{\hat{Y}}\right)^2}} \quad .....(2-4)$$

2.2 อนุกรมเวลา และส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

2.2.1 อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา หมายถึง กลุ่มของค่าสังเกตที่เก็บรวบรวมมาตามเวลาอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาห่างที่เก็บค่าสังเกตมาจะเท่ากันหรือไม่ก็ได้ จะใช้สัญลักษณ์ (Y_t) แทนอนุกรมเวลา [4] Y_1, ..., Y_n ที่เก็บมาใน n ช่วงเวลา วิธีการพยากรณ์ส่วนใหญ่จะใช้กับกรณีที่ช่วงเวลาห่างเท่ากัน เช่น ปี ครึ่งปี ไตรมาส และเดือน เป็นต้น ในบางครั้งช่วงเวลาของการเก็บค่าสังเกตแต่ละค่าสั้น หากต้องการอนุกรมเวลาที่มีช่วงกว้าง เช่น เก็บรวบรวมอนุกรมเวลารายวัน แต่ต้องการอนุกรมเวลารายเดือนหรือรายไตรมาส เพื่อศึกษาอิทธิพลของฤดูกาล สามารถทำได้โดยการปรับข้อมูลโดยการหาผลรวมของค่าสังเกตในช่วงเวลาเดิม เพื่อเป็นค่าสังเกตของช่วงเวลาใหม่ หรือเลือกบางค่าในช่วงเวลาเดิมเป็นค่าสังเกตของช่วงเวลาใหม่ ซึ่งการเลือกค่าบางค่านั้นจะต้องเป็นการเลือกอย่างเป็นระบบ เช่น จากอนุกรมเวลารายเดือนจะสร้างอนุกรมเวลารายปีโดยหาผลรวม หรือค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตในปีนั้น หรือค่าของเดือนใดเดือนหนึ่ง เพื่อเป็นตัวแทนค่าสังเกตของปีนั้น เป็นต้น

ค่าสังเกตในอนุกรมเวลาจะมีลักษณะที่แตกต่างจากค่าสังเกตในข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ เพราะค่าสังเกตที่ได้จากการสำรวจจะมีความเป็นอิสระกัน และไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ค่าสังเกตค่าใดค่าหนึ่งจะไม่ขึ้นกับค่าสังเกตอื่น แต่ค่าสังเกตในอนุกรมเวลาจะมีความเกี่ยวข้องกัน จากความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตจากอนุกรมเวลา และค่าสังเกตจากการสำรวจ การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจจึงใช้กับการวิเคราะห์อนุกรมเวลาไม่ได้ การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าสังเกตที่อยู่ห่างกันในช่วงเวลาต่าง ๆ แล้วเอาผลจากการศึกษาความสัมพันธ์นั้นไปใช้ในการพยากรณ์ค่าในอนาคต หรือเป็นการศึกษาว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่ทำให้มีการเคลื่อนไหวของอนุกรม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 8 ม.ย. 2554
242217
ทะเบียน.....
เรียกหนังสือ.....

เวลาในลักษณะต่าง ๆ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจจะเป็นการศึกษาลักษณะของตัวอย่างที่สุ่มมาเพื่อสรุปผลเกี่ยวกับลักษณะของประชากร

2.2.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ได้แก่

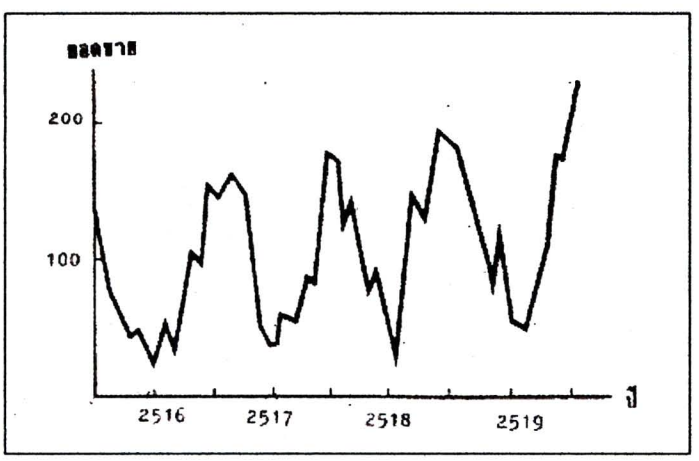
2.2.1.1.1 เพื่อศึกษาแผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา โดยการสร้างรูปแบอนุกรมเวลา หรือรูปแบบการถดถอย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอนุกรมเวลาที่แทนปัจจัย หรือตัวแปรต่าง ๆ

2.2.1.1.2 เพื่อพยากรณ์ค่าในอนาคตจากแผนแบบ หรือสมการที่สร้างขึ้น การพยากรณ์ค่าในอนาคตจะทำภายใต้ข้อสมมติว่าแผนแบบ หรือความสัมพันธ์ในอนาคตไม่แตกต่างจากแผนแบบ หรือรูปแบบที่เกิดขึ้นแล้ว

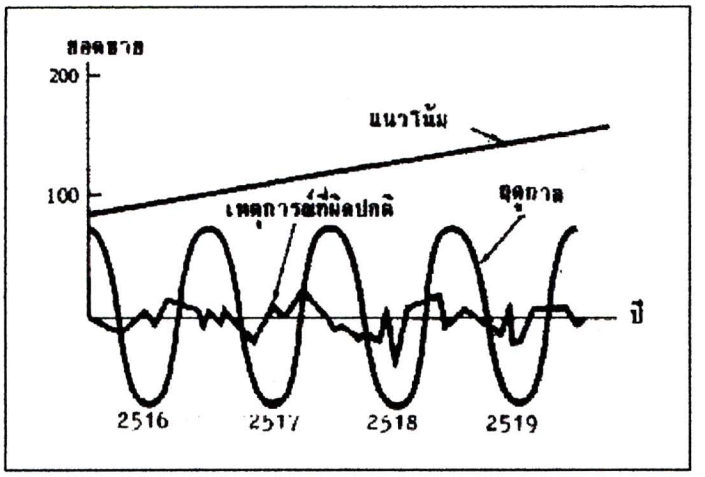
2.2.1.1.3 เพื่อควบคุมการทำงานของกระบวนการในองค์กรต่าง ๆ ว่าได้มีการทำงานอยู่ในระดับที่น่าพอใจหรือไม่

2.2.2 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา [2]

การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะมีลักษณะแบบใดนั้น การพิจารณาขั้นต้นจะพิจารณาได้จากกราฟ (t, Y_t) เมื่อ t เป็นเวลาอยู่บนแกนนอน และ Y_t เป็นค่าสังเกต ณ เวลา t อยู่บนแกนตั้ง เช่น ภาพที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนไหวของยอดขายรายเดือนของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งระหว่างปี พ.ศ. 2516 ถึง 2519 จากรูปจะเห็นว่าในช่วงเวลา 4 ปี ยอดขายของห้างสรรพสินค้าในแต่ละปีมีแนวโน้มที่สูงขึ้นแบบเส้นตรง เมื่อพิจารณายอดขายแต่ละเดือนจะเห็นว่าในช่วงต้นของแต่ละปียอดขายสินค้าจะสูงและลดลงช่วงกลางปี และจะสูงขึ้นอีกในช่วงปลายปี และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนไหวของยอดขายแต่ละปี จะเห็นว่าแต่ละปีมีแผนแบบเคลื่อนไหวที่ไม่ต่างกันนัก



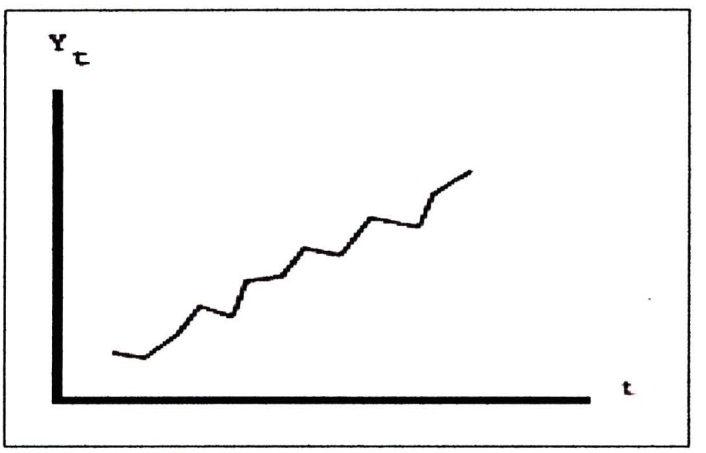
ภาพ 2.2 ยอดขายรายเดือนของห้างสรรพสินค้า



ภาพ 2.3 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลายอดขายรายเดือนของสรรพสินค้า

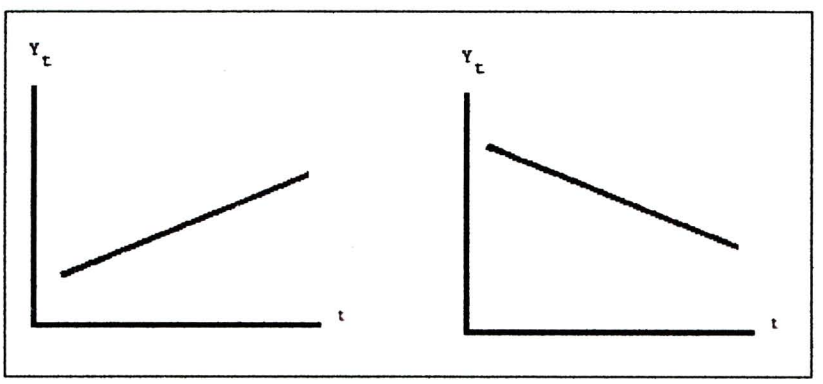
ภาพที่ 2.3 แสดงการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลายอดขายของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งที่แสดงในภาพที่ 2.2 เป็น 3 ส่วน ได้แก่ แนวโน้มเส้นตรงที่แสดงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาระยะยาว แผนแบบฤดูกาลที่แสดงอิทธิพลของฤดูที่ไม่แตกต่างกันในแต่ละปี และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช้แนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลที่อาจเนื่องมาจากการเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ หรืออิทธิพลอื่นที่ได้นำมาพิจารณา จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งส่วนประกอบหลักของอนุกรมเวลาได้แก่แนวโน้ม (Trend) อิทธิพลของฤดูกาล (Seasonal Effect) อิทธิพลของวัฏจักร (Cyclical Effect) และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (Irregular Effect) แต่ละอนุกรมเวลาจะมีส่วนประกอบมากกว่าหนึ่งส่วนประกอบได้ โดยทั่วไปส่วนประกอบของอนุกรมเวลามี ดังนี้

2.2.2.1 แนวโน้ม หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มขึ้น หรือลง (Upward หรือ Downward Trend) ภาพที่ 2.4 แสดงแนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา แนวโน้มจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญ และความเสื่อมของเหตุการณ์ต่าง ๆ เช่น ภาวการณ์ซื้อขายอสังหาริมทรัพย์ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี รสนิยมของผู้บริโภค รายได้ประชาชาติ จำนวนคนว่างงาน การเติบโตของตลาด ภาวะเฟ้อและภาวะเงินตึง จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้าประเทศในช่วง 10 ปีผ่านมามาแนวโน้มในทางขึ้น ซึ่งอาจจะขึ้นกับปัจจัยเกี่ยวกับภาวะเศรษฐกิจของโลก ความเจริญประเทศ จำนวนประชากรโลก ดัชนีค่าครองชีพในประเทศ เป็นต้น



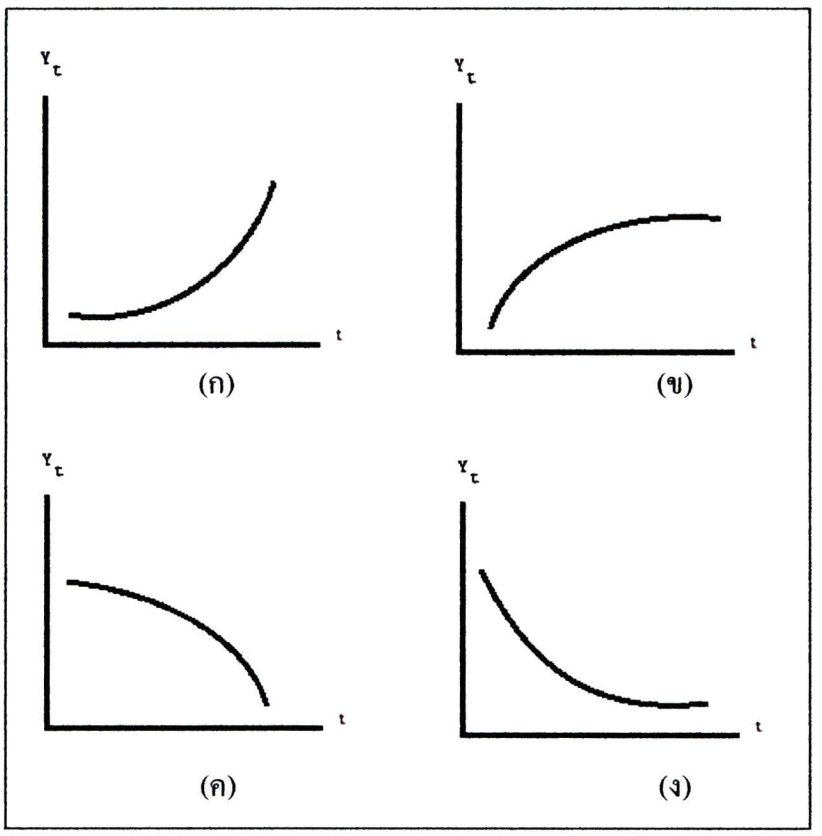
ภาพ 2.4 แนวโน้มทางขึ้น

การพิจารณาลักษณะแนวโน้มจะเริ่มจากการพิจารณากราฟ (t, Y_t) แนวโน้มมีลักษณะเป็นไปได้ต่าง ๆ กัน เช่น แนวโน้มเส้นตรง (Linear Trend) แนวโน้มกำลังสอง (Quadratic Trend) แนวโน้มแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential Trend) และแนวโน้มแบบตัว S (S-Shaped) เป็นต้น ภาพที่ 2.5 แสดงแนวโน้มเส้นตรง เป็นกรณีที่เมื่อเวลาผ่านไปค่าสังเกตจะมี (ก) ค่าเพิ่มขึ้น และ (ข) ค่าลดลงในอัตราที่คงที่ ส่วนภาพที่ 2.6 แสดงแนวโน้มแบบกำลังสอง เป็นกรณีที่เมื่อเวลาผ่านไป ค่าสังเกตจะ (ก) เพิ่มขึ้น ในอัตราที่เพิ่มขึ้น (ข) เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง (ค) ลดลงในอัตราที่เพิ่มขึ้น และ (ง) ลดลงในอัตราที่ลดลง ภาพที่ 2.7 แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลังเป็นกรณีที่เมื่อเวลาผ่านไปค่าสังเกตจะมีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง นั่นคือมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้น และภาพที่ 2.8 แสดงแนวโน้มแบบตัว S ค่าสังเกตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้น และเมื่อเวลาผ่านไปค่าสังเกตจะมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง

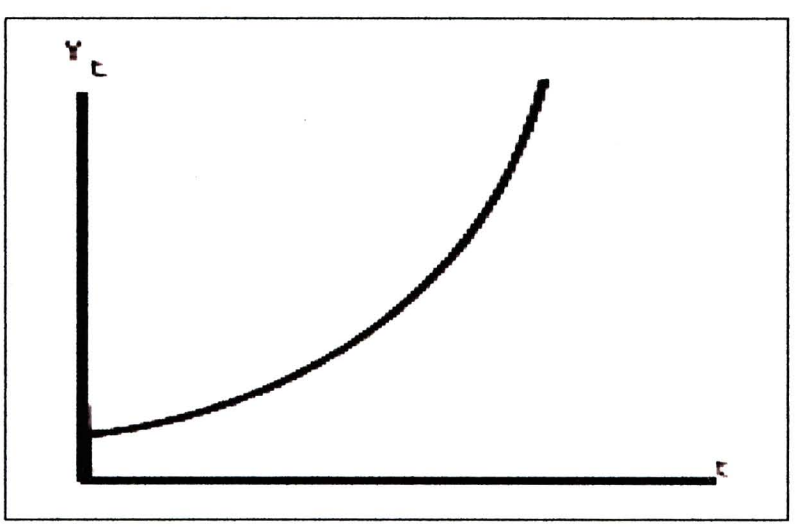


(ก) (ข)

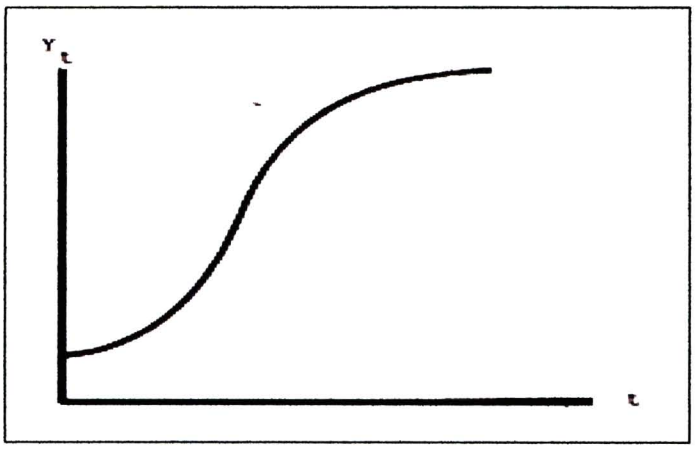
ภาพ 2.5 แนวโน้มเส้นตรงเมื่อเวลา t ผ่านไป ค่าของ Y_t (ก) จะเพิ่มขึ้น และ (ข) ลดลงในอัตราที่คงที่



ภาพ 2.6 แนวโน้มแบบกำลังสองเมื่อเวลา t ผ่านไป ค่าของ Y_t จะ (ก) เพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้น (ข) เพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง (ค) ลดลงในอัตราที่เพิ่มขึ้น (ง) ลดลงในอัตราที่ลดลง

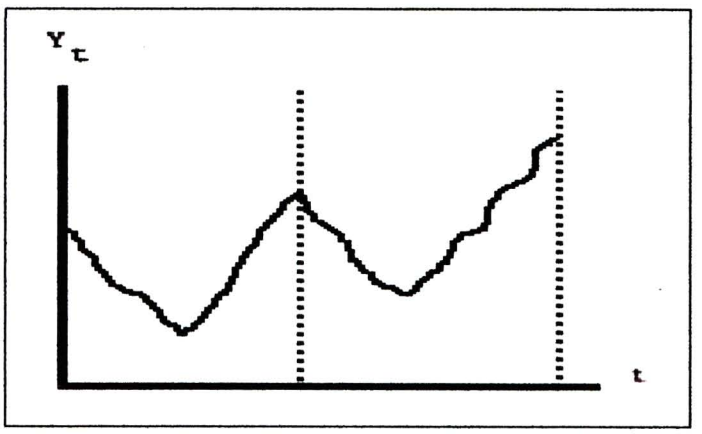


ภาพ 2.7 แนวโน้มแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง



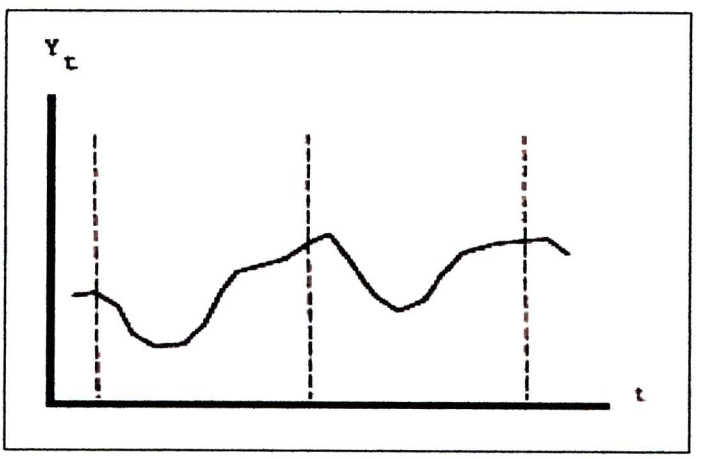
ภาพ 2.8 แนวโน้มแบบตัว S

2.2.2.2 อิทธิพลของฤดู การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีผลเนื่องจากฤดูกาล การเคลื่อนไหวจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วอีกในช่วงเวลาหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็นหนึ่งปี ภาพที่ 2.9 แสดงอิทธิพลของฤดูกาลที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในช่วงเวลา 2 ปี แผนแบบในแต่ละปีจะไม่แตกต่างกันมากนัก ในช่วงต้นปีค่าสังเกตจะมีค่าสูง ต่ำลงในช่วงกลางปีและจะมีค่าสูงอีกในช่วงปลายปี ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอิทธิพลของฤดูกาลมีได้หลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ วัฒนธรรม กำหนดการตามปฏิทินที่หน่วยงานกำหนดขึ้น ตัวอย่างของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิรายเดือนที่จังหวัดเชียงใหม่จำนวนอาคารที่เริ่มการก่อสร้างในแต่ละเดือนยอดขายอุปกรณ์เครื่องหนาวรายเดือนของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งยอดขายเครื่องปรับอากาศรายเดือน จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้าประเทศไทยรายเดือน เป็นต้น อนุกรมเวลาที่ใช้ในการพิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลมักจะเป็นอนุกรมเวลารายเดือน หรือรายไตรมาสที่มีการเก็บรวบรวมไว้อย่างน้อย 2 ปีขึ้นไป

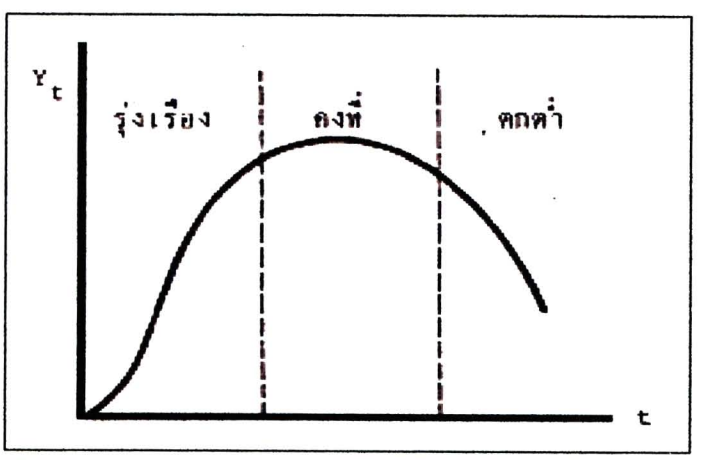


ภาพ 2.9 อิทธิพลของฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี

2.2.2.3 อิทธิพลของวัฏจักร อนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมในระยะยาวหลายปี การเคลื่อนไหวอาจจะแสดงอิทธิพลของวัฏจักรที่มีลักษณะทำนองเดียวกันกับอิทธิพลของฤดูกาล โดยวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปี แต่ละช่วงจะมีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมากนัก ภาพที่ 2.10 แสดงอิทธิพลของวัฏจักรในช่วงเวลา 20 ปี โดยวัฏจักรหนึ่งจะคลุมช่วง 10 ปี ในช่วงต้นค่าสังเกตจะมีค่าสูง ช่วงกลางมีค่าต่ำลง และช่วงปลายมีค่าสูงขึ้น วัฏจักรที่พบเสมอได้แก่ วัฏจักรธุรกิจ (Business Cycle) แผนแบบวัฏจักรธุรกิจจะแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงรุ่งเรือง (Growth) ช่วงคงที่ (Maturity) และช่วงตกต่ำ (Decline) ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะของวัฏจักรธุรกิจที่มีช่วงรุ่งเรือง ช่วงคงที่ และช่วงตกต่ำ นอกจากวัฏจักรธุรกิจที่พบบ่อยแล้วยังมีวัฏจักรอื่น ๆ เช่น วัฏจักรอากาศที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลทางการเกษตร การดำเนินการทางอุตสาหกรรม และวัฏจักรเสื้อผ้า ที่มีอิทธิพลต่อการแต่งกายของสุภาพสตรี เป็นต้น



ภาพ 2.10 อิทธิพลของวัฏจักรในช่วงเวลาระหว่างปี 2513 ถึง 2533



ภาพ 2.11 วัฏจักรธุรกิจ

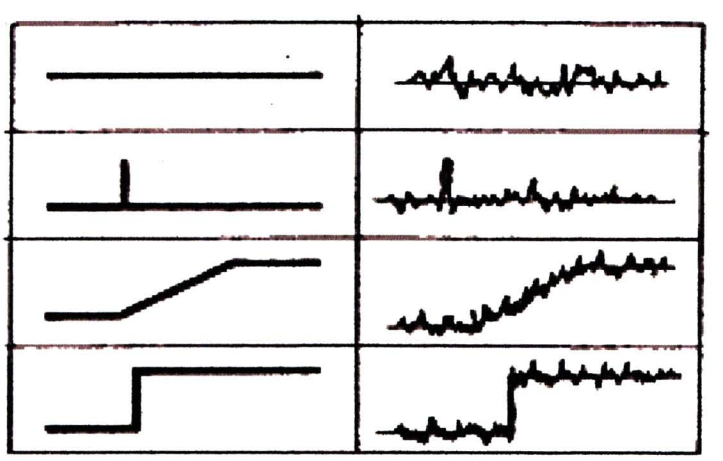
2.2.2.4 เหตุการณ์ที่ผิดปกติ เป็นการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแผนแบบที่ไม่แน่นอน เหตุการณ์ผิดปกตินี้ส่วนใหญ่จะเป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อน หรือไม่เกิดบ่อยครั้ง เช่น น้ำท่วม พายุ อุบัติเหตุ ปฏิวัติ สงคราม การนัดหยุดงาน ข่าวลือ เป็นต้น รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เนื่องจากแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล และอิทธิพลของวัฏจักร

ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาอันได้แก่ แนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล อิทธิพลของวัฏจักร และเหตุการณ์ที่ผิดปกติ อิทธิพลของแนวโน้มเป็นส่วนประกอบที่วัดขนาดและทิศทางได้ โดยวัดแนวโน้มจากสมการแนวโน้มที่สร้างขึ้นวัดอิทธิพลของฤดูกาลด้วยดัชนีฤดูกาล และวัดอิทธิพลของวัฏจักรด้วยดัชนีวัฏจักร หรือค่าวัดอิทธิพลของวัฏจักรเนื่องจากแต่ละส่วนประกอบหาค่าวัดลักษณะได้จึงเรียกส่วนประกอบนี้ว่าส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่วัดค่าได้ (Deterministic Component) และเรียกเหตุการณ์ที่ผิดปกติว่าเป็นส่วนประกอบของอนุกรมที่วัดค่าไม่ได้ (Stochastic Component)

2.2.3 การรวมส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

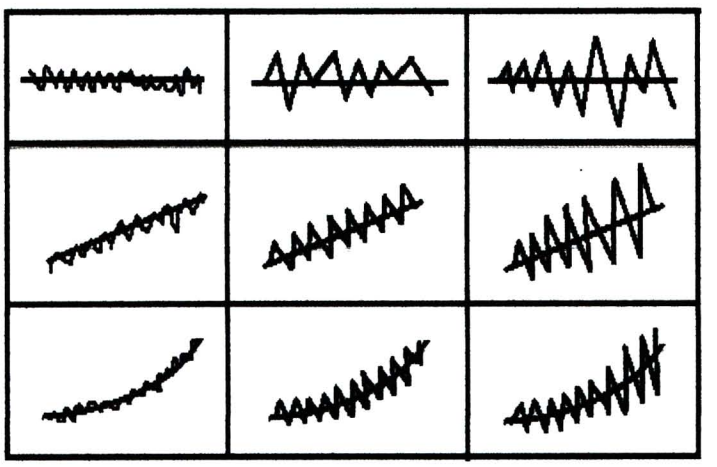
การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาจะเป็นอย่างไรนั้นมีผลเนื่องมาจากลักษณะของส่วนประกอบของอนุกรมเวลาซึ่งได้แก่ แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร และเหตุการณ์ที่ผิดปกติการรวมส่วนประกอบของอนุกรมเวลามีได้หลายกรณี ได้แก่

2.2.3.1 กรณีที่การเคลื่อนไหวของอนุกรมไม่เกี่ยวกับแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล และ/หรืออิทธิพลของวัฏจักร ภาพที่ 2.12 แสดงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ค่าคงที่ลักษณะต่าง ๆ และมีเหตุการณ์ที่ผิดปกติเข้ามาเกี่ยวข้อง



ภาพ 2.12 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีค่าคงที่ลักษณะต่าง ๆ และมีเหตุการณ์ที่ผิดปกติเข้ามาข้องเกี่ยว

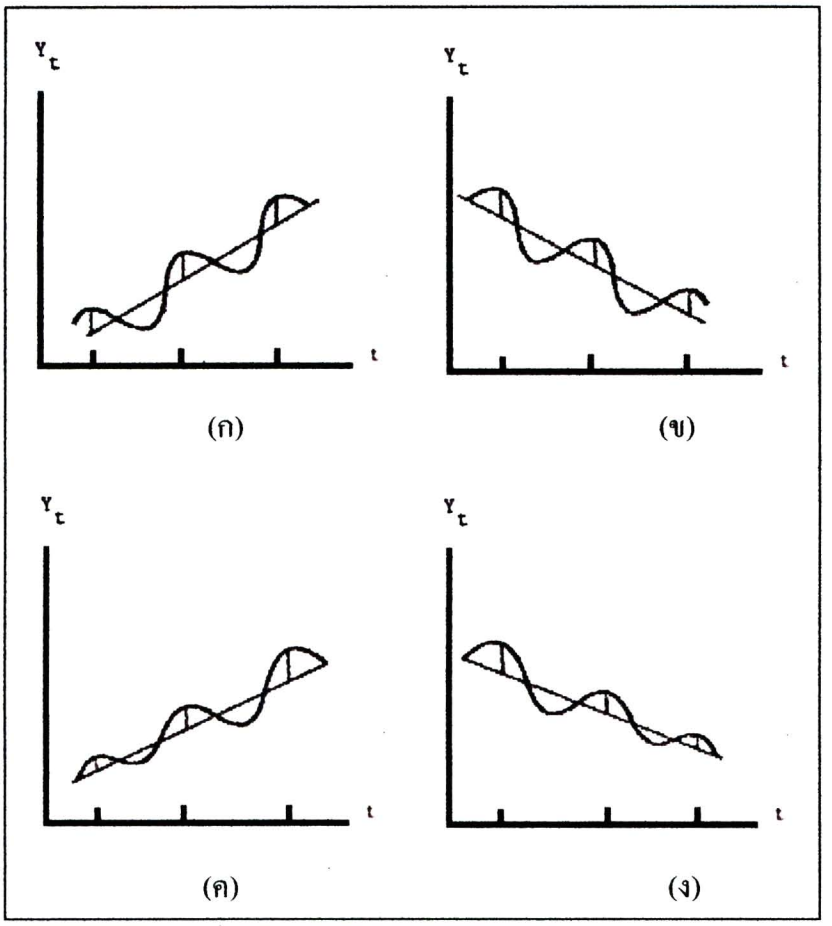
2.2.3.2 กรณีที่การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีผลเนื่องมาจากแนวโน้ม อิทธิพลของฤดูกาล และ/หรืออิทธิพลของวัฏจักร ลักษณะแนวโน้ม จะเป็นได้ทั้งแบบเส้นตรง และเส้นโค้ง ในทำนองเดียวกันแผนแบบของอิทธิพลของฤดูกาลก็มีได้หลายแผนแบบ การรวมตัวของแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาลจะเป็นได้ทั้งแบบคูณและแบบบวก การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีการรวมต่างแบบกันจะมีลักษณะแตกต่างกัน ภาพที่ 2.13 แสดงการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเมื่อไม่มีแนวโน้ม มีแนวโน้มแบบเส้นตรง มีแนวโน้มแบบเส้นโค้ง และมีการรวมแนวโน้มกับส่วนประกอบ ที่เนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาลทั้งแบบบวก และแบบคูณ จะเห็นว่ากรณีที่การรวมตัวของอิทธิพลของฤดูกาลเป็นแบบบวก การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะในส่วนของอิทธิพลของฤดูกาลในแต่ละปีจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อการรวมตัวเป็นแบบคูณ การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะในส่วนของอิทธิพลฤดูกาลในแต่ละปีจะมีมากขึ้น หรือน้อยลง นั่นคือการแกว่งของเส้นจะมีมากขึ้น หรือน้อยลงขึ้นอยู่กับแนวโน้มเป็นแบบขึ้น หรือแบบลง



ภาพ 2.13 การรวมตัวของแนวโน้ม และอิทธิพลฤดูกาล

การวิเคราะห์เบื้องต้นว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีส่วนประกอบอะไรบ้าง และมีการรวมตัวของส่วนประกอบเป็นแบบบวก หรือแบบคูณมีความจำเป็นต่อการวิเคราะห์อนุกรมเวลามาก การตรวจสอบว่าการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลามีส่วนประกอบอะไรบ้างจะทำได้โดยพิจารณาด้วยสายตาจากกราฟ หรือใช้การทดสอบสมมติฐานต่าง ๆ ทั้งแบบใช้พารามิเตอร์ และไม่ใช้พารามิเตอร์ ส่วนการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลามีรูปแบบเป็นแบบบวก หรือแบบบวก หรือแบบคูณ (Additive หรือ Multiplicative Model) ผู้พยากรณ์อาจจะพิจารณาจากกราฟ (t, Y_t) ถ้าเส้นอนุกรมเวลาแกว่งออกจากเส้นแนวโน้มในเดือนเดียวกันแต่ต่างปีกันไม่ต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.14 (ก) และ (ข) รูปแบบจะเป็นแบบบวก แต่ถ้าเส้นอนุกรมเวลาแกว่งออกจากเส้นแนวโน้มใน

เดือนเดียวกันแต่ต่างปีกัน ต่างกันในทางที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง ดังแสดงในภาพที่ 2.14 (ค) และ (ง) รูปแบบจะเป็นแบบคูณ การกำหนดรูปแบบของอนุกรมเวลาว่าเป็นแบบบวก หรือแบบคูณนั้น จำเป็นต้องทำก่อนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพราะวิธีการพยากรณ์จะแตกต่างกันตามรูปแบบคูณหรือแบบบวกที่กำหนด การกำหนดรูปแบบของอนุกรมเวลาผิดพลาดจะทำให้ค่าพยากรณ์ต่างจากค่าจริงมาก หรือให้ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์สูง



ภาพ 2.14 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและอิทธิพลของฤดูกาล (ก) และ (ข) มีรูปแบบเป็นแบบบวก (ค) และ (ง) มีรูปแบบเป็นแบบคูณ

2.2.3.3 ค่าวัดอิทธิพลของวัฏจักร การวัดจะทำทำนองเดียวกับ การวัดอิทธิพลของฤดูกาล โดยหนึ่งปีในการวัดอิทธิพลของฤดูกาลจะเหมือนกับหนึ่งวัฏจักรในการวัดอิทธิพลของวัฏจักร ในวัฏจักรหนึ่งสำหรับอนุกรมเวลาต่างชุดกันอาจจะมีช่วงที่ต่างกัน จำนวนปีในหนึ่งวัฏจักรสำหรับการวัดอิทธิพลของวัฏจักรจะเทียบได้กับจำนวนฤดูในหนึ่งปีสำหรับการวัดอิทธิพลของฤดูกาล

2.2.3.4 การวัดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ หน่วยวัดจะขึ้นอยู่กับรูปแบบว่าเป็นแบบบวกหรือคูณ ถ้าเป็นแบบบวกหน่วยวัดจะเป็นหน่วยเดียวกับค่าสังเกต ถ้าเป็นแบบคูณค่าวัดจะไม่มีหน่วย เหตุการณ์ที่ผิดปกติมักจะหารูปแบบของการเกิดไม่ได้ ในกรณีที่ค่าวัดเหตุการณ์ที่ผิดปกติมีค่าไม่สูงมากอาจจะไม่นำส่วนประกอบนี้ไปใช้ในการพยากรณ์

2.3 วิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method)

วิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method) เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาวิธีหนึ่งที่ใช้ประโยชน์เพื่อการพยากรณ์ ซึ่งมีหลักการคือ การใช้ข้อมูลในอดีตส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ โดยน้ำหนักที่ให้ข้อมูลแต่ละตัวต่างกัน ซึ่งมีรูปแบบการให้น้ำหนักแก่ข้อมูลหลายรูปแบบ จึงทำให้วิธีการปรับให้เรียบมีหลายวิธีเช่นเดียวกันโดยแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะของอนุกรมเวลาได้ ดังนี้ [2]

2.3.1 อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะมีวิธีต่าง ๆ ได้แก่

2.3.1.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple Moving Average Method) หรือวิธี SMA ค่าพยากรณ์จะได้จากข้อมูลล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับข้อมูลแต่ละตัวจะเท่ากันนั่นคือค่าพยากรณ์เป็นค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตล่าสุดจำนวนหนึ่ง

2.3.1.2 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average Method) หรือวิธี WMA ค่าพยากรณ์จะได้จากข้อมูลล่าสุดจำนวนหนึ่ง โดยน้ำหนักที่ให้กับข้อมูลแต่ละตัวไม่เท่ากัน ซึ่งจะให้น้ำหนักกับค่าที่เกิดขึ้นล่าสุดมากกว่าค่าที่เกิดขึ้นนานแล้ว

2.3.1.3 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบง่าย (Simple Exponential Smoothing) หรือวิธี SES ค่าพยากรณ์จะใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทั้งหมดโดยน้ำหนักที่ให้กับข้อมูลแต่ละตัวไม่เท่ากัน ซึ่งจะให้น้ำหนักกับค่าสังเกตที่เกิดขึ้นล่าสุดมาก และลดหลั่นลงไปตามข้อมูลที่อยู่ห่างออกไป โดยการลดลงของน้ำหนักนี้จะลดลงแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง น้ำหนักจะเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนัก (Smoothing Constant) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.3.2 อนุกรมเวลามีแนวโน้ม แต่ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งแนวโน้มอาจจะมีลักษณะแบบต่าง ๆ เช่น แบบเส้นตรง แบบ Exponential และแบบ Quadratic โดยการปรับเรียบสำหรับแต่ละลักษณะจะมีวิธีต่าง ๆ ได้แก่

2.3.2.1 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (Double Moving Average Method) หรือวิธี DME ซึ่งจะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง ค่าจุดตัดแกน y และค่าความลาดชันของสมการแนวโน้มจะได้จากการทำเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ครั้ง ของอนุกรมเวลา

2.3.2.2 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบดับเบิ้ล (Double Exponential Smoothing) หรือวิธี DES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง หลักการของวิธี DES โดยมีหลักการคล้ายกับวิธี SES คือค่าจุดตัดแกน y และค่าความลาดชันในสมการแนวโน้มสุดท้ายที่ใช้ในการพยากรณ์ จะได้มาจากค่าจุดตัดแกน y และค่าความลาดชันในอดีต โดยการให้น้ำหนักกับจุดตัดแกน y และความลาดชันในอดีตต่างกัน น้ำหนักที่ให้จะขึ้นอยู่กับค่าปรับน้ำหนักที่เหมาะสมที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.3.2.3 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบเส้นตรง (Linear Exponential Smoothing) หรือวิธี LES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรง เหมือนกับวิธี DES แต่จะมีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า ซึ่งต่างก็มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าปรับน้ำหนักจะเป็นของค่าจุดตัดแกน y ส่วนค่าปรับน้ำหนักอีกค่าหนึ่งจะเป็นของค่าความลาดชัน

2.3.2.4 วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบทริบเปิ้ล (Triple Exponential Smoothing) หรือวิธี TES จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ Quadratic ในรูปแบบแนวโน้มจะมีพารามิเตอร์ หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย จำนวน 3 พารามิเตอร์ ซึ่งการประมาณพารามิเตอร์จะทำเช่นเดียวกับการประมาณค่าคงที่โดยวิธี SES และการประมาณค่าจุดตัดแกน y และค่าความลาดชันโดยวิธี DES และ LES เนื่องจากมีพารามิเตอร์ 3 ค่า จะใช้ค่าปรับน้ำหนักจำนวน 3 ค่า ซึ่งแต่ละค่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

2.3.2.5 วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Moving Average of Percentage Change Method) หรือวิธี MAPC จะใช้กับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบ Exponential การประมาณอัตราการเพิ่ม หรืออัตราการลดของค่าสังเกตต่อหน่วยเวลาจะทำโดยใช้หลักการของการปรับให้เรียบ

2.3.3 อนุกรมเวลาที่ไม่มีแนวโน้ม แต่มีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบฤดูกาล (Simple Seasonal Exponential Smoothing) หรือวิธี SSES สมการพยากรณ์จะสร้างขึ้นโดยใช้หลักการปรับเรียบ ซึ่งมีค่าปรับน้ำหนัก 2 ค่า คือ ค่าคงที่ และค่าวัดฤดูกาล ค่าปรับน้ำหนักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่ออนุกรมเวลามีรูปแบบต่างกัน คือ รูปแบบบวกหรือรูปแบบคูณ การปรับให้เรียบจะใช้หลักการที่ไม่ต่างกันนัก

2.3.4 อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง และมีอิทธิพลของฤดูกาล จะใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบโฮลท์-วินเตอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing) หรือวิธี HWS สมการพยากรณ์จะประกอบด้วยส่วนของแนวโน้ม และส่วนของฤดูกาลที่สร้างขึ้นโดยใช้หลักการปรับเรียบซึ่งจะปรับน้ำหนัก 3 ค่า คือค่าจุดตัดแกน y ค่าความลาดชันและค่าวัดอิทธิพลของ

ฤดูกาล ค่าปรับน้ำหนักจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่ออนุกรมเวลามีรูปแบบต่างกัน คือ รูปแบบบวก หรือรูปแบบคูณ การปรับให้เรียบจะใช้หลักการที่ไม่ต่างกันมากนัก

เนื่องจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาปริมาณการใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ภาคเหนือในครั้งนี้ พบว่าเป็นอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเส้นตรง และมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบโฮลท์-วินเตอร์ (Holt-Winters Exponential Smoothing) ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบโฮลท์-วินเตอร์ หรือวิธี HWS เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวทั้งจากแนวโน้ม และอิทธิพลของฤดูกาล รูปแบบอาจจะเป็นทั้งแบบบวก และแบบคูณ หลักการของวิธี HWS จะเป็นทำนองเดียวกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอื่น ๆ โดยทั่วไปที่ต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นและค่าปรับน้ำหนัก วิธี HWS จะมีค่าปรับน้ำหนัก 3 ค่า ได้แก่ α เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับค่าแนวโน้ม γ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับ Slope และ δ เป็นค่าปรับน้ำหนักสำหรับฤดูกาล กำหนดให้

$\hat{T}_t(t)$ = ค่าแนวโน้ม ณ เวลา t

$\hat{\beta}_1(t)$ = ค่า Slope ณ เวลา t

$\hat{S}_i(t)$ = ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล หรือดัชนีฤดูที่ i ณ เวลา t

รูปแบบของอนุกรมเวลา สมการปรับค่า $\hat{T}_t(t)$, $\hat{\beta}_1(t)$ และ $\hat{S}_i(t)$ และสมการพยากรณ์กรณี รูปแบบบวกและรูปแบบคูณแสดงในตารางที่ 2.1 สำหรับปรับค่าจะเขียนได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบปรับให้เรียบ และแบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน การคำนวณไม่ว่าจะใช้สมการปรับค่าแบบใดจะให้ผลไม่ต่างกัน

ตาราง 2.1 รูปแบบอนุกรมเวลา สมการปรับค่าและสมการปรับค่า และสมการพยากรณ์ที่ได้จากวิธี HWS [2]

ลักษณะ	รูปแบบ	สมการปรับค่า		สมการพยากรณ์
		แบบปรับให้เรียบ	แบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน	
บวก	$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) + S_t + \varepsilon_t$	$\hat{T}_t(t) = \alpha[Y_t - \hat{S}_t(t-1)] + (1-\alpha)\hat{T}_t(t-1)$ $\hat{\beta}_1(t) = \gamma[\hat{T}_t - \hat{T}_t(t-1)] + (1-\gamma)\hat{\beta}_1(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \delta[Y_t - \hat{T}_t(t-1)] + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า t อยู่ในฤดูที่ i} \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า t ไม่อยู่ในฤดูที่ i} \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \alpha e_t$ $\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \alpha\gamma e_t$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \delta(1-\alpha)e_t & \text{ถ้า t อยู่ในฤดูที่ i} \\ \hat{S}_i(t-1) \text{ ถ้า t ไม่อยู่ในฤดูที่ i} \end{cases}$	$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t) + \hat{S}_{t+p}(t)$ สำหรับ p = 1, 2, ... เมื่อ $\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$
คูณ	$Y_t = (\beta_0 + \beta_1 t) S_t \varepsilon_t$	$\hat{T}_t(t) = \alpha\frac{Y_t}{\hat{S}_t(T-1)} + (1-\alpha)\hat{T}_t(t-1)$ $\hat{\beta}_1(t) = \gamma[\hat{T}_t - \hat{T}_t(t-1)] + (1-\gamma)\hat{\beta}_1(t-1)$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \frac{\delta Y_t}{\hat{T}_t(t)} + (1-\delta)\hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า t อยู่ในฤดูที่ i} \\ \hat{S}_i(t-1) & \text{ถ้า t ไม่อยู่ในฤดูที่ i} \end{cases}$	$\hat{T}_t(t) = \hat{T}_t(t-1) + \frac{\alpha e_t}{\hat{S}_t(t-1)}$ $\hat{\beta}_1(t) = \hat{\beta}_1(t-1) + \frac{\alpha\gamma e_t}{\hat{S}_t(t-1)}$ $\hat{S}_i(t) = \begin{cases} \hat{S}_i(t-1) + \frac{\delta(1-\alpha)e_t}{\hat{S}_t(t-1)} & \text{ถ้า t อยู่ในฤดูที่ i} \\ \hat{S}_i(t-1) \text{ ถ้า t ไม่อยู่ในฤดูที่ i} \end{cases}$	$\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_{t+p}(t)\hat{S}_{t+p}(t)$ สำหรับ p = 1, 2, ... เมื่อ $\hat{Y}_{t+p}(t) = \hat{T}_t(t) + p\hat{\beta}_1(t)$

2.4 วิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method) [5]

วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาโดยทั่วไป จะมีข้อสมมติข้อหนึ่งคือ อนุกรมเวลา (... , Y_{t-1} , Y_t , Y_{t+1} , ...) ไม่มีสหสัมพันธ์ แต่ข้อสมมตินี้ในบางอนุกรมเวลาพบว่าไม่เป็นจริง ซึ่งมีอนุกรมเวลา (... , Y_{t-1} , Y_t , Y_{t+1} , ...) มีสหสัมพันธ์ ถ้าเป็นลักษณะนี้การใช้วิธีที่มีข้อสมมติว่า ตัวแปรอนุกรมเวลาไม่มีสหสัมพันธ์จะทำให้ไม่เหมาะสม เพราะวิธีการเหล่านี้ไม่ได้นำเอาสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นไปใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ดังนั้นจึงได้มีผู้คิดค้นหาวิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ สำหรับอนุกรมเวลาที่สามารถนำเอาสหสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่า ซึ่งวิธีหนึ่งที่เป็นที่รู้จัก และนิยมใช้กันมากคือวิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ [5]

วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ จะหาตัวแบบอนุกรมเวลา โดยพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่าง Y ที่ตำแหน่งเวลา หรือคาบเวลา t(Y_t) และ Y ที่ตำแหน่ง หรือคาบเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านมา (Y_{t-2}, Y_{t-1}, ...) เมื่อได้รับต้นแบบนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับ Y_{t-1} , Y_{t-2} และจะใช้ตัวแบบนี้พยากรณ์ค่า Y_{t-1}, Y_{t-2} , ... ในอนาคต ตัวแบบบ๊อกซ์-เจนกินส์โดยทั่วไปจะใช้พยากรณ์ค่าในช่วงเวลาข้างหน้า ที่เป็นระยะสั้น หรือปานกลาง ทั้งนี้เพราะตัวแบบโดยทั่วไป จะให้ความสำคัญ หรือน้ำหนักมากกว่าข้อมูลอดีตที่ห่างไกลออกไป เราอาจจะไม่เคยพบตัวแบบบ๊อกซ์-เจนกินส์ ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y_t กับ Y ที่ห่างไกลกันมาก ๆ

ลักษณะตัวแบบบ๊อกซ์-เจนกินส์ มาจากการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเชิงเส้น หรือตัวกรองเชิงเส้น (Linear Filter)

$$Y_t = \mu + a_t + \psi_1 a_{t-1} + \psi_2 a_{t-2} + \ldots \qquad \ldots..(2\text{-}5)$$

นั่นคือ พิจารณาอนุกรมเวลา หรือค่าสังเกต Y_t เกิดจากผลบวกเชิงเส้นของอนุกรมเวลาค่าความคลาดเคลื่อน a_t , a_{t-1} , a_{t-2} ซึ่งสมมติว่าแต่ละตัวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ มีความแปรปรวนคงที่ และไม่มีสหสัมพันธ์กัน หรือมีความแปรปรวนร่วม Cov (a_t, a_{t-k}) = 0 สำหรับทุกค่า k $\neq$ 0 และโดยทั่วไปสมมติด้วยว่ามีการแจกแจงแบบปกติ

ในตัวกรองเชิงเส้น หรือตัวแบบเชิงเส้น (1) พารามิเตอร์ μ คือระดับค่าเฉลี่ยของ Y_t เมื่ออนุกรมเวลาคงที่ และพารามิเตอร์ ψ_1 , ψ_2 , ... เป็นน้ำหนักที่เท่ากับตัวแปรสุ่ม a_{t-1} , a_{t-2} ,... กระบวนการ หรือตัวแบบเชิงเส้น (2-5) จะไม่ให้ประโยชน์ถ้ามีพารามิเตอร์จำนวนอนันต์ ดังนั้นจะจะสร้างตัวแบบที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์จำนวนจำกัด และเพียงพอที่จะอธิบายอนุกรมเวลาที่พิจารณา

วิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ จะแบ่งอนุกรมเวลาออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ [2]

2.4.1 อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของ Y_t คงที่ นั่นคือค่าเฉลี่ย $E(Y_t)$ และค่าความแปรปรวน $V(Y_t)$ มีค่าคงที่สำหรับแต่ละเวลา t ซึ่งอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้ม และ/หรือฤดูกาล จะมี $E(Y_t)$ ไม่คงที่ ส่วนอนุกรมเวลาคงที่ความผันแปรของ Y_t สูงจะเป็นลักษณะของอนุกรมเวลาที่ $V(Y_t)$ ไม่คงที่ จะเรียกว่าอนุกรมเวลาไม่สเตชันารี

นอกจากจะเป็นอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนคงที่แล้ว อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบออโตที่ lag k ขึ้นอยู่กับค่า k อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเท่านั้น

2.4.2 อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Nonstationary Series) เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่จะหารูปแบบ ARMA (p,q) ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ได้ การแปลงอนุกรมเวลาเดิมให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารีจะทำได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

2.4.2.1 หาผลต่าง (Regular Differencing) ของอนุกรมเวลา นั่นคือ ถ้าอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ มีแนวโน้ม จะแปลงให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีแนวโน้ม $\{Z_t\}$ โดย $Z_t = \nabla^d Y_t$ โดย d เป็นลำดับของการหาผลต่าง เช่น เมื่อ $d = Z_t = \nabla Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ เมื่อ $d=2$ $Z_t = \nabla^2 Y_t = \nabla(Y_t - Y_{t-1}) = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-1} = Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-1} + Y_{t-2} = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$ เป็นต้น จำนวนครั้งที่หาผลต่างขึ้นอยู่กับว่าเมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาใหม่เป็นสเตชันนารีหรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นสเตชันนารีต้องหาผลต่างต่อไป โดยทั่วไปถ้าอนุกรมเวลามีแนวโน้มเป็นแบบเส้นตรง จะใช้ d เป็น 1 ส่วน เมื่ออนุกรมเวลามีแนวโน้มเป็นแบบ Quadratic จะใช้ d เป็น 2

2.4.2.2 หาผลต่างฤดูกาล (Seasonal Differencing) ของอนุกรมเวลา ถ้าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่ไม่มีฤดูกาล $\{Z_t\}$ โดย $Z_t = \nabla_L^D Y_t$ โดย D เป็นลำดับของการหาผลต่างและ L เป็นจำนวนฤดูกาลต่อปี เช่น สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน (L=12) เมื่อ $D = 1$ $Z_t = \nabla_{12} Y_t = Y_t - Y_{t-12}$ เมื่อ $D = 2$ $Z_t = \nabla_{12}^2 Y_t = \nabla_{12}(Y_t - Y_{t-12}) = Y_t - Y_{t-12} - Y_{t-12} + Y_{t-24} = Y_t - 2Y_{t-12} + Y_{t-24}$ เป็นต้น ผลต่างนี้จะทำกี่ครั้งขึ้นอยู่กับว่าเมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาใหม่เป็นสเตชันนารีแล้ว หรือไม่ ถ้ายังไม่เป็นก็ต้องหาผลต่างต่อไป

2.4.2.3 หาผลต่าง และผลต่างฤดูกาล กรณีที่อนุกรมเวลามีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล การปรับให้อนุกรมเวลาเป็นสเตชันนารีนั้นจะทำได้โดยหาผลต่าง และผลต่างฤดูกาลควบคู่กันไป d และ D จะมีค่าเป็นเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับว่าอนุกรมเวลาใหม่เป็นสเตชันนารีแล้วหรือยัง เช่น อนุกรม

รายเดือนที่มีทั้งแนวโน้มและฤดูกาล เมื่อ d =1 และ D = 1 จะแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ ซึ่ง $Z_t = \nabla\nabla_{12}Y_t = \nabla(Y_t - Y_{t-12}) = \nabla Y_t - \nabla Y_{t-12}$

$= Y_t - Y_{t-1} - Y_{t-12} + Y_{t-13}$ เป็นต้น

2.4.2.4 การหาลอการิทึมของค่าสังเกตในอนุกรมเวลา คือแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ ให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ ซึ่ง $Z_t = \text{Log}(Y_t)$ การแปลงนี้จะทำเมื่อความผันแปร ของอนุกรมเวลาไม่คงที่ นั่นคือ $V(Y_t)$ ไม่คงที่สำหรับค่า t ต่าง ๆ

2.4.3 ตัวแบบอนุกรมเวลาของบ๊อกซ์-เจนกินส์ [5]

2.4.3.1 ตัวแบบภายใต้สภาวะคงที่ (Stationary Models)

2.4.3.1.1 ตัวแบบอัตถดถอย (Autoregressive (AR) Models) จากตัวแบบเชิงเส้น (2-5) พัฒนาตัวแบบเฉพาะกลุ่มหนึ่งเรียกว่า " ตัวแบบถดถอยอันดับ p " หรือ กระบวนการอัตถดถอยอันดับ p (Autoregressive Process of Order p) แทนตัวอักษร AR(p) และมีรูปแบบดังนี้

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + \ldots + \phi_p(Y_{t-p} - \mu) + a_t \qquad \ldots..(2\text{-}6)$$

หรือ $\tilde{Y}_t = \phi_1\tilde{Y}_{t-1} + \phi_2\tilde{Y}_{t-2} + \ldots + \phi_p\tilde{Y}_{t-p} + a_t$ เมื่อ $\tilde{Y}_t = Y_t - \mu$

โดยที่ $\tilde{Y}_t$ คือข้อมูลคงที่ ณ เวลาที่ t ลบค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาคงที่

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

a_t คือค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลาที่ t มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากัน และเป็นอิสระกัน

โดยทั่วไปในทางปฏิบัติ อันดับ p จะไม่สูงมากถ้า p =1, 2 สามารถเขียนตัวแบบคงที่ AR(1) และAR(2) ได้ดังนี้

ตัวแบบ AR (1)

$\tilde{Y}_t = \phi_1\tilde{Y}_{t-1} + a_t$ โดยมีเงื่อนไขของการเป็นตัวแบบคงที่ $-1 < \phi_1 < 1$

ตัวแบบ AR (2)

$\tilde{Y}_t = \phi_1\tilde{Y}_{t-1} + \phi_2\tilde{Y}_{t-2} + a_t$ โดยมีเงื่อนไขของการเป็นตัวแบบคงที่ ดังนี้

$$\phi_1 + \phi_2 < 1$$

$$\phi_1 - \phi_2 < 1$$

$$-1 < \phi_2 < 1$$

2.4.3.1.2 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average (MA) Model)

จากตัวแบบเชิงเส้น (2-5) พัฒนาตัวแบบเฉพาะอีกกลุ่มหนึ่งเรียกว่า " ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q " หรือ " กระบวนการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q " (Moving Average Process of Order q) แทนตัวอักษรย่อ MA (q) และมีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q} \qquad .....(2\text{-}7)$$

หรือ $$Y_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q}$$

หรือ $$\widetilde{Y}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q} \qquad \text{เมื่อ} \quad \widetilde{Y}_t = Y_t - \mu$$

โดยที่ $\widetilde{Y}_t$ คือข้อมูลคงที่ ณ เวลาที่ t ลบค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาคงที่

$\theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_p$ คือค่าสัมประสิทธิ์ หรือน้ำหนักค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

a_t คือค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลาที่ t มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ความแปรปรวนเท่ากัน และเป็นอิสระกัน

$a_{t-1}, ..., a_{t-q}$ คือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในอดีต q ช่วงเวลา

ตัวแบบบ๊อกซ์-เจนกินส์ ยังมีเงื่อนไขที่ต้องสอดคล้องอีกเงื่อนไขหนึ่งนอกเหนือจากเงื่อนไขคงที่ "ผกผันได้" (Invettidity) ซึ่งพบว่าตัวแบบ AR(p) มีคุณสมบัติผกผันได้เสมอ แต่อาจไม่คงที่ ขณะที่ตัวแบบ MA มีคุณสมบัติคงที่เสมอแต่อาจจะผกผันไม่ได้เพราะฉะนั้นต้องตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ในตัวแบบ AR และตรวจสอบคุณสมบัติผกผันได้ในตัวแบบ MA(q)

ตัวแบบ MA (1)

$$\widetilde{Y}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} \qquad \text{โดยมีเงื่อนไขผกผันได้} \quad -1<\phi_1<1$$

ตัวแบบ MA (2)

$$\widetilde{Y}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \qquad \text{โดยมีเงื่อนไขผกผันได้}$$

$$\phi_1 + \phi_2 < 1$$

$$\phi_1 - \phi_2 < 1$$

$$-1<\phi_2<1$$

2.4.3.1.3 ตัวแบบผสมการถดถอย และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Autoregressive Moving Average (ARMA) Model)

ในบางกรณีการใช้ตัวแบบ หรือกระบวนการผสมระหว่างตัวแบบ AR และ MA จะเป็นตัวแบบที่ประหยัด แทนการใช้ตัวแบบ AR อันดับสูง ๆ ตัวแปรเดียว หรือแทนการ

ใช้ตัวแบบ MA อันดับสูง ๆ ตัวแบบเดียวเราจะใช้สัญลักษณ์ ARMA (p,q) หมายถึง ตัวแบบผสมการถดถอยอันดับ p และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ q และมีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \mu + \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + ... + \phi_p(Y_{t-p} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q}$$

หรือ

$$Y_t - \mu = \phi_1(Y_{t-1} - \mu) + \phi_2(Y_{t-2} - \mu) + ... + \phi_p(Y_{t-p} - \mu) + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q}$$

หรือ

$$\tilde{Y}_t = \phi_1 \tilde{Y}_{t-1} + \phi_2 \tilde{Y}_{t-2} + ... + \phi_p \tilde{Y}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - ... - \theta_q a_{t-q} \quad \text{เมื่อ } \tilde{Y}_t = Y_t - \mu$$

อันดับ p และ q สำหรับตัวแบบ ARMA จะไม่สูงมากในทางปฏิบัติถ้า p =1 และ q =1 จะได้ ตัวแบบ ARMA (1,1) ดังนี้

$$\tilde{Y}_t = \phi_1 \tilde{Y}_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$ โดยมีเงื่อนไขของความคงที่และผกผันได้ ดังนี้

$-1 < \phi_1 < 1$, $-1 < \theta_2 < 1$

2.4.3.2 ตัวแบบภายใต้สภาวะไม่คงที่ (Nonstationary Models) และตัวแบบ ARIMA

ถ้าข้อมูลอนุกรมเวลา หรือกระบวนการ Y_t ไม่อยู่ในสภาพคงที่ในค่าเฉลี่ย และ/หรือความแปรปรวน ผู้พยากรณ์ต้องแปลงข้อมูลนั้นให้อยู่ในสภาพคงที่ก่อนพิจารณากำหนดตัวแบบ

การแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ในค่าเฉลี่ยจะใช้วิธีการทำผลต่าง นอกจากนี้การทำผลต่างดังกล่าว อาจจะต้องทำมากกว่าหนึ่งครั้งจึงจะทำให้อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยคงที่ ซึ่งโดยทั่วไปถ้าอนุกรมมีแนวโน้ม มักจะทำผลต่างสองครั้งจึงจะคงที่ การทำผลต่างไม่ควรทำหลายครั้งมากเกินไป เพราะจะมีผลทำให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนสูง

เมื่ออนุกรมเวลามีสภาพไม่คงที่ หรือไม่เคลื่อนไหวรอบค่าเฉลี่ยคงที่ค่าหนึ่งค่าเดียว จะต้องแปลงข้อมูลที่กล่าวไปแล้ว ฉะนั้น ถ้ามีการทำผลต่าง d ครั้ง จะเขียนแบบผสมเป็น ARIMA (Autoregressive Integrated Model) ด้วยอันดับ (p, d, q) มีรูปแบบทั่วไป ดังนี้

ตัวแบบ ARIMA (p, d , q)

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Y_t = \delta + \theta_q(B) a_t \qquad .....(2\text{-}8)$$

หรือ $\phi_p(B) W_t = \delta + \theta_q(B) a_t$ เมื่อ $W_t = (1 - B)^d Y_t$ และ $B = Y_{t-1}/Y_t$

โดยที่ W_t คืออนุกรมเวลา Y_t ที่ผ่านการหาค่าผลต่างที่ d

δ คือพารามิเตอร์แสดงระดับค่าเฉลี่ยคงที่ของอนุกรม W_t (อาจมีค่าเท่ากับศูนย์)

$\phi_1, \phi_2, \ldots, \phi_p$ คือค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

$\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_p$ คือค่าสัมประสิทธิ์ หรือน้ำหนักค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

$a_{t.1}, a_{t-1}, \ldots, a_{t-q}$ คือความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในอดีต q ช่วงเวลา

p คืออันดับที่ของอัตถดถอย

d คืออันดับที่ของผลต่าง ที่ทำให้อนุกรมเวลาสเตชันนารี

q คืออันดับที่ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่

2.4.3.3 ตัวแบบ ARIMA เมื่อมีองค์ประกอบฤดูกาล [6]

องค์ประกอบที่เป็นฤดูในที่นี้จะไม่จำกัดเฉพาะการแปรผันของข้อมูลคล้ายคลึงกันในระยะเวลาห่างกัน 1 ปี (คล้ายคลึงกันจากปีหนึ่งไปยังปีหนึ่ง) แต่จะรวมถึงความแปรผันคล้ายคลึงกันในช่วงเวลาห่างอื่น ๆ ด้วย

สำหรับอนุกรมเวลาที่มีองค์ประกอบฤดูกาลโดยมีคาบเวลาของฤดูกาล 5 > 1 ตัวแบบอนุกรมเวลาในส่วนที่เป็นฤดูกาลจะมีโครงสร้างเป็นไปได้เหมือนกับองค์ประกอบที่ไม่ใช่ฤดูกาล นั่นคือจะมีตัวแบบ ARIMA ด้วยอันดับ (P, D, Q) ซึ่ง P คืออันดับในส่วนของกระบวนการ AR, Q คืออันดับในส่วนของกระบวนการ MA และ D คือจำนวนครั้งทำผลต่างอนุกรมเวลาห่างกัน s คาบเวลา

เมื่อนำองค์ประกอบในส่วนที่ไม่ใช่ฤดูกาล และส่วนที่เป็นฤดูกาลมาผนวกเข้าด้วยกันจะได้ตัวแบบ ARIMA ที่แสดงส่วนประกอบทั่วไป เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [5]

2.4.3.3.1 ตัวแบบ ARIMA (p, d, q) $(P, D, Q)_S$

$$\phi_p(B)\phi_p(B^s)(1-B)^d(1-B)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\theta_q(B^s)a_t \qquad \ldots..(2\text{-}9)$$

โดยที่ $\phi_p(B^s) = (1 - \phi_s B^s - \phi_{2s} B^{2s} - \ldots - \phi_{ps} B^{ps})$

$\theta_p(B^s) = (1 - \theta_s B^s - \theta_{2s} B^{2s} - \ldots - \theta_{ps} B^{ps})$

2.4.3.3.1 การกำหนดตัวแบบ ARIMA (p, d, q) $(P, D, Q)_S$ เริ่มจากการพิจารณากำหนดอันดับ p, d และ q และต้องกำหนดอันดับ P, D, Q และ S ถ้าตรวจพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีองค์ประกอบฤดูกาลด้วยคาบฤดูกาล S

อับดับ p และ q คืออันดับของกระบวนการ AR และ MA ในส่วนที่ไม่ใช่ฤดูกาล สำหรับ P และ Q คืออันดับของกระบวนการ AR และ MA ในส่วนที่เป็นฤดูกาล d คือจำนวนครั้งของผลต่างอนุกรมเวลาเมื่ออนุกรมเวลาในส่วนที่ไม่ใช่ฤดูกาลมีสภาพไม่คงที่ในค่าเฉลี่ย

การกำหนดอันดับ (p, d, q) และ $(P, D, Q)_s$ จะพิจารณาแยกจากกัน แต่ใช้หลักในการพิจารณาเหมือนกัน โดยที่กระบวนการ AR และ MA ต่างมีรูปแบบโครงสร้างเฉพาะสำหรับ p และ q ของฟังก์ชันอัตตสหสัมพันธ์ ACF (Autocorrelation Function) แทนด้วย ϕ_{kk} ซึ่ง k คือคาบเวลาห่างระหว่างอนุกรม และจะเรียกคาบเวลานี้ว่า lag k ดังนั้น ρ_1 จะหมายถึง อัตตสหสัมพันธ์ที่ lag 1 หรืออัตตสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาที่ห่างกัน 1 หน่วย หรือ 1 คาบเวลา (Y_t, Y_{t+1}) , t = 1, 2, ..., สำหรับ ϕ_{kk} เป็นอัตตสหสัมพันธ์เชิงส่วนที่วัดความสัมพันธ์ระหว่างอนุกรมเวลาที่ห่างกัน k คาบเวลา(Y_t, Y_{t+1}) โดยพิจารณาจากผลกระทบจากอนุกรมเวลา Y_t , Y_{t+1} , Y_{t+2} ,..., Y_{t+k-1} เข้ามาด้วย ค่าของρ_k และ ϕ_{kk} มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1

2.4.3.4 ขั้นตอนการพยากรณ์โดยวิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ มี 4 ขั้นตอนได้แก่ [2]

2.4.3.4.1 การกำหนดแบบจำลอง(Identification) เป็นการหารูปแบบ ARMA (p, q) ที่คาดว่าจะเหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาโดยพิจารณาเปรียบเทียบค่า r_k และ r_{kk} ของอนุกรมเวลากับค่า ρ_k และ ρ_{kk} ของแต่ละรูปแบบ เนื่องจากต้องพิจารณา r_k , r_{kk} , ρ_k และ ρ_{kk} พร้อมกันหลาย ๆ ค่า จึงมักจะพิจารณาจากรูปที่เรียกว่าคอเรลโลเกรม (Correlogram) ที่ได้จากการพล๊อต r_k , r_{kk} , ρ_k และ ρ_{kk} กับ k ดังนั้นการพิจารณาเปรียบเทียบจะเป็นการเปรียบเทียบคอเรลโลเกรมของ r_k กับ ρ_k และคอเรลโลเกรมของ r_{kk} กับ ρ_{kk} สำหรับแต่ละรูปแบบจะมีคอเรลโลเกรมของ ρ_k และ ρ_{kk} ต่างกัน อนุกรมเวลาที่กำหนดรูปแบบจะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่สเตชันนารีเท่านั้น หากไม่เป็นสเตชันนารีจะต้องแปลงให้เป็นสเตชันนารีเสียก่อน

2.4.3.4.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบ (Estimation) ทำได้โดยได้โดยการหาค่าประมาณแบบง่าย หรือค่าประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวเลข สำหรับค่าประมาณแบบง่ายจะทำโดยการสร้างสมการที่มาจากความสัมพันธ์ระหว่าง ρ_k และพารามิเตอร์ โดยสมการที่สร้างขึ้นจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณส่วนค่าประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวเลขจะได้จากการแก้สมการที่สร้างขึ้นจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดขั้นตอนของการวิเคราะห์ตัวเลขจะต้องมีการกำหนดค่าประมาณเริ่มต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ค่าประมาณแบบง่ายเป็นค่าประมาณเริ่มต้น เมื่อการวิเคราะห์สิ้นสุดจะได้ค่าประมาณสุดท้ายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างสมการพยากรณ์

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทุกตัว ที่อยู่ในแบบจำลองจะมีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ โดยการพิจารณาค่า p – value ของพารามิเตอร์ ซึ่งค่า p – value คือความน่าจะเป็นของการยอมรับสมมติฐาน โดย

ค่า p – value $\geq$ ระดับนัยสำคัญที่ผู้วิจัยกำหนด (0.05) หมายความว่า ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก

ค่า p – value $<$ ระดับนัยสำคัญที่ผู้วิจัยกำหนด (0.05) หมายความว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก

2.4.3.4.3 การตรวจสอบรูปแบบ (Diagnostic Checking) เมื่อกำหนดรูปแบบ และประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบแล้ว จะต้องตรวจสอบทุกครั้งว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นมีความเหมาะสมจริงหรือไม่ การตรวจสอบจะทำได้หลายวิธีได้แก่ การพิจารณาคอเรลโลเกรมของค่าคลาดเคลื่อน การทดสอบค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบด้วยสถิติทดสอบ t และการทดสอบความเหมาะสมของรูปแบบโดยการทดสอบของ Box และ Pierce หรือการทดสอบของ Box และ Ljung หากตรวจสอบว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นเหมาะสมแล้วจะใช้รูปแบบนั้นในการพยากรณ์ต่อไป แต่หากพบว่ารูปแบบที่กำหนดนั้นไม่เหมาะสมจะต้องทำตามขั้นตอนที่ 1 เพื่อกำหนดรูปแบบใหม่

2.4.3.4.4 การพยากรณ์ จะทำได้ทั้งการพยากรณ์แบบจุด (Point Forecast) และการพยากรณ์แบบช่วง(Interval Forecast) โดยการพยากรณ์จะใช้สมการพยากรณ์ที่สร้างจากรูปแบบการพยากรณ์ที่กำหนดและผ่านการตรวจสอบในขั้นตอนที่ผ่านมาแล้ว

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) [7]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นวิธีการที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป ซึ่งในกรณีที่มีประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม สามารถเลือกใช้สถิติที ในการทดสอบ แต่การกระทำในลักษณะนี้จะต้องทำการทดสอบทีละคู่หลาย ๆ ครั้ง เช่นถ้าต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 4 กลุ่ม ต้องใช้การทดสอบสมมติฐานแบบ t-Test ถึง 6 ครั้ง คือกลุ่มที่ 1 – กลุ่มที่ 2 , กลุ่มที่ 1 – กลุ่มที่ 3 , กลุ่มที่ 1 – กลุ่มที่ 4 , กลุ่มที่ 2 – กลุ่มที่ 3 , กลุ่มที่ 2 – กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 3 – กลุ่มที่ 4 ซึ่งจะทำให้เสียเวลา และทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนสูงขึ้น โดยส่งผลทำให้การสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไปต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งเป็นวิธีที่พยายามแยกแหล่งความแปรปรวนของข้อมูลว่า การที่ข้อมูลมีความแตกต่างกันนั้นเป็นเหตุเนื่องมาจากแหล่งใด โดยพิจารณาจากความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม ซึ่งเป็นความแตกต่างเนื่องจากตัวแปรอิสระ หรือสิ่งที่ต้องการศึกษา กับความแปรปรวนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการแยกแหล่งความแปรปรวน และจะคำนวณค่าสถิติเอฟ (F – Test) ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับความแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะสามารถบอกได้ว่ากลุ่มต่าง ๆ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่ากลุ่มใดมีความแตกต่างกันบ้าง ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงต้องทำการเปรียบเทียบรายคู่ หรือการทดสอบภายหลัง เพื่อระบุว่ามีค่าเฉลี่ยของกลุ่มใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่าการเปรียบเทียบพหุคูณ

การทดสอบความแปรปรวนในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวจะเรียก One – way ANOVA , 2 ตัว เรียก Two –way ANOVA และถ้ามีตัวแปรอิสระ 3 ตัว ก็จะเป็นการวิเคราะห์ 3-way ANOVA ซึ่งการวิเคราะห์และการตีความก็จะยากขึ้นตามลำดับ

2.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One- way ANOVA) [8]

2.5.1.1 ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

(1) ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ (ตัวแปรตาม) ต้องมีระดับการวัดตั้งแต่มาตราอันตรภาค (Interval Scale) ขึ้นไป

(2) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

(3) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน

(4) กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน

2.5.1.2 สมมติฐาน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น สมมติฐานหลัก (H_0) จะกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากัน และสมมติฐานรอง (H_1) กำหนดให้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน เขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติได้ดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots \mu_k$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน (หรือ $H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ เมื่อ $i \neq j$)

2.5.1.3 ค่าสถิติที่ต้องคำนวณ

สิ่งสำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือการคำนวณผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (The Sum of Square) ซึ่งเป็นค่าที่จะนำไปหาค่าความแปรปรวน

(1) Total Sum of Squares (SS_T) หาได้จาก

$$SS_T = \sum\sum X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} \quad \text{หรือ} \quad \sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{n_j}\left(X_{ij} - \bar{X}\right)^2$$

(2) Between – Groups Sum of Squares (SS_B)

$$\sum_{j=1}^{K} \frac{T_j^2}{n_j} - \frac{T^2}{N} \quad \text{หรือ} \quad \sum_{j=1}^{K} n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2$$

(3) Within – Group Sum of Squares (SS_W)

$$\sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^{K} \left(\frac{T_j^2}{n_j} \right) \quad \text{หรือ} \quad \sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{n_j} \left(X_{ij} - \bar{X}_j \right)^2$$

ค่า SS_T หรือ SS_B และ SS_W เมื่อหารด้วยค่าองศาอิสระ (df) ของแต่ละตัวจะหมายถึงความแปรปรวน (Mean of Squear : MS) โดยมี $df_T = N - 1$, $df_B = k - 1$ และ $df_W = N - k$ เมื่อ N คือจำนวนข้อมูลหรือกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดและ k คือจำนวนกลุ่ม

การคำนวณค่าสถิติ F – Test

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 3 ค่าขึ้นไปนั้นจะใช้ F – Test สำหรับการทดสอบซึ่งในกรณีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวนี้ ค่า F หาได้จากอัตราส่วนความแปรปรวนโดยหาจากความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (SS_B) หารด้วยความแปรปรวนภายในกลุ่ม (SS_W) ซึ่งมีค่า df = k – 1 (Degree of Freedom for the Numerator) และ df_L = N – k (Degree of Freedom for the Denominator) การหาค่า F – Test สามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตาราง 2.2 การหาค่า F – Test

Source of variation	SS	df	MS	F
Between groups	SS_B	k – 1	SS_B / k – 1	MS_B / MS_W
Within groups	SS_W	N -k	SS_W /N - k	
Total	$SS_B + SS_W$	N – 1		

2.5.1.4 ความหมายของสัญลักษณ์

T_i = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่ม

T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n_j = จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม

k = จำนวนกลุ่ม

X_{ij} = ข้อมูลตัวที่ i ในกลุ่ม j

$\bar{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยรวม

$\sum_{j=1}^{K} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2$ = ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสองทุก ๆ ค่าในทุกกลุ่ม

2.5.2 การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison)

ในการทดสอบ F – Test จะเห็นว่าเป็นการทดสอบโดยรวม (Over all Test) ซึ่งเป็นการทดสอบว่าจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Significant) ก็จะบอกเพียงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันแต่จะไม่บอกว่าเป็นคู่ใด ซึ่งเราจะต้องทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.5.2.1 การเปรียบเทียบพหุคูณที่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าความแปรปรวน

1. LSD (Least - significant)
2. Dunett
3. Sidak
4. Turkey
5. Shceffe's
6. Ducan
7. Waller – Duncan
8. Hochberg's GT2
9. S-N-K (Student-NBewman-Keuls)
10. Turkey's - b
11. Gabriel

2.5.2.2 การเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าความแปรปรวน

1. Tamhane's T2
2. Dunnett's T3
3. Gamea-Howell
4. Dunnett's C

ในที่นี้จะอธิบายการเปรียบเทียบพหุคูณเฉพาะมีเงื่อนไขความเท่ากันของความแปรปรวนและบางวิธีที่นิยมใช้กัน

(1) Least - Signifant Di fferent (LSD)

วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบ LSD หรือ Fisher's Least – Significant Different เป็นเทคนิคที่ R.A. Fisher ได้พัฒนาขึ้นหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากรครั้งละหลายคู่ โดยใช้สูตร

$$LSD = t_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{MS_E} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}} \qquad .....(2\text{-}10)$$

ค่า MS_E ได้จากการคำนวนหาค่าความแปรปรวน One way ANOVA

โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า LSD
2. คำนวณความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย $\bar{X}_i$ - $\bar{X}_j$
3. นำค่า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ เปรียบเทียบกับ ค่า LSD

3.1 ถ้าค่า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j|$ > ค่า LSD แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$

3.2 ถ้าค่า $|\bar{X}_i - \bar{X}_j| \leq$ ค่า LSD แสดงว่า $\mu_i = \mu_j$

(2) Turkey's Honestly Significant Different (HSD)

เป็นวิธีการเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขที่ว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากัน $(n_1 = n_2 = n_3 = ... = n_K = n)$ โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{HSD} = q(\alpha, df_w, K)\sqrt{\frac{MS_W}{n}} \qquad .....(2\text{-}11)$$

q หาได้จากตารางค่าวิกฤติของ Studentized Rough Statistic โดย df_W มาจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนซึ่งมีค่า N-K

วิธี HDS มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า HSD
2. คำนวณค่า $|\overline{X_i} - \overline{X_j}|$
3. เปรียบเทียบค่า $|\overline{X_i} - \overline{X_j}|$ กับค่า HSD โดย

3.1 ถ้า $|\overline{X_i} - \overline{X_j}|$ > HSD แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$

3.2 ถ้า $|\overline{X_i} - \overline{X_j}| \leq$ HSD แสดงว่า $\mu_i = \mu_j$

(3) The Sheffe's Post hoc Comparison (Sheffe')

การเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธี Sheffe' s นั้นสามารถใช้ได้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ โดยใช้สูตร

$$CV_d = \sqrt{(K-1)(F^*)(MS_W)(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j})} \qquad .....(2\text{-}12)$$

F^* คือ ค่า F ที่เปิดจากตารางค่าวิกฤตของ F โดยมี $df_1 = K-1, df_L = N-K$

MS_W คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณความแปรปรวนภายในกลุ่มซึ่งได้จากตารางการวิเคราะห์ ความแปรปรวน

ขั้นตอนการเปรียบเทียบพหุคูณโดยวิธีของ Sheff's มีดังนี้

1. คำนวณค่า CV_d
2. คำนวณค่า $\left|\overline{X_i} - \overline{X_j}\right|$
3. เปรียบเทียบ $\left|\overline{X_i} - \overline{X_j}\right|$ กับค่า CV_d โดย
   - 3.1 ถ้า $\left|\overline{X_i} - \overline{X_j}\right| \geq CV_d$ แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$
   - 3.2 ถ้า $\left|\overline{X_i} - \overline{X_j}\right| < CV_d$ แสดงว่า $\mu_i = \mu_j$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จุรีพร คำแสน [5] ศึกษาหาตัวแบบความต้องการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบความต้องการใช้ไฟฟ้าแต่ละเดือนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้ากับจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ หรือเรียกว่า ARIMA Model และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยปริมาณการใช้ไฟฟ้า และจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537-2544 หาตัวแบบแต่ละอนุกรมเวลาตามขั้นตอนการสร้างตัวแบบของบ๊อกซ์-เจนกินส์ ได้แก่การกำหนดตัวแบบ การประมาณค่า และการตรวจสอบตัวแบบ จากนั้นใช้ตัวแบบพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต ซึ่งมีอนุกรมเวลาที่วิเคราะห์จำนวน 27 อนุกรมเวลา โดยเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขต 1 เขต 2 และเขต 3 เขตละ 9 อนุกรมเวลาซึ่งแบ่งตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า

ผลการศึกษาพบว่ามี 5 ตัวแบบที่เป็นอนุกรมเวลาไม่มีฤดูกาล คือความต้องการใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขาดกลางในเขต 1 และเขต 2 ประเภทกิจการขนาดใหญ่ในเขต 3 และประเภทไฟฟ้าชั่วคราวในเขต 1 และเขต 3 ซึ่งตัวแบบที่ได้ใน 4 อนุกรมเวลาแรกคือ ARIMA(1,0,0) และตัวแบบสุดท้ายคือ ARIMA(2,0,0) ที่เหลืออีก 22 อนุกรมเวลาเป็นตัวแบบมีฤดูกาล สำหรับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้ากับจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในประเภทบ้านอยู่อาศัยขนาดเล็กมีค่าสูงทั้ง 3 เขต และประเภทอื่น ๆ แตกต่างกัน

วิโรจน์ หวังสมัคร์ [6] ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง และศึกษาทิศทางและแนวโน้มในการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อนำไปวางแผนในการผลิต จัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่รับผิดชอบ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล

อนุกรมเวลา ศึกษาความเคลื่อนไหวของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอดีต เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต โดยใช้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือนตุลาคม 2530-กันยายน 2546

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบในการพยากรณ์แบบ ARIMA (Box-Jenkin) พบว่าปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าระหว่างปี 2547-2551 มีปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2547 มีความต้องการใช้ไฟฟ้า 15,876.31 ล้านหน่วย ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2546 จำนวน 691.71 ล้านหน่วย หรือเพิ่มขึ้น 4.56 % จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้สรุปได้ว่า ความต้องการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอัตราความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ยปีละประมาณ 6.36 %

จันทร์ธา วงษ์อู่ทอง [9] ศึกษาหาวิธีการพยากรณ์ ขนาดอนุกรมเวลา ช่วงการพยากรณ์ที่เหมาะสม และศึกษาตัวแปรชี้นำ โดยใช้อุณหภูมิเฉลี่ย ข้อมูลการพยากรณ์คือปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้า 4 ชุด ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้แก่ ข้อมูลชุดที่ 1 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตในโรงไฟฟ้า และอื่น ๆ ข้อมูลชุดที่ 2 ปริมาณไฟฟ้าจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตให้การไฟฟ้านครหลวง ข้อมูลชุดที่ 3 ปริมาณไฟฟ้าจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และข้อมูลชุดที่ 4 ปริมารการจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตให้ลูกค้าโดยตรง วิธีการพยากรณ์ที่ใช้ในการพยากรณ์มี 5 วิธี ได้แก่ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่ วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมใช้การเปรียบเทียบ โดยวัดความคลาดเคลื่อน 3 วิธี ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนสัมบูรณ์ และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง โดยวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม คือวิธีที่ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นอนุกรมเวลารายเดือน รวบรวมจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยของปีงบประมาณ 2536 – 2545 ซึ่งแบ่งอนุกรมเวลาเป็นขนาด 4 6 8 และ 10 ปี ส่วนช่วงเวลาการพยากรณ์ แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ 2 6 และ 12 เดือน โดยใช้อนุกรมเวลาปีงบประมาณ 2546 ตรวจสอบความถูกต้องของการพยากรณ์

ผลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 4 วิธี พบว่าวิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์เหมาะสมกว่าวิธีอื่น ๆ และวิธีการพยากรณ์ร่วมให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีเดี่ยวทุกวิธี ในการเลือกขนาดอนุกรมเวลาพยากรณ์พบว่า ขนาดอนุกรมเวลา 10 ปี เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ขนาดอนุกรมเวลา 4 ปี เหมาะสมสำหรับอนุกรมเวลาชุดที่ 2 3 และ 4 ในการพยากรณ์ล่วงหน้าไป 2 และ 6 เดือน โดยวิธีที่เหมาะสมได้แก่วิธีการปรับเรียบแบบเส้นโค้งเลขชี้กำลัง และวิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้าไป 12 เดือน วิธีที่เหมาะสมได้แก่ วิธีบ๊อกซ์-เจนกินส์ และวิธีแยกส่วนประกอบ

ส่วนการศึกษาตัวแปรชี้นำ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยสามารถใช้เป็นตัวแปรชี้นำของข้อมูลทั้ง 4 ชุด โดยมีลักษณะการเคลื่อนไหวค่อนข้างนำหน้า ซึ่งข้อมูลชุดที่ 1 และ 3 มีลักษณะการเคลื่อนไหวค่อนข้างไปพร้อม ๆ กับข้อมูลชุดที่ 2 และ 4

เฉลิมพงษ์ โสภีพันธ์ [10] ศึกษาหาตัวแบบเชิงสถิติสำหรับการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยขอนแก่นทั้งในภาพรวม และในแต่ละหน่วยงาน และเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าต่อคนของแต่ละหน่วยงานในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลหาตัวแบบทางสถิติ ด้วยวิธีเทคนิคการพยากรณ์ โดยวิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง ข้อมูลที่ใช้เป็นการใช้ไฟฟ้ารายเดือนตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ.2541 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2545 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าวิธีการของบ๊อกซ์-เจนกินส์ เหมาะสมกับ 17 หน่วยงาน และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง เหมาะสมกับ 19 หน่วยงาน และเมื่อพิจารณาการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในภาพรวมพบว่าตัวแบบที่เหมาะสม คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเตอร์ และสำหรับการหาค่าเฉลี่ย พบว่ามหาวิทยาลัยขอนแก่น มีการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 77.91 หน่วยต่อคนต่อเดือน ในหน่วยงานที่มีการเรียนการสอน พบว่าคณะทันตแพทยศาสตร์มีการใช้ไฟฟ้ามากที่สุดเฉลี่ย 1610.12 หน่วยต่อคนต่อเดือน

ธิดารัตน์ จันทวี [11] ได้ศึกษาหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลเชิงปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าเพื่อวางแผนการผลิตไฟฟ้าระยะสั้น ตลอดจนหาตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลจริง และศึกษาเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับให้เรียบ และวิธีพยากรณ์ของแผนการผลิตไฟฟ้าระยะสั้นของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาว่าวิธีใดเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด ซึ่งวิธีการเลือกความเหมาะสมของวิธีการพยากรณ์ พิจารณาจากค่าเฉลี่ยต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมจากแผนกวางแผนการผลิตไฟฟ้าระยะสั้น(กฟผ.) ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนปีงบประมาณ 2533-2538 จำแนกตามประเภทของข้อมูลทั้งหมด 13 ประเภท

ผลการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธีพบว่า วิธีการพยากรณ์ของบ๊อกซ์-เจนกินส์ มีความเหมาะสมกว่าวิธีอื่น ๆ ที่จะนำมาศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าทุกประเภท โดยมีตัวแบบการพยากรณ์ตามประเภทของข้อมูล ดังนี้

ประเภทที่ 1 ข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้า กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุด
ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 2 ข้อมูลปริมาณการผลิตไฟฟ้า กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิต และซื้อ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 3 ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน กฟผ. กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องสูบกลับเขื่อนศรีนครินทร์ ตัวแบบพยากรณ์ AR(1)

ประเภทที่ 4 ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน กฟผ. กรณี : ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า และอื่น ๆ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(0,1,1)(0,0,1)_{12}$

ประเภทที่ 5 ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน กฟผ. กรณี : ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในระบบ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(0,1,1)(0,0,1)_{12}$

ประเภทที่ 6 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้า กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(0,1,1)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 7 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้า กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 8 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้การไฟฟ้านครหลวง กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังไฟฟ้าสูงสุด ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 9 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้การไฟฟ้านครหลวง กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย ตัวแบบพยากรณ์ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 10 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังไฟฟ้าสูงสุด ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 11 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

ประเภทที่ 12 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้ลูกค้าตรง กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ตัวแบบพยากรณ์ AR(1)

ประเภทที่ 13 ข้อมูลปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าของ กฟผ. ให้ลูกค้าตรง กรณี : ข้อมูลปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA$(1,1,0)(0,1,1)_{12}$

นิวัต สิริโสภณวัฒนา [12] ได้ศึกษาวิเคราะห์อนุกรมเวลา ที่มีผลต่อการพยากรณ์ของบ๊อกซ์-เจนกินส์ เมื่อใช้ตัวแบบ ARIMA สำหรับการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมในเขตการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเพื่อการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยใช้รูปแบบในการพยากรณ์แบบ ARIMA พบว่าปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมใน 5 ปีข้างหน้า (2549-2553) เพิ่มขึ้นร้อยละ

6.25, 5.93, 5.72, 5.52 และ 5.34 ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ สามารถอธิบายได้ว่าความต้องการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จากการขยายตัวของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคควรเน้นการวางแผน การขยายระบบจำหน่าย ระบบสายส่ง เพื่อรองรับการขยายตัวของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ให้มากขึ้น

พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์ [13] ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของผู้ใช้ไฟฟ้า 7 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร และไฟถนน ซึ่งศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของการไฟฟ้านครหลวง ในปีงบประมาณ 2543 -2550 ในรูปแบบของอนุกรมเวลารายเดือน รายไตรมาส โดยใช้เทคนิคการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง และวิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ ซึ่งเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภท ด้วยการหาความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธี แล้วเปรียบเทียบเพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในอนาคต

ผลการพยากรณ์ของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท พบว่าตัวแบบพยากรณ์ส่วนใหญ่ที่ให้ค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด คือข้อมูลที่เป็นรายไตรมาส ซึ่งวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบโฮลท์ และวินเตอร์ เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1, 3 และ 5 ส่วนวิธีของบ๊อกซ์-เจนกินส์ เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2, 4 และ 6 สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 เหมาะสมกับวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังแบบง่าย

สุมิตรา อมรวรพักตร์ [14] ได้ศึกษาเปรียบเทียบหาวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม สำหรับการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในส่วนภูมิภาค และหาตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนต่ำ โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการของบ๊อกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง วิธีแยกองค์ประกอบ และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย แล้วนำผลไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยในการเปรียบเทียบจะใช้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ เป็นเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลทุติยภูมิ เก็บรวบรวมจากแผนสถิติการใช้ไฟฟ้ากองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า สำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาเป็นข้อมูลรายเดือน ในช่วงปีงบประมาณ 2536-2542 และตัวแบบการถดถอยเป็นข้อมูลรายปี ในช่วงปีงบประมาณ 2524-2542

ผลการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลที่วิเคราะห์ด้วยวิธีทั้ง 5 วิธีนั้นพบว่า วิธีการพยากรณ์ของบ๊อกซ์-เจนกินส์ มีความเหมาะสมมากกว่าวิธีอื่น ๆ สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าทุกประเภท ซึ่งผลการพยากรณ์ในอนาคต คาดว่าปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเภทบ้านอยู่

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

อาศัย กิจการขนาดต่าง ๆ และกิจการเฉพาะอย่างของทุกภาค ในปี 2543-2545 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีส่วนปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเภทสูบน้ำเพื่อการเกษตร และไฟชั่วคราวของทุกภาคในปี 2543-2545 จะมีแนวโน้มลดลงทุกปี สำหรับปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในกลุ่มประเภทส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรของทุกภาคยกเว้นภาคเหนือ ในปี 2543-2545 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

สิทธิ เลิศไกร [15] ศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดอุปสงค์การใช้ไฟฟ้าของประเทศไทย โดยแยกเป็นการใช้ไฟฟ้ารวมของประเทศ การใช้ไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัย และการใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ข้อมูลรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2530-2546 รวมเวลา 17 ปี โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย และวิเคราะห์ปัจจัยที่กำหนดอุปสงค์ไฟฟ้าโดยใช้วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในรูปสมการถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้ไฟฟ้ารวมของประเทศไทยที่สำคัญประกอบด้วย จำนวนประชากร ราคาไฟฟ้า ราคาน้ำมันดีเซล และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศในช่วงเวลาก่อนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน โดยน้ำมันดีเซลกับไฟฟ้าเป็นสินค้าที่ใช้ทดแทนกัน และราคาไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ส่วนปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้ไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยประกอบด้วย จำนวนประชากร ราคาไฟฟ้า รายได้เฉลี่ยต่อคน โดยจำนวนประชากร และรายได้เฉลี่ยต่อคนความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันราคาไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าปัจจัยที่มีผลต่ออุปสงค์การใช้ไฟฟ้าของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมประกอบด้วย ราคาไฟฟ้า ราคาน้ำมันดีเซล ดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศในช่วงเวลาก่อน โดยดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรม ราคาน้ำมันดีเซล และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศในช่วงเวลาก่อนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน และราคาไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ตรงข้ามกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า

อัครัช บรรจงศิลป์ [16] ศึกษาหารูปแบบการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภท เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ไฟฟ้าในอนาคตของแต่ละโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ในระบบ 115 kV. ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคกลาง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ปี 2547 ถึงเดือนตุลาคม ปี 2550 รวม 36 เดือน และมีโรงงานที่นำมาใช้ในการพิจารณาจำนวน 23 โรงงาน ซึ่งข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลค่าโหลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด และข้อมูลค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า) รูปแบบการพยากรณ์ที่ใช้ในการศึกษามี 7 รูปแบบ คือ Trend

Analysis, Time Series Decomposition, Moving Average 3 เดือน , Moving Average 4 เดือน, Single Exponential Smoothing, Double Exponential Smoothing และ Winter' Method นำรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 7 รูปแบบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับรูปแบบการพยากรณ์โดยวิธีการประมาณค่าในช่วง โดยใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์(Mean Absolute Percentage Error, MAPE) และการให้ระดับความสำคัญของข้อมูลมาใช้พิจารณาเลือกรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 7 รูปแบบ

ผลการศึกษาพบว่าการใช้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ และการให้ระดับความสำคัญของข้อมูลมาใช้พิจารณาเลือกรูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 7 รูปแบบ สามารถหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทได้ และรูปแบบการพยากรณ์โดยการประมาณค่าในช่วงให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าการเลือกใช้รูปแบบการพยากรณ์ทั้ง 7 รูปแบบ

อรอุไร หนูหอม [17] ได้นำเสนอการประเมินวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลในอดีต โดยทำการศึกษาวิจัยเพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ทางสถิติให้เหมาะสม และให้ทราบแนวทางในการเลือกวิธีการพยากรณ์ทางสถิติในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจากวิธีการพยากรณ์ 5 วิธี ได้แก่ วิธี Smoothing , วิธี Decomposition , วิธี Box-Jenkins , วิธี Simple Linear Regression และวิธี Multiple Linear Regression ซึ่งในการศึกษาใช้ข้อมูลหน่วยจำหน่ายรวมไฟฟรีของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตั้งแต่ปีงบประมาณ 2527 ถึง 2544 โดยแบ่งลักษณะรูปแบบของข้อมูลเป็น 2 ลักษณะคือ มีปัจจัยฤดูกาล และ ไม่มีปัจจัยฤดูกาล ในการเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมจะพิจารณาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ของข้อมูลในชุดทดสอบที่มีค่าน้อยที่สุด

ผลการศึกษาพบว่าสามารถประเมินวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในแต่ละสภาวะการพยากรณ์และข้อมูลต่าง ๆ กันได้ และพบว่าลักษณะรูปแบบข้อมูลที่มีปัจจัยฤดูกาลจะมีค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) น้อยกว่ารูปแบบข้อมูลที่ไม่มีปัจจัยฤดูกาล