การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

นายณัฐชาต คำศิริตระกูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3631-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A PREDICTION OF CONSTRUCTION COST INDEXES USING NEURAL NETWORK MODELS

Mr. Nuttachat Kumsiritrakul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3631-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

โดย นายณัฐชาต คำศิริตระกูล

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณัฐชาต คำศิริตระกูล : การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. (A PREDICTION OF CONSTRUCTION COST INDEXES USING NEURAL NETWORK MODELS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์.ดร.ธนิต ธงทอง, 173 หน้า. ISBN 974-17-3631-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่เผยแพร่โดยนิตยสาร Engineering News Record (ENR) เพื่อนำดัชนีราคาที่พยากรณ์ได้ไปใช้ประโยชน์ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างเบื้องต้น ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น ขอบเขตการวิจัยนี้ ทำการศึกษาการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง 2 ชนิด คือ Building Cost Index (BCI) และ Construction Cost Index (CCI) โดยเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน และ 1 ปี ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย (1) เก็บรวบรวมข้อมูลดัชนีราคางานก่อสร้าง และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำดัชนี (2) พัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (3) เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับการพยากรณ์โดย ENR และการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ได้แก่ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว นอกจากนี้ ได้นำแนวทางการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยด้วย

ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 16.365 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 16.692 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 28.745 ในขณะที่แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 29.248 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 20.744 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 68.061 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 39.288 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 58.986

ส่วนการเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดย ENR พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 11.068 ในขณะที่ การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 43.252 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 26.669 ในขณะที่การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 50.374

การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบ ระหว่าง วิธีแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ และการพยากรณ์โดย ENR สรุปได้ว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ได้แม่นยำกว่า

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต...

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา......................................

ปีการศึกษา 2546

4470295821 : MAJOR CONSTRUCTION MANAGEMENT
KEY WORD: CONSTRUCTION COST INDEXES / NEURAL NETWORKS / PREDICT

NUTTACHAT KUMSIRITRAKUL : A PREDICTION OF CONSTRUCTION COST INDEXES USING NEURAL NETWORK MODELS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. TANIT TONGTHONG, Ph.D., 173 pp. ISBN 974-17-3631-2.

The objective of this research is to create models for predicting the construction cost indexes, published in Engineering News Record (ENR), in order to obtain the values that support more accurate preliminary estimation. The study focuses on the prediction of the changes of two construction cost indexes: Building Cost Index (BCI) and Construction Cost Index (CCI). The ranges of the prediction are one month and one year in advance. The methodologies used in this research consist of: (1) collecting construction cost indexes data and information relevant to the development of such indexes, (2) developing artificial neural network models for predicting the construction cost indexes including Back Propagation (BP) and Neuro-genetic Algorithms (NGA) neural networks, and (3) comparing the predicted results from artificial neural network (ANN) models with those from ENR and statistic methods such as a Simple Average, an Exponential Smoothing and a Simple Regression Analysis. Besides, this research also applies the development method of the proposed models to the develop models to predict the construction material price indexes in Thailand.

This research shows that the ANN model that predicts the BCI one-month in advance provides results with RMSE of 16.365 while a prediction using a statistical model provides results with RMSE of 16.692. The ANN model for predicting the CCI one-month in advance has RMSE of 28.745 whereas a prediction using a statistical model has RMSE of 29.248. In addition, in the case of predicting indexes one-year in advance, the proposed ANN model provides results with 20.744 of RMSE for BCI prediction whereas a statistical model prediction yields RMSE of 68.061. The ANN model that predicts the CCI one-year in advance has RMSE of 39.288. On the other hand, a statistical model prediction's RMSE is 58.986.

The comparison of ANN model predictions and the ENR's predictions indicates that the ANN model for predicting BCI one-year in advance has RMSE of 11.068 whereas the ENR's prediction has RMSE of 43.252. Additionally, the proposed ANN model for predicting CCI one-year in advance yields RMSE of 26.669 whereas the ENR's prediction yields RMSE of 50.374.

When the validated data sets are applied to the Artificial Neutral network models, the ENR method and statistical, it shows that the prediction using the ANN models yields the most accurate results of all.

Department Civil Engineering Student's signature.....................................

Field of study Civil Engineering Advisor's signature.....................................

Academic year 2003

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาให้ คำปรึกษา ข้อคิด แนะนำวิธีการทำงาน และช่วยตรวจสอบความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์อย่างเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง และ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์ รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร รองศาสตราจารย์ ดร.วิศณุ ทรัพย์สมพล ที่ได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาตลอดจนญาติพี่น้อง และเพื่อนผู้ใกล้ชิดทุกท่านที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุน ในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ณัฐชาต คำศิริตระกูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ฉ

สารบัญ ช

สารบัญตาราง ฌ

สารบัญรูป ฐ

บทที่

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2. ทบทวนทฤษฎีและผลงานที่ผ่านมา

2.1 แนวคิดและทฤษฎี 7

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

2.3 สรุป 19

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย 22

3.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการวิจัย 23

3.3 โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการวิจัย 25

3.4 การพยากรณ์โดย ENR 26

3.5 การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ 27

3.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลการพยากรณ์ 32

3.7 สรุป 34

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4. การพัฒนาแบบจำลอง

4.1 แนวคิดของแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง 35

4.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม 36

4.3 รูปแบบของผลลัพธ์ของการพยากรณ์ 36

4.4 กลุ่มของข้อมูลนำเข้า 37

4.5 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน 45

4.6 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี 48

4.7 สรุป 50

5. การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย ENR และวิธีทางสถิติ

5.1 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย ENR 51

5.2 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ 53

5.3 สรุป 67

6. ผลการพัฒนาแบบจำลอง

6.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม 69

6.2 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างไปใช้งาน 73

7. แนวทางการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย

7.1 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง 86

7.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย 90

8. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย 107

8.2 ข้อเสนอแนะ 112

รายการอ้างอิง 113

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก 116

ภาคผนวก ก. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 117

ภาคผนวก ข. ตารางประกอบ 134

ภาคผนวก ค. รูปประกอบ 157

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 173

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างของดัชนีราคา 8
3.1 การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR 26
3.2 ความแตกต่างของแบบจำลอง การพยากรณ์อนุกรมเวลา และการพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล 29
4.1 รูปแบบผลลัพธ์ของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม 37
4.2 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน 42
4.3 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน 42
4.4 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี 43
4.5 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี 43
4.6 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.1 45
4.7 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.2 46
4.8 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.3 48
4.9 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.4 49
5.1 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 54
5.2 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 55
5.3 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 56
5.4 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 57
5.5 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล 58

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.6 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล 59
5.7 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 61
5.8 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 61
5.9 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 62
5.10 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 63
5.11 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 64
5.12 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 64
5.13 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 65
5.14 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 66
6.1 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อนสำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน 74
6.2 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อนสำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
ด้วยวิธี BPเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน 74
6.3 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อนสำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี 74
6.4 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อนสำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี 75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

7.1 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์
ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน 91
7.2 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 7.2 91
7.3 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์
ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี 93
7.4 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 7.3 93
7.5 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 97
7.6 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย 98
7.7 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล 100
7.8 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 101
7.9 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 102
7.10 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง 103
7.11 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี
โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ 103
ก-1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุ์ศาสตร์ และเจเนติกอัลกอริทึม 125
ก-2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม 129
ก-3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ในขั้นตอนการสุ่มสตริงเริ่มต้น
และการรีโปรดักชัน 131
ก-4 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ในขั้นตอนการครอสโอเวอร์ 132
ข-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 135
ข-2 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 137
ข-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 139
ข-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 141
ข-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 143
ข-7 รายการวัสดุก่อสร้างแต่ละหมวดของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง 145
ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100) 147

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่โดย ENR 10

2.2 ตัวอย่างค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ย้อนหลัง 11

2.3 ตัวอย่างค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ย้อนหลัง 12

2.4 ตัวอย่างการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคาของ ENR 12

2.5 ตัวอย่างการพยากรณ์ดัชนีราคา ENR ด้วยการคาดคะเน 13

2.6 การนำดัชนีราคา ENR ที่พยากรณ์ด้วยการคาดคะเนไปใช้งาน 14

3.1 ขั้นตอนในการวิจัย 22

3.2 โครงสร้างของแบบจำลองพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง 26

3.3 วิธีการพยากรณ์ทางธุรกิจ 27

4.1 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน 46

4.2 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน 47

4.3 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี 49

4.4 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี 50

5.1 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง) 52

5.2 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง) 52

5.3 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 2 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 54

5.4 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 55

5.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 57
5.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.3 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 59
5.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.3 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 60
5.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 62
5.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 63
5.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 65
5.12 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 1 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 66
6.1 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน 69
6.2 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน 70
6.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี 71
6.4 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี 72
6.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง) 77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่าง แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........77
6.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........78
6.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........78
6.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 2 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........80
6.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........80
6.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........81
6.12 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........81
6.13 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ดัชนีจาก ENR และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........83
6.14 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ดัชนีจาก ENR และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)........83

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

7.1 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน 92
7.2 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี 94
7.3 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน 95
7.4 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี 96
7.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 98
7.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 1 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 99
7.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.9 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง(ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 100
7.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 4 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 102
7.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ) 104
7.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.9 และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง) 106
7.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง) 106
ก-1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม 118
ก-2 โครงสร้างภายในของหน่วยประมวลผลในชั้นซ่อน และชั้นผลลัพธ์ 120
ก-3 ฟังก์ชันแปลงค่ารูปแบบต่างๆ 121

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก-4 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ดคือ ลักษณะเรียบ (R) หรือ ขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือสีเหลือง (Y) สีเขียว (G) 124
ก-5 ลักษณะทางเจเนติกแสดงถึงการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0, 4] และค่าของ x ถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารี่สตริง 125
ก-6 ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย 127
ก-7 การรีโปรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่มีขนาดของแต่ละช่อง เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม 129
ก-8 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$ 131
ค-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 158
ค-2 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 160
ค-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI 162
ค-4 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 164
ค-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 166
ค-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI 168
ค-7 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม 170
ค-8 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม 171
ค-9 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม 172

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนงาน เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ธุรกิจนั้นประสบความสำเร็จ หรือล้มเหลว ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่จะทำให้สามารถวางแผนงานได้อย่างเหมาะสมก็คือ การคาดการณ์ หรือ การพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทั้งทางด้าน เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สังคม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อธุรกิจ (อัจฉรา จันทร์ฉาย, 2544)

ปัจจุบันธุรกิจก่อสร้างมีการแข่งขันสูง และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว บริษัทรับเหมาก่อสร้าง หรือผู้จัดการโครงการที่ดี จะต้องพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลง โดยอาศัยข้อมูลข่าวสาร และการพยากรณ์ที่มีหลักการและเหตุผล เพื่อที่จะนำผลที่ได้มาใช้ ในการตัดสินใจวางแผนงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการจัดทำงบประมาณและการเตรียมยื่นซองประมูลโครงการก่อสร้างประกอบไปด้วยหลายขั้นตอนซึ่ง การประมาณราคา (Cost Estimation) ก็เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ เพราะทำให้ทั้งผู้รับเหมาและ เจ้าของงานทราบถึงราคาในการก่อสร้าง แต่ในโครงการก่อสร้างที่มีระยะเวลาของโครงการยาวก็อาจเกิดปัญหา จากราคาของโครงการตอนที่ทำการประมาณราคาหรือเริ่มต้นโครงการ ได้มีการเปลี่ยนแปลงไประหว่างดำเนินการหรือเมื่อโครงการเสร็จสิ้น (Escalation Cost) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการ ผันผวนของสภาพเศรษฐกิจ หากผู้รับเหมาไม่ได้มีการคิดเผื่อราคาในส่วนนี้ ก็จะได้รับผลกระทบคือ ได้รับกำไรน้อยลงหรืออาจจะขาดทุน จึงได้มีการเสนอวิธีการแก้ปัญหานี้ โดยนำเอาสัญญาแบบปรับราคาได้มาใช้ซึ่งมีข้อดีคือ มีความยุติธรรมต่อทั้งผู้รับเหมาและเจ้าของงาน ทั้งสองฝ่ายจะได้รับการชดเชยเมื่อราคางานมีการเปลี่ยนแปลงไป แต่การใช้สัญญาแบบปรับราคาได้ ก็มีข้อเสียคือ ในขั้นตอนการชดเชยหรือเรียกคืนเงินมีความยุ่งยากในการคำนวณเงินชดเชย และต้องรอรับเงินชดเชยในภายหลัง โดยส่วนมากเจ้าของงานก็ต้องการให้ผู้รับเหมาทำการประมาณราคาให้ใกล้เคียงความจริงที่สุด และคำนึงถึงปัจจัยทุกอย่างรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของราคาด้วย (Ritz, 1994)

การที่จะคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของราคางานก่อสร้างในอนาคตนั้นจะต้อง อาศัยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในอดีต และการคาดการณ์สภาพเศรษฐกิจในอนาคตประกอบกัน ซึ่งในสหรัฐอเมริกาได้มีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในรูปของ ดัชนีราคางานก่อสร้าง (Construction Cost Index) ซึ่งมีแหล่งที่มาของดัชนีหลายแห่ง ซึ่งดัชนีที่เป็นที่นิยม (Peurifoy and Oberlender, 2002) ก็คือ ดัชนีงานก่อสร้างที่เผยแพร่ใน เอนจิเนียริงนิวส์เรคอร์ด (Engineering News Record

,ENR) ซึ่งเป็นนิตยสารรายสัปดาห์ ที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของ อุตสาหกรรมการก่อสร้างในสหรัฐอเมริกา (Halpin and Woodhead, 1998) โดยที่จะมีดัชนีราคางานก่อสร้างอยู่ 2 ประเภทคือ “Construction Cost Index (CCI)” และ “Building Cost Index (BCI)” ซึ่งใช้งานแตกต่างกันตามชนิดของสิ่งก่อสร้าง

จะมีการเผยแพร่ค่าดัชนีนี้ในนิตยสาร ENR ทุกๆ สัปดาห์ที่ 2 ของแต่ละเดือน ดัชนีนี้เป็นการเปรียบเทียบราคาของการก่อสร้างในช่วงเวลาต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยที่จะคำนวณดัชนีนี้จากจำนวนชั่วโมงของคนงาน และปริมาณของวัสดุเท่าเดิม (Ostwald, 2001) เพื่อจะได้ใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบค่าของดัชนีในแต่ละช่วงเวลา โดยที่มีองค์ประกอบของดัชนี ดังนี้

ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI เท่ากับ ค่าแรงของคนงาน 200 ชั่วโมง รวมกับ ราคาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จำนวน 1,128 กิโลกรัม ราคาของเหล็กรูปพรรณจำนวน 1,135 กิโลกรัม และ ราคาของไม้แปรรูป (2”x4”) จำนวน 1,088 แผ่น-ฟุต (board-ft) โดยที่ อัตราค่าแรงและราคาต่อหน่วยของวัสดุจะเป็น ค่าเฉลี่ยของ 20 เมืองในอเมริกา และอีก 2 เมืองในแคนาดา

ส่วนดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI นั้นจะเปลี่ยนองค์ประกอบจาก ค่าแรงคนงาน 200 ชั่วโมง เป็น ค่าแรงของคนงานมีฝีมือ 68.38 ชั่วโมง (Grogan, 2002)

การนำไปใช้งานก็จะต่างกันคือ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI จะใช้กับงานถนนและงานก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น เขื่อน โรงงาน ฯลฯ ส่วน ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI นั้นจะนำไปใช้กับงานสร้างอาคารทั่วไป และอาคารสูง

นอกจากจะใช้ดัชนีงานก่อสร้าง เพื่อปรับราคางานที่เคยทำในอดีตให้มีความทันสมัยเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการประมาณราคาแล้ว ยังใช้ประโยชน์เมื่อมีการประมาณราคาการก่อสร้างโครงการหนึ่งเสร็จสิ้นแล้ว แต่ยังไม่ได้มีการก่อสร้างในทันทีในช่วงเวลา 1 ปี ก็สามารถที่จะปรับราคาของ การก่อสร้างมายังปีที่จะทำการก่อสร้าง โดยเวลาที่สามารถปรับได้จะเป็นเวลาในช่วงระหว่าง ประมาณราคาเสร็จ ถึงเวลาในปัจจุบัน (Halpin and Woodhead, 1998)

ส่วนการพยากรณ์ ค่าดัชนีงานก่อสร้าง ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตนั้นก็ได้มีนำหลักการ ทางคณิตศาสตร์มาใช้ คือ การคาดคะเน (Projection) ค่าการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยอาศัยค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงในอดีตเป็นเกณฑ์ ซึ่งก็จะต้องระวังในการใช้งานเป็นอย่างมากเพราะลักษณะของสภาพเศรษฐกิจมีการเปลี่ยนแปลงไปไม่เหมือนในอดีต (Ferry, 1984)

ต่อมา Williams (1994) ได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) เพื่อใช้ในการพยากรณ์การอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ทั้งในระยะสั้นคือ พยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีล่วงหน้า 1 เดือน และระยะยาวคือ

พยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีล่วงหน้า 6 เดือน โดยพิจารณาจากปัจจัยทางเศรษฐกิจต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI เนื่อง Williams (1994) ได้เห็นถึงประโยชน์ของการพยากรณ์ค่าดัชนีงานก่อสร้างทั้งในระยะสั้น และระยะยาว

การพยากรณ์ในระยะสั้นล่วงหน้า 1 เดือนนั้น จะทำให้สามารถตัดสินใจสั่งซื้อวัสดุได้อย่างเหมาะสม เช่น ถ้าพยากรณ์ได้ว่าเดือนหน้าดัชนีงานก่อสร้างมีแนวโน้มสูงขึ้นมากจะต้องเปรียบเทียบระหว่างค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นหากสั่งซื้อวัสดุในเดือนนี้ กับการสั่งซื้อในเดือนหน้าซึ่งราคาวัสดุจะสูงขึ้นว่าคุ้มค่าหรือไม่ ในโครงการขนาดใหญ่ควรจะมีการพิจารณาถึงผลกระทบของดัชนีต่อการเร่งงาน และการชะลองาน คือ ถ้าดัชนีราคางานก่อสร้างมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นมากแล้วและมีการเร่งงานในระดับที่เหมาะสม ก็จะทำให้งานเสร็จเร็วขึ้น กล่าวคือการนำค่าใช้จ่ายที่จะเพิ่มขึ้นตามเวลาอยู่แล้วนั้น มาใช้ในการเร่งงานก็จะทำให้งานเสร็จเร็วขึ้นแต่ยังคงเสียค่าใช้จ่ายเท่าเดิม

ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 6 เดือน ก็นำดัชนีมาใช้ในการปรับราคาของโครงการให้มีการเผื่อราคาที่จะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ เพื่อที่จะลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงราคาของโครงการในอนาคตต่อทั้งผู้รับเหมา และเจ้าของโครงการ

แต่แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่ได้ถือว่าไม่มีประสิทธิภาพ เพราะว่าค่าของผลลัพธ์ที่ได้ มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธีทางสถิติทั่วไปคือ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential Smoothing) และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว (Simple Regression Analysis)

นอกจากงานวิจัยของ Williams (1994) แล้วยังมีอีกหลายงานวิจัยที่ศึกษาวิธีการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

ในส่วนของ ENR ได้มีการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ในระยะยาวโดยพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งอธิบายในการถามตอบปัญหาของดัชนีราคา ENR (ENR Cost Indexes FAQ's) ไว้ว่า เป็นการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนธันวาคมของปีนั้น กับเดือนธันวาคมของปีถัดไป โดยอาศัยการวิเคราะห์จากข้อมูล อาทิ การประมาณจำนวนของสัญญาก่อสร้างที่กำลังจะเกิดขึ้น รวมถึงการบริโภคและแนวโน้มของราคาของวัสดุก่อสร้าง ฯลฯ หากแต่มิได้อธิบายถึงแบบจำลองหรือวิธีการที่นำไปใช้ในการพยากรณ์เป็นการเฉพาะ

วิธีการและเทคนิคต่างๆในการพยากรณ์ได้มีการคิดค้นและพัฒนามาหลายวิธีเพื่อเพิ่มความแม่นยำ และความแน่นอน เช่น การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) การพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล (Causal Forecasting) ฯลฯ ซึ่งแต่ละเทคนิคก็จะมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน และจากการพัฒนาของระบบสารสนเทศ ได้ส่งเสริมให้การพยากรณ์ เช่น โครงข่าย

ประสาทเทียม, ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) และเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms ,GAs) ได้มีการพัฒนาโดยสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (อัจฉรา จันทร์ฉาย, 2544)

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพชนิดหนึ่ง เพราะมีความสามารถที่จะเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลในอดีต (Pattern Recognition) และสามารถหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อผลกระทบ แล้วนำไปพยากรณ์แนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ เช่น การพยากรณ์อนุกรมเวลา การพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ฯลฯ ก็พบว่าความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าต่ำกว่ามาก

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่ใน ENR ทั้ง ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI กับดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้าเป็นระยะเวลาหนึ่งเดือนและหนึ่งปี ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มาเป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ โดยได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของแบบจำลองไปจากแบบจำลองที่เคยมี ผู้พัฒนาในหลายส่วน ทั้งในส่วนของข้อมูลนำเข้า และโครงสร้างของแบบจำลอง ให้สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีทั้งในระยะสั้น และระยะยาว ได้ถูกต้องมากขึ้น และผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์แนวโน้มของดัชนีก็สามารถใช้งานแบบจำลองได้ดี เพื่อผู้ที่นำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้งานจะได้สามารถแก้ปัญหาและเกิดประโยชน์ดังที่อ้างไว้ข้างต้น และเป็นแนวทางศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักคือ สร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียม โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้

1.2.1 ปรับปรุงการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่โดย ENR

1.2.2 นำเสนอการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI กับ ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ที่เผยแพร่ใน ENR รวมทั้งความเป็นไปได้ในการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยด้วย

1.3.2 ศึกษาการพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน และ 1 ปี

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.4.1 รวบรวมและศึกษาเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิจัย

ศึกษาเอกสาร บทความ งานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับดัชนีราคางานก่อสร้าง และวิธีการในการพยากรณ์ดัชนีราคาก่อสร้าง ศึกษาถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธี ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการพยากรณ์ และศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

1.4.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง

ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยและดัชนีต่างๆที่นำมาใช้ในงานวิจัยหรือแบบจำลองในอดีต และปัจจัยอื่นๆ ที่น่าจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง

1.4.3 เก็บรวบรวมข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

เก็บรวมรวมข้อมูลที่ได้วิเคราะห์จากขั้นตอนที่แล้ว โดยสืบค้นจาก เว็บไซต์ และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จัดเตรียมรูปแบบให้พร้อมที่จะนำไปพัฒนาแบบจำลอง

1.4.4 ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

1.4.4.1 เลือกชนิดของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

1.4.4.2 ทดลองหารูปแบบของแบบจำลอง ข้อมูลนำเข้า และผลลัพธ์ที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาด ของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ในชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

1.4.4.3 ทดสอบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ได้ด้วยชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับวิธีอื่นๆ

1.4.5 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการพยากรณ์กับวิธีการทางสถิติ

ก.สร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางสถิติ และเลือกวิธีที่เหมาะสม

ข.เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ของแบบจำลองที่พัฒนาโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับแบบจำลองที่ใช้วิธีการทางสถิติ

1.4.6 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับผลการพยากรณ์ของ ENR

1.4.7 พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย โดยใช้แนวทางที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง

1.4.8 สรุปผลการวิจัย การประยุกต์ใช้ ปัญหาที่พบ และแนวทางการพัฒนา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาซึ่งจะช่วยในการประมาณราคางานเบื้องต้น ให้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

1.5.2 แบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเพื่อวางแผนหรือปรับเปลี่ยนแผนให้เหมาะสมกับสถานการณ์

1.5.3 แบบจำลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการปรับราคางานก่อสร้างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทที่ 1 ที่ได้กล่าวถึงปัญหาของการเปลี่ยนแปลงราคาของการก่อสร้าง จึงได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงราคาของการก่อสร้าง และผลงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และในบทที่ 2 นี้จะเป็นการสรุปเนื้อหา วิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีการจากที่ได้ศึกษามาเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ดัชนีราคา (Cost indexes) (Ostