การเปรียบเทียบเทคนิคพยากรณ์แรงงาน ที่เหมาะสม กรณีศึกษา : โรงงานไก่ชำแหละ

อาทิตย์ อ่อนชมจันทร์*, อภิชาต โสภาแดง

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทร 053-944183 โทรสาร 053-944183 E-mail: *ochiji-x@hotmail.com , apichat@chiangmai.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสภาพการส่งออกไก่สดแช่แข็งและแปรรูปของไทยมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก ซึ่งอุตสาหกรรมประเภทนี้จะแบ่งออกเป็น 2 โรงงานใหญ่ๆ คือโรงงานไก่ชำแหละ และโรงงานไก่ปรุงสุก ซึ่งในโรงงานไก่ชำแหละ ซึ่งมีการใช้แรงงานที่มีฝีมือเป็นจำนวนมาก เพื่อนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบให้เกิดสินค้าปรุงสุกอีกต่อหนึ่ง ดังนั้นทรัพยากรแรงงานจึงมีผลสำคัญต่อการวางแผนการผลิตและการผลิตสินค้าโดยตรง งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการลดความคลาดเคลื่อนของการประมาณการจำนวนพนักงานที่มาทำงานในแต่ละวันโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ เพื่อปรับปรุงการวางแผนการผลิต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการวางแผนการผลิต และหาวิธีการพยากรณ์แรงงานที่เหมาะสมที่สุด สำหรับบริษัทกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดลพบุรี พบว่ามีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากการวางแผนการผลิต โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29-37 % ซึ่งจากการวิเคราะห์ปัญหาพบว่ามีการประเมินอัตรากำลังแบบค่าเฉลี่ยทั้งเดือนมาวางแผน จึงได้จัดการทดลอง 3 วิธี เพื่อเปรียบเทียบกับการพยากรณ์แบบเดิม ในส่วนที่ทำให้เกิดสินค้าในแผนการผลิต 3 จุดงาน โดยใช้ข้อมูลพนักงานมาทำงาน 3 เดือน และใช้เทคนิคพยากรณ์ 3 แบบ คือ Moving Average, Exponential Smoothing และ Regression/Trend Analysis นำมาเปรียบเทียบทั้งในการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลระยะสั้นและระยะยาว โดยวัดผลจากค่าความถูกต้องแม่นยำ (Forecast accuracy) คือ Mean absolute deviation (MAD) และ Mean square error (MSE) จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิคที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลระยะสั้น และระยะยาว คือเทคนิค Regressing/Trend Analysis และExponential Smoothing แบบ Round-Integer สามารถลดความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยคนมาทำงานได้มากที่สุดที่ค่า MAD และ MSE ในการพยากรณ์ข้อมูลระยะสั้นเท่ากับ 18.01% และ 28.06% ตามลำดับ และในการพยากรณ์ข้อมูลระยะยาวเท่ากับ10.48% และ 9.94% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำเทคนิคที่ดีที่สุดมาพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม 2553 พบว่าสามารถลดความคลาดเคลื่อนของค่า MAD และ MSE จากวิธีการเดิมได้สูงสุดเท่ากับ 30.77% และ 33.33% ตามลำดับ จากนั้นก็นำไปใช้ในการวางแผนอัตรากำลัง รวมถึงการวางแผนการผลิตประจำวันต่อไป

คำสำคัญ: ไก่ชำแหละ, การพยากรณ์, แรงงาน, แผนผลิตประจำวัน, การวางแผนการผลิต

1. ความสำคัญและที่มา

อุตสาหกรรมแปรรูปโดยทั่วไปในปัจจุบันนี้ มักจะใช้การพยากรณ์จากการคาดการณ์ปริมาณสินค้าและวัตถุดิบ โดยวิธีการกำหนดร้อยละผลผลิต (%yield) ของสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละวัน จำนวนไก่เข้าและ

น้ำหนักไก่เข้า โดยอาศัยจากประสบการณ์เป็นหลักในการประมาณการณ์กำลังการผลิต และวางแผนการผลิตประจำวัน ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงค่อนข้างมาก ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาการพยากรณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นจากกรณีศึกษาโรงงานไก่ชำแหละของบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดลพบุรี ดำเนินการผลิตเนื้อไก่สด หรือแช่เยือกแข็งเพื่อทำการส่งออก โดยมีชิ้นส่วนหลักๆอยู่ 5 ส่วนคือ ส่วนน่องสะโพก (Bone In Leg, BIL), ส่วนหน้าอก (Boneless Breast Meat, BB),ปีก(Wing), ส่วนสันใน(Fillet, FLT) และโครง (Carcass) จากการศึกษาพบว่าปัญหาการวางแผนในปัจจุบันมีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนจากการวางแผนการผลิตในส่วนของการใช้วัตถุดิบที่จะใช้ผลิตสินค้าเพื่อการส่งออก อยู่ในช่วง 18-43% โดยมีอัตราเฉลี่ยอยู่ที่ 29% ในส่วนของการขายภายในประเทศอยู่ในช่วง 10-84% ซึ่งขึ้นกับแต่ละประเภทสินค้า โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยอยู่ที่มากกว่า 37% ต่อวัน ซึ่งสาเหตุหลักมาจากส่วนของแรงงานที่มาทำงาน ในแผนกที่ต้องการจะปรับปรุง พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของแรงงานที่มาทำงานมาก โดยมีค่าเฉลี่ยการมาทำงานของพนักงานต่ำกว่าแผนที่วางเอาไว้ เป็นปริมาณ 6.68- 10.64%ในแต่ละวัน ซึ่งมีพนักงานอยู่ราว 1,040 คน (ข้อมูลเดือนตุลาคม 2552) ซึ่งโดยเฉลี่ยจะมีพนักงานไม่มาทำงานอยู่ที่ 7-8% แต่ในวันนักขัตฤกษ์ เช่น วันลอยกระทงเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2552 ที่ผ่านมา มีเพิ่มขึ้นถึง 11.86 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นปัญหามากเป็นพิเศษ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการพยากรณ์แรงงานที่เหมาะสมที่สุด และนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตต่อไป เพื่อให้ทางโรงงานที่ทำการศึกษา สามารถพยากรณ์อัตรากำลังเบื้องต้นในกระบวนการผลิตได้แม่นยำขึ้น และทำให้การวางแผนมีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. เทคนิคการพยากรณ์ (Forecasting)

การพยากรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะช่วยในการวางแผนกำลังคน เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถวางแผนการผลิตได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยมีลักษณะคือ มีการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสม เช่น การพยากรณ์ความต้องการในเดือนถัดไป หรือ ไตรมาสถัดไป โดยเลือกเทคนิคที่มีความเหมาะสม และมีความคลาดเคลื่อนน้อย ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นพื้นฐานของการพยากรณ์มีดังนี้คือ

2.1.1. Moving Average

เป็นการพยากรณ์ที่ง่าย และรวดเร็วที่สุด โดยใช้ข้อมูลจริงในอดีตอย่างน้อย 2 เดือนติดต่อกัน ซึ่งจะต้องกำหนดระยะเวลาช่วงของ moving average ตามสมการนี้

$$MA_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n} \quad (1)$$

โดยที่ MA_n คือค่าเฉลี่ยจากระยะเวลา n ที่ผ่านมา

n คือเวลาที่อยู่ในช่วงของการคิด moving average

D_i คือความต้องการในจำนวนเวลา i ครั้ง

2.1.2. Exponential Smoothing

เป็นการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่จัดค่าพยากรณ์ออกมาในรูปการใช้สมการคำนวณ ซึ่งจะใช้ข้อมูลเริ่มต้นค่าเดียวและถ่วงน้ำหนักโดยใช้สัมประสิทธิ์เชิงเรียบα มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00

$$\text{ค่าเฉลี่ยเอ็กซ์โปแนนเชียล (Ft)} = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2)$$

โดยที่ F_{t-1} เป็นค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

A_{t-1} เป็นค่าจริงในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

ในการคำนวณค่าเอ็กซ์โปเนนเชียล จะกำหนดให้ค่าพยากรณ์ค่าแรกเท่ากับค่าจริงของช่วงเวลาก่อนหน้านั้น 1 ช่วง (ซึ่งก็คือการใช้หลักการเดียวกับการพยากรณ์อย่างง่ายนั่นเอง) จะเห็นได้ว่าการหาค่าเฉลี่ยเอ็กซ์โปเนนเชียลใช้ข้อมูลน้อยกว่าและได้ค่าพยากรณ์เร็วกว่าการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่ได้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำเท่ากับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก

2.1.3. Regression/Trend Analysis

เป็นวิธีการพยากรณ์โดยการใช้เส้นแนวโน้มแบบง่ายๆ คือ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มจากการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการหาค่าและระยะเวลาในรูปของเส้นตรง โดยมีสมการพื้นฐานคือ

$$Y_T = a + b * t \quad (3)$$

โดยที่ Y_T = ตัวแปรทางเศรษฐกิจที่ต้องการหาค่า (ยอดพยากรณ์)

a = ค่าคงที่ของตัวแปรในปีฐานคือ ปีที่มีค่า t = 0

b = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา

t = ระยะเวลา (ตัวแปรอิสระ)

จากสมการข้างต้นค่า a และ b สามารถหาได้ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ

$$a = \frac{\sum Y_t - b\sum t}{n} \quad (4)$$

$$b = \frac{\sum t * Y_t - n * \bar{t} * \bar{Y}_t}{\sum t^2 - n * \bar{t}^2} \quad (5)$$

โดยที่ ค่า n คือ ระยะเวลาที่ทำการหาค่าแนวโน้มและเพื่อจะให้เข้าใจถึงวิธีการหาค่าแนวโน้มได้ดียิ่งขึ้น หรือเป็นจำนวนข้อมูลที่ใช้หาสมการ (ถ้ามี)

2.2. การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์

2.2.1 ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation; MAD หรือ Mean Absolute Error; MAE)

$$MAD = \sum_{t=1}^{N} \frac{|A_t - F_t|}{N}$$;เมื่อ N เป็นจำนวนคาบเวลาทั้งหมด (6)

2.2.2 ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error; MSE) เป็นวิธีที่นิยมใช้

$$MSE = \sum_{t=1}^{N} \frac{(A_t - F_t)^2}{N} \quad (7)$$

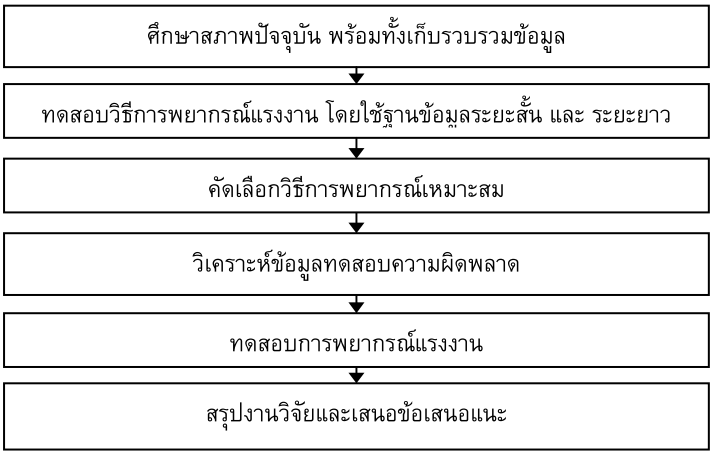
2.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคนิคการพยากรณ์ปริมาณคน ได้มีนักวิจัย Gong [5] ทดสอบวิธีการพยากรณ์หลายๆแบบ เช่นการใช้แนวโน้มจากประวัติศาสตร์ (Historic Trend) โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 6 ปี เทียบกับเทคนิคการปรับเรียบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนเกี่ยวกับสุขพยาบาลได้เพิ่มขึ้น ทำให้พบว่าการพยากรณ์คนสามารถช่วยในการวางแผนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการพยากรณ์แรงงานคน ซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อการวางแผนการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพดีขึ้นของบริษัทกรณีศึกษาที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งแววดาว [4] ได้นำเสนอเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อวางแผนการผลิตพบว่าวิธีอนุกรมเวลาด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ผลการพยากรณ์การผลิตสินค้าวิธีใหม่มีค่าใกล้เคียงกับยอดขายจริง มากกว่าการใช้วิธีการแบบเก่าคือใช้ประสบการณ์ของผู้วางแผนเพียงอย่างเดียว เทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดได้มีนักวิจัยหลายท่านอาทิเช่น ยศนันท์และธนัญญา [2] ที่พบว่าวิธีการพยากรณ์ดังกล่าวทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์อยู่ที่ 26.39 % ซึ่งนำเอาค่าการพยากรณ์ที่ได้ดังกล่าวไปวางแผนการผลิตรวมโดยใช้เครื่องมือ Solver ของโปรแกรม Spreadsheet เพื่อศึกษาหาปริมาณการสั่งผลิตน้ำมันถั่วเหลืองแต่ละเดือนที่ให้ค่าต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุด ในการปรับปรุงการพยากรณ์ให้มีความแม่นยำสูงขึ้นได้ รวมถึงการใช้เทคนิค Box-and-

Whisker Plots ด้วยโปรแกรม Minitab เพื่อตัดค่าผิดปกติของข้อมูลพยากรณ์ด้วย จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา จะเห็นว่าเทคนิคการพยากรณ์ด้วยเทคนิคการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นเทคนิคที่ถือได้ว่าเหมาะสมในการพยากรณ์ จึงนำมาประยุกต์กับการพยากรณ์แรงงานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพเทียบกับการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาแบบอื่นๆ ที่เป็นพื้นฐานเพิ่มเติม และนำมาเปรียบเทียบกับการพยากรณ์แบบใช้ค่าเฉลี่ยตามโรงงานที่ศึกษาคาดการณ์ปริมาณพนักงานที่มาทำงาน นอกจากนั้นงานวิจัยที่นำเทคนิคการพยากรณ์ยังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ในการวางแผนการผลิต อาทิเช่น วัชรินทร์และธนัญญา [3] ,โฉยฉายและดวงพรรณ [1] เมื่อได้ความแม่นยำในการพยากรณ์และจำลองสถานการณ์แล้ว จะต้องนำมาวางแผนการผลิต และการใช้ทรัพยากรเครื่องจักรอย่างคุ้มค่า เช่นเดียวกับความต้องการของบริษัทกรณีศึกษานี้ซึ่งต้องการมีแผนการผลิตที่แม่นยำ ซึ่งน่าสนใจสำหรับการทำงานวิจัยต่อเนื่องจากบทความนี้ ได้ทำการศึกษาการออกแบบโปรแกรมการจัดตารางการผลิตสำหรับเทคโนโลยีแบบจัดกลุ่มและการประกอบ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการวางแผนการผลิตประจำวัน ซึ่งมีสาเหตุหลักๆ มาจากความคลาดเคลื่อนของการมาทำงานของพนักงาน โดยใช้วิธีการคัดเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้วิจัยได้ออกแบบวิธีการดำเนินการวิจัย สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1: ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1. รวบรวมข้อมูล

หลังจากศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ก็จะนำมาสู่การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันของโรงงานเกี่ยวกับการทำงานของพนักงานในแต่ละจุดงานซึ่งข้อมูลที่ได้นี้ สามารถบ่งบอกถึงสถานะของพนักงานที่มาทำงาน รวมถึงปริมาณสินค้าหรือวัตถุดิบที่ผลิตได้ และเป็นคอขวด (Bottle Neck) ของกระบวนการผลิตด้วย ซึ่งมีจุดงานที่เก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ 4 จุดงานคือ

1. พนักงานตัดปีก (C BB_MW)
2. พนักงานแต่งเนื้อหน้าอก (SP BB_SBB)
3. พนักงานชำแหละน่องซ้าย (C BL_L)
4. พนักงานชำแหละน่องขวา (C BL_R)

โดยที่พนักงานกลุ่มดังกล่าว ถือเป็นคนกลุ่มค่าแรงเหมา ซึ่งมีค่าตอบแทนสูงกว่าค่าแรงปกติมาก และเป็นคนกลุ่มที่มาทำงานต่อเนื่องที่สุด มีช่วงของอัตราการมาทำงานอยู่ที่ 82.5 -100 % และมีค่าเฉลี่ยของการมาทำงานอยู่ที่ 94.95 %

ตารางที่ 1 : แสดงข้อมูลสรุปการมาทำงานของพนักงานในเดือนกันยายน – พฤศจิกายน พ.ศ. 2553

Period	Status	BB BELT				BL BELT			
		Wing (C BB)		SBB (SP BB)		BL Left (C BL)		BL Right (C BL)	
		ทำงาน	%	ทำงาน	%	ทำงาน	%	ทำงาน	%
1 – 30 กันยายน 2552	MIN	36	93.33	65	89.04	33	82.50	37	90.24
	MAX	44	100.00	73	100.00	41	97.50	44	100.00
	MEAN	40	97.96	70	95.34	37	91.89	40	96.49
	S.D	2.25	-	2.45	-	1.83	-	1.60	-
1 – 31 ตุลาคม 2552	MIN	38	90.48	63	86.30	33	86.84	36	87.80
	MAX	42	100.00	72	96.00	38	100.00	41	97.62
	MEAN	40	95.90	69	92.55	36	96.00	39	93.34
	S.D	1.02	-	2.20	-	1.69	-	1.31	-
1 – 30 พฤศจิกายน 2552	MIN	36	90.00	66	87.01	33	86.84	36	85.71
	MAX	40	100.00	74	97.30	38	100.00	42	100.00
	MEAN	39	96.60	70	92.71	37	97.26	39	93.33
	S.D	1.25	-	2.35	-	1.37	-	1.63	-

3.2. การคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ทรัพยากรแรงงาน

เก็บรวบรวมข้อมูลการมาทำงานและการขาดงานของพนักงานในแต่ละจุดงานย้อนหลัง นำมาวิเคราะห์และทำการพยากรณ์จำนวนพนักงานที่มาทำงานในแต่ละจุดงาน โดยใช้เทคนิคในการพยากรณ์ 3 วิธีมาเปรียบเทียบกัน คือ

3.2.1. Moving Average

โดยใช้จำนวนข้อมูลพยากรณ์ 3 ช่วง (3-Period Moving Average) ซึ่งในกรณีนี้ จะนับเป็นค่าเฉลี่ยของ 3 วันก่อนหน้านั้นมาพยากรณ์ยอดในวันถัดไป

3.2.2. Exponential Smoothing

เป็นการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่จัดค่าพยากรณ์ออกมาในรูปการใช้สมการคำนวณ ซึ่งจะใช้ข้อมูลเริ่มต้นค่าเดียวและถ่วงน้ำหนักโดยใช้สัมประสิทธิ์เชิงเรียบ α ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00 ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จะใช้ $\alpha = 0.5$ เนื่องจากยังไม่ทราบถึงค่าสัมประสิทธิ์เชิงเรียบที่ดีที่สุด จึงนำค่ากลางมาใช้ เพื่อทดสอบความแม่นยำของเทคนิคพยากรณ์นี้

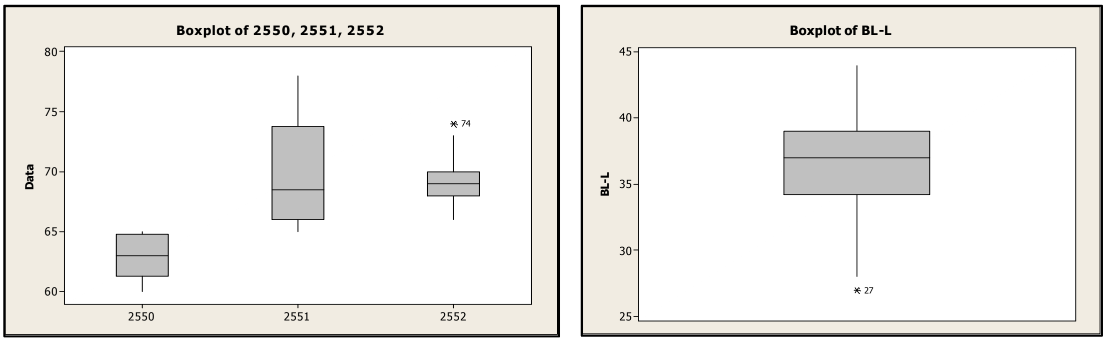
3.2.3. Regression/Trend Analysis

เป็นวิธีการพยากรณ์โดยการใช้เส้นแนวโน้มแบบง่ายๆ คือ วิธีการสร้างเส้นแนวโน้มจากการใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการหาค่าและระยะเวลาในรูปของเส้นตรง ดังนั้นผลลัพธ์คือ จะได้สมการเส้นตรงที่นำไปใช้ทำนายค่าในอนาคตได้ต่อไป

โดยในการทดลองวิเคราะห์ผลครั้งนี้ จะวัดผลโดยอาศัยค่าค่าความถูกต้องแม่นยำ (Forecast accuracy) เป็นหลัก คือ Mean absolute deviation (MAD) และ Mean square error (MSE) ซึ่งเทคนิคการพยากรณ์ที่ดี จะต้องมีค่าเหล่านี้ต่ำและสามารถสรุปได้ว่ามีความแม่นยำสูงนั่นเอง

3.3. วิเคราะห์ข้อมูลการพยากรณ์

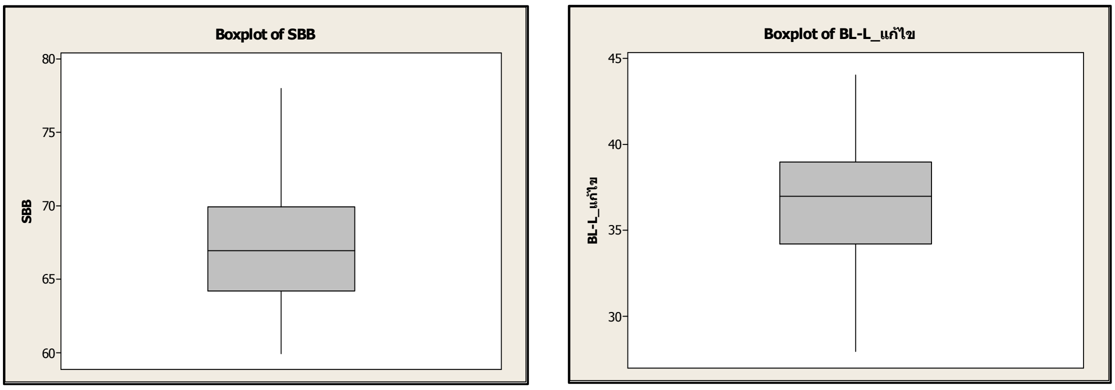
การหาค่าผิดปกติในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบค่าความผิดปกติของข้อมูล ด้วยวิธี Box-and-Whisker Plots โดยใช้โปรแกรม Minitab โดยได้ตรวจสอบความผิดปกติของข้อมูลพยากรณ์ใน 2 วิธี คือ 1) การนำข้อมูลแบบแยกรายปีย้อนหลัง 3 ปี (ปีพ.ศ. 2550-2552) ในแต่ละจุดงาน และ 2) การนำข้อมูลโดยรวม 3 ปี (ปีพ.ศ. 2550-2552) ในแต่ละจุดงาน เมื่อนำไปวิเคราะห์พบว่า จำนวนแรงงานตัดแต่งเนื้อหน้าอก (SBB) ในปี 2552 มีค่าความผิดปกติเท่ากับ 74 และแรงงานชำแหละน่องซ้าย (BL) ซึ่งมีภาพรวม 3 ปี มีค่าผิดปกติ เท่ากับ 27 คน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 : การวิเคราะห์ค่าผิดปกติของข้อมูลที่นำมาศึกษาโดยใช้โปรแกรม Minitab

3.4. การแก้ไขค่าผิดปกติของข้อมูล

การแก้ไขค่าผิดปกติของข้อมูลสามารถทำได้โดยการแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้าค่าผิดปกติและข้อมูลที่อยู่ถัดจากค่าผิดปกติ โดยการแก้ไขค่าของจำนวนแรงงานในเดือนที่มีความผิดปกตินั้น ในกรณีของจุดงานตัดปีกจะเป็นข้อมูลในเดือน จะถูกแทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของจำนวนแรงงานในปี 2550-2552 เนื่องจากจากหากแก้ไขค่าผิดปกติด้วยการนำเอาค่าผิดปกตินั้นเองมาแทนค่าอาจทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าที่แก้ไขนั้นเกิดความผิดพลาดสูงเนื่องจากนำเอาค่าผิดปกติมาใช้ เมื่อนำข้อมูลหลังจากแก้ไขค่าผิดปกติมาวิเคราะห์ค่าผิดปกติด้วยวิธี Box-and-Whisker Plots ด้วยโปรแกรม Minitab อีกครั้งพบว่าไม่มีค่าของข้อมูลช่วงเวลาใดเป็นค่าผิดปกติอีก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 : การวิเคราะห์ค่าผิดปกติของข้อมูลหลังจากแก้ไขคำผิดปกติโดยใช้โปรแกรม Minitab

3.5. การทดสอบวิธีการพยากรณ์แรงงาน

หลังจากได้ทำการคัดเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในข้อ 3.3 และทดสอบความผิดพลาดของข้อมูลในข้อ 3.4 แล้ว เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการพยากรณ์ที่ได้คัดเลือกจึงได้ นำเทคนิคดังกล่าวมาทำการพยากรณ์แรงงาน ในเดือนเมษายนและพฤษภาคม ปี 2553 เพื่อวัดประสิทธิภาพจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการพยากรณ์ที่ได้กับค่าจริงของพนักงานในกรณีศึกษา

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1. การคัดเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

4.1.1. การพยากรณ์แรงงานโดยใช้ข้อมูลระยะสั้น : ทำการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูล 1 เดือน (กันยายน 2552) เพื่อพยากรณ์แรงงานที่มาทำงานในแต่ละวันในเดือนเดียวกันนั้น โดยแสดงผลการพยากรณ์เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 รูปแบบคือ Moving averages - 3 period moving average (3 วัน), Exponential smoothing - Alpha 0.5 และ Regression / Trend Analysis กับพนักงานเหมาตัดแต่งสินค้าต่างๆ ทั้งปีก, SBB , น่องซ้ายและน่องขวา โดยค่าพยากรณ์ที่ได้จะนำมาปรับค่าให้เป็นจำนวนเต็ม โดยเลือกระหว่างการปัดลง (Integer) และการปรับค่าตามปกติ หรือคือมีการปรับค่าทั้งขึ้นและลง ตามค่ากลาง (Round-Integer) ซึ่งผลการทดสอบเทคนิคการพยากรณ์ แสดงออกมาได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : ผลการพยากรณ์แรงงานโดยใช้ข้อมูลระยะสั้น

จุดงาน	เทคนิคการพยากรณ์	NON-INTEGER		INTEGER		Round – INTEGER	
		MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE
พนักงานเหมาตัดปีก (C BB-Wing)	Moving averages - 3 period moving average	0.94	2.96	0.95	3.38	1.00	3.43
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.01	2.83	1.08	3.30	0.96	2.91
	Regression / Trend Analysis	1.16	2.52	1.20	2.92	1.12	2.58
พนักงานเหมาแต่ง SBB (SP BB-SBB)	Moving averages - 3 period moving average	2.50	8.20	2.55	8.38	2.55	8.57
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	2.43	7.37	2.50	7.91	2.42	7.48
	Regression / Trend Analysis	1.80	4.48	1.96	5.04	1.76	4.50
พนักงานเหมาชำแหละน่องซ้าย (C BL-Left)	Moving averages - 3 period moving average	1.80	5.46	1.77	5.19	1.82	5.62
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.61	4.72	1.58	4.52	1.63	5.00
	Regression / Trend Analysis	1.32	3.27	1.52	4.00	1.28	3.33
พนักงานเหมาชำแหละน่องขวา (C BL-Right)	Moving averages - 3 period moving average	1.52	3.37	1.59	4.05	1.45	3.33
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.43	3.06	1.71	4.13	1.38	3.09
	Regression / Trend Analysis	1.21	2.35	1.28	2.75	1.12	2.08

4.1.2. การพยากรณ์แรงงานโดยใช้ข้อมูลระยะยาว : ทำการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูล 3 เดือน (กันยายน - พฤศจิกายน 2552) แล้วนำมาพยากรณ์แสดงผลการพยากรณ์เปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 3 รูปแบบด้วยเทคนิคเช่นเดียวกับการพยากรณ์ระยะสั้น ซึ่งแสดงผลการพยากรณ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 : ผลการพยากรณ์แรงงานโดยใช้ข้อมูลระยะยาว

จุดงาน	เทคนิคการพยากรณ์	NON-INTEGER		INTEGER		Round –INTEGER	
		MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE
พนักงานเหมาตัดปีก (C BB-Wing)	Moving averages - 3 period moving average	0.94	1.95	1.04	2.30	0.92	2.11
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	0.92	1.81	1.03	2.16	0.88	1.88
	Regression / Trend Analysis	1.43	2.92	1.51	3.23	1.40	2.99
พนักงานเหมาแต่ง SBB (SP BB-SBB)	Moving averages - 3 period moving average	1.99	5.77	2.01	5.87	1.96	5.79
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.88	5.19	2.00	5.78	1.89	5.23
	Regression / Trend Analysis	1.97	5.56	1.96	5.69	2.05	6.08
พนักงานเหมาชำแหละน่องซ้าย (C BL-Left)	Moving averages - 3 period moving average	1.32	3.22	1.43	3.37	1.32	3.45
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.23	2.89	1.39	3.14	1.20	3.05
	Regression / Trend Analysis	1.29	2.67	1.56	3.34	1.23	2.70
พนักงานเหมาชำแหละน่องขวา (C BL-Right)	Moving averages - 3 period moving average	1.34	2.77	1.40	3.23	1.35	2.89
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.27	2.53	1.35	2.96	1.24	2.60
	Regression / Trend Analysis	1.25	2.39	1.24	2.45	1.24	2.45

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากการพยากรณ์แรงงาน 1 เดือน จากตารางที่ 4.6 จะพบว่ามีวิธี 3 period moving average ใช้ได้ผลดีในการพยากรณ์พนักงานส่วนงานตัดปีกได้ดีที่สุด ส่วนพนักงานเหมาในกลุ่มอื่นๆ จะใช้วิธี Regression / Trend Analysis จะให้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุด

การพยากรณ์ด้วยวิธี Moving averages เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และรวดเร็วต่อการพยากรณ์ แต่มีค่า MAD และ MSE สูง ในหลายๆกรณี แสดงให้เห็นว่ามีความถูกต้องแม่นยำต่ำ จึงไม่เลือกวิธีนี้

ส่วนการพยากรณ์ด้วยวิธี Regression / Trend Analysis ถึงแม้ว่าจะมีค่า MAD และ MSE ที่ต่ำที่สุดในหลายๆกรณี แต่เมื่อมาวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยหลักการแล้วเป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับดูผลกระทบตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป และจะไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง ในกรณีที่มีแรงงานเข้าออกในจุดงานบ่อยๆ ซึ่งตรงต่อความเป็นจริงของทางโรงงาน เนื่องจากในการวิเคราะห์การพยากรณ์ครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลในเดือนกันยายน พ.ศ. 2552 เท่านั้น และยังเป็นช่วงปลายปีที่พนักงานไม่มีการลาออก เนื่องจากรอการจ่ายโบนัสอีกด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาให้ลึกขึ้นจะพบว่าเทคนิคนี้เหมาะสำหรับการประเมินยอดขาย หรือการทำงานที่มีผลกระทบของปัจจัยร่วม และมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียว อีกทั้งค่าพยากรณ์ที่ได้จะเข้าใกล้ค่ากลางของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งขัดต่อความเป็นจริงที่ค่าการมาทำงานจริงของพนักงานมาทำงาน มีความแปรปรวนในแต่ละวันสูงอีกด้วย

จากผลการคำนวณโดยใช้วิธี Exponential smoothing ให้ค่าความผิดพลาด (Error) ที่เป็นกลางที่สุด แต่เมื่อดูจากผลลัพธ์ที่ออกมา จะเห็นว่าค่าที่ได้นั้นค่อนไปทางต่ำ ซึ่งแปลว่าอยู่ในเกณฑ์ดีในทุกๆสถานการณ์ จึงเหมาะที่จะทำการวิเคราะห์เพิ่มเติม ดังนั้นจึงเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเป็น 3 เดือน เพื่อให้มีข้อมูลมากพอที่จะสามารถวิเคราะห์แนวโน้มและความแม่นยำที่จะได้เพิ่มขึ้นต่อไป ซึ่งผลเป็นไปตามตารางที่ 3

จากการวิเคราะห์ผลการพยากรณ์แรงงาน 3 เดือน พบว่า มีค่า MAD และ MSE ใกล้เคียงกับผลจากตารางเดิมอยู่ แต่บางค่าก็มีค่าต่ำลงกว่าผลที่ได้จากเทคนิคพยากรณ์ระยะสั้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความแม่นยำในการพยากรณ์สูงขึ้น

ซึ่งจากตารางนี้ จะแสดงให้เห็นว่า การพยากรณ์ที่ดีที่สุดนั้น คือวิธี Exponential smoothing โดยปรับค่าแบบ Round – Integer (ปัดเศษทั้งขึ้นและลง) จะได้ผลที่ดีกว่าการพยากรณ์แบบอื่นๆมาก ทั้งค่า MAD และ MSE ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้หลังจากการพยากรณ์แบบ 1 เดือน โดยตาม

หลักการแล้ว ก็ต้องมีข้อมูลเก่า ๆ ในอดีตเป็นปริมาณมากเพื่อให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มได้มากขึ้นและแม่นยำขึ้นจากนั้น จึงมาพยากรณ์ข้อมูลย้อนหลังรายปีเพื่อหาแนวโน้มในการพยากรณ์แบบไม่ต่อเนื่อง ให้สามารถนำไปใช้จริงได้ โดยไม่ต้องพยากรณ์รายวันตลอด

แต่สำหรับบางจุดงานที่มีค่าการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลระยะยาวได้ค่าความแม่นยำต่ำกว่าค่าพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลระยะสั้นนั้น เกิดจากข้อมูลดิบมีความแปรปรวนในแต่ละวันที่มาทำงานต่างกันมาก ไม่เหมาะกับเทคนิคการพยากรณ์แบบ Exponential smoothing ที่ต้องใช้ทั้งข้อมูลเก่าจริง และข้อมูลพยากรณ์มาคำนวณค่าพยากรณ์ใหม่

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการประเมินพนักงานมาทำงานแบบเก่า โดยใช้ค่าเฉลี่ย จะพบว่ามีความแม่นยำมากขึ้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 : ผลการเปรียบเทียบกับการพยากรณ์แบบเก่าโดยใช้ค่าเฉลี่ย

Forecasting Technique	1-month forecasting						3-month forecasting					
	NON-INTEGER		INTEGER		Round-INTEGER		NON-INTEGER		INTEGER		Round-INTEGER	
	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE
Average	1.64	4.24	1.70	4.56	1.61	4.64	1.49	3.42	1.57	3.71	1.46	3.54
3 period moving average	1.69	4.99	1.72	5.25	1.70	5.24	1.40	3.43	1.47	3.69	1.39	3.56
Exponential smoothing - Alpha 0.5	1.62	4.50	1.72	4.97	1.59	4.62	1.33	3.10	1.44	3.51	1.30	3.19
Regression / Trend Analysis	1.37	3.16	1.49	3.68	1.32	3.13	1.49	3.39	1.57	3.68	1.48	3.55
เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีการที่เหมาะสมที่สุดกับการหาเฉลี่ย (%)	16.38	25.59	12.35	19.41	18.01	28.06	10.93	9.26	8.12	5.46	10.48	9.94

จากข้อมูลที่ได้ในส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำที่มากขึ้นเมื่อใช้เทคนิคพยากรณ์ มากกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยในการประเมินอัตรากำลังในการผลิต และบ่งบอกอีกว่าเมื่อมีข้อมูลพยากรณ์ค่อนข้างน้อย ควรใช้เทคนิค Regression/Trend Analysis แต่ถ้ามีปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์มาก ๆ ก็ควรใช้เทคนิคการพยากรณ์แบบ Exponential Smoothing ก็จะใช้งานได้หลากหลายสถานการณ์ และมีความแม่นยำสูง

4.2. ทดสอบการพยากรณ์ด้วยเทคนิคที่เหมาะสม

จากการคัดเลือกเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการประมาณการแรงงานได้ดี โดยเทคนิคที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ที่ใช้คือเทคนิค Exponential Smoothing แบบ Round-Integer ทำการพยากรณ์แรงงานในเดือน เมษายน และ พฤษภาคม 2553 เทคนิคการพยากรณ์ ดังตารางที่ 5 ซึ่งแสดงอัตราการมาทำงานของพนักงานเหมา เดือนเมษายน และ พฤษภาคม 2553 เพื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์และพนักงานที่มาทำงานจริง

ตารางที่ 5 : ผลการพยากรณ์ Exponential smoothing - Alpha 0.5 เดือน เมษายน และ พฤษภาคม 2553

เดือน	อัตราการมาทำงานของพนักงาน	พนักงานเหมาตัดปีก (C BB-Wing)	พนักงานเหมาแต่ง SBB (SP BB-SBB)	พนักงานเหมาชำแหละน่องซ้าย (C BL-Left)	พนักงานเหมาชำแหละน่องขวา (C BL-Right)
เมษายน	พนักงานทั้งหมด	39.64	75.82	39.00	42.00
	พนักงานที่มา	37.45	70.82	35.73	40.68
	Exponential Smoothing	37.48	70.67	35.76	40.30
	round-integer	37.50	70.68	35.77	40.32
	MAD	0.77	1.64	1.32	1.18
	MSE	1.25	4.70	2.52	1.90
พฤษภาคม	พนักงานทั้งหมด	40.00	75.00	37.52	45.48
	พนักงานที่มา	37.52	70.84	35.24	42.16
	Exponential Smoothing	37.58	70.78	35.34	41.65
	round-integer	37.60	70.80	35.36	41.68
	MAD	0.72	2.12	0.84	1.68
	MSE	1.17	5.79	1.38	4.83

ตารางที่ 6 : ผลการพยากรณ์ Exponential smoothing - Alpha 0.5 เดือน เมษายน และ พฤษภาคม 2553

MONTH	Forecasting Technique	Round-INTEGER							
		WING (C BB)		SBB (SP BB)		BL LEFT (C BL)		BL RIGHT (C BL)	
		MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD	MSE
April 2010	Average	0.82	1.14	1.50	4.05	1.18	2.10	1.05	1.95
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	0.77	1.25	1.64	4.70	1.32	2.52	1.18	1.90
May 2010	Average	1.04	1.75	1.68	3.58	1.04	1.75	2.08	6.50
	Exponential smoothing - Alpha 0.5	0.72	1.17	2.12	5.79	0.84	1.38	1.68	4.83
เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนสำหรับวิธีการที่ดีที่สุดกับการหาค่าเฉลี่ยปกติ (%)		30.77	33.33	-9.1	-16.1	19.23	21.43	19.23	25.64

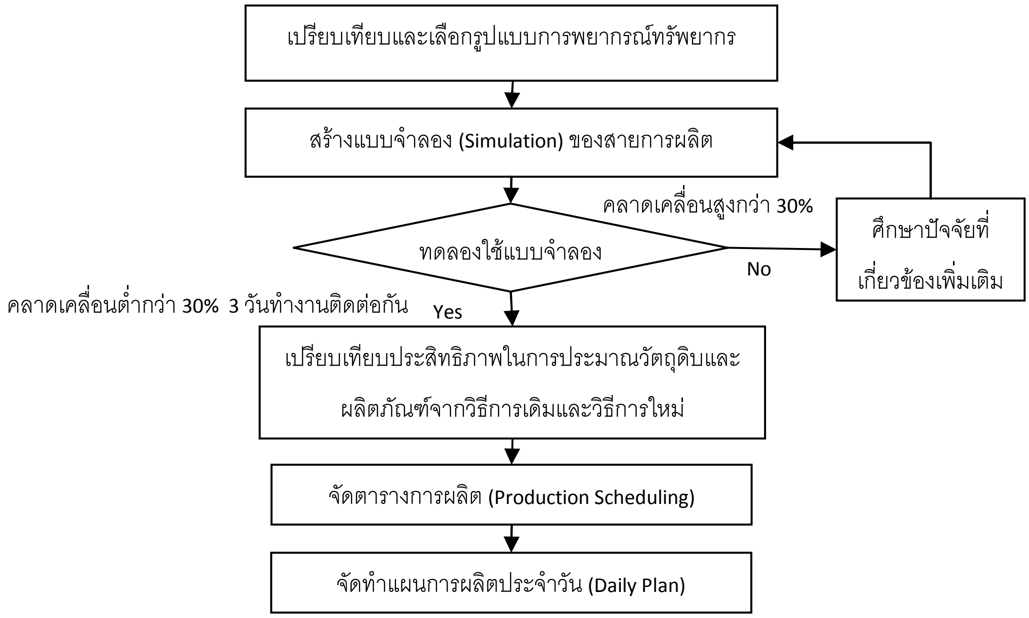
จากตารางที่ 6 พบว่าการพยากรณ์แรงงานในเดือน เมษายน และ พฤษภาคม 2553 ด้วยเทคนิค Exponential Smoothing แบบ Round-integer - Alpha 0.5 พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้ทำให้ความคลาดเคลื่อนแบบ MAD อยู่ในช่วง 0.72 - 2.12 จากข้อมูลจริง และความคลาดเคลื่อนแบบ MSE อยู่ในช่วง 1.17 – 5.79 จากข้อมูลจริง และมีความแม่นยำสูงกว่าการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยมาก โดยดูจากค่า MAD และ MSE สูงสุดได้เท่ากับ 30.77% และ 33.33% ตามลำดับ

5. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการลดความคลาดเคลื่อนของการประมาณการจำนวนพนักงานที่มาทำงานในแต่ละวันโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ เพื่อปรับปรุงการวางแผนการผลิต โดยใช้เทคนิคพยากรณ์ทั้ง 3 คือ Moving Average Exponential Smoothing และRegression/Trend Analysis นำมาเปรียบเทียบทั้งในการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูล

ระยะสั้นและการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลระยะยาว โดยวัดผลจากค่าความถูกต้องแม่นยำ (Forecast accuracy) เป็นหลัก คือ Mean absolute deviation (MAD) และ Mean square error (MSE) จากผลการศึกษาพบว่าเทคนิคพยากรณ์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการประมาณการแรงงานได้ดี โดยเทคนิคที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลระยะสั้น และระยะยาว คือเทคนิคRegression/Trend Analysis และExponential Smoothing แบบ Round-Integer สามารถลดความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยคนมาทำงานได้มากที่สุดที่ค่า MAD และ MSE ในระยะสั้นเท่ากับ 18.01% และ 28.06% ตามลำดับ และในระยะยาวเท่ากับ10.48% และ 9.94% ตามลำดับ

การทดสอบวิธีการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Exponential Smoothing แบบ Round-integer - Alpha 0.5 จำนวน 2 เดือนของปี 2553 พบว่าเทคนิคการพยากรณ์ดังกล่าวสามารถลดความคลาดเคลื่อนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่า MAD และ MSE สูงสุดได้เท่ากับ 30.77% และ 33.33% ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่าเมื่อใช้วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมนี้ ก็ทำให้สามารถประเมินความสามารถในการผลิตได้ดีขึ้นกว่าการใช้การประมาณการณ์แรงงานที่มาทำงานโดยใช้ค่าเฉลี่ย อันเป็นเรื่องของการวางแผนกำลังการผลิต (Capacity Planning) และส่งผลช่วยในการวางแผนการผลิตได้ดีขึ้นมาก เนื่องจากการที่สามารถประเมินปริมาณสินค้าที่ผลิตได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ก็จะนำไปจัดแผนการผลิตได้ดีขึ้นด้วย



รูปที่ 4 : ขั้นตอนการดำเนินการต่อไป

เมื่อได้คัดเลือกเทคนิคในการพยากรณ์ที่เหมาะสมข้างต้นแล้วแนวทางในการดำเนินการวิจัยต่อไปสามารถแสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนการดำเนินการในงานวิจัยต่อไปเพื่อเป้าหมายการจัดทำแผนการผลิตประจำวัน (Daily Plan) ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีขั้นตอนต่อไปเริ่มจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของสายการผลิต เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพในการประมาณวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จากการพยากรณ์แรงงาน เมื่อได้วัดประสิทธิภาพและดำเนินการปรับปรุงเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมแล้วจึงนำไปสู่การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) และการจัดทำแผนการผลิตประจำวันในที่สุด ซึ่งประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้ที่ทางบริษัทจะได้รับก็คือ การพยากรณ์แรงงานได้แม่นยำมากขึ้น รวมถึงโปรแกรมการ

จำลองสถานการณ์ที่ช่วยในการวางแผนการจัดตารางการผลิต อันจะทำให้เกิดแผนการผลิตประจำวันที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทุน สกว.- อุตสาหกรรม ประจำปี 2552 และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

8. บรรณานุกรม

[1] โฉยฉาย วัฒนพงศ์, 2550, “การออกแบบโปรแกรมการจัดตารางการผลิตสำหรับบเทคโนโลยีแบบจัดกลุ่มและการประกอบกรณีศึกษา: โรงงานผลิตถังเก็บก๊าซอุตสาหกรรม” ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหิดล.

[2] ยศนันท์ ศุภพิบูลย์กุล, ธนัญญา วสุศรี, 2552, “การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวม กรณีศึกษา : บริษัทผู้ผลิตน้ำมันถั่วเหลือง” . สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9, 232-243

[3] วัชรินทร์ เปียสกุล และธนัญญา วสุศรี, 2549, “การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวม: กรณีศึกษาบริษัทผลิตกะทิสด” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[4] แววดาว พูนสวน, 2550, “การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time series) เพื่อการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษา บริษัท เอสบีอุตสาหกรรมเครื่องเรือน จำกัด” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[5] Gong Youlong . 2003. “Forecast the human resource for health requirement in China by the year 2015”. Department of Health statistics and Social Medicine, School of Public Health, Fudan University.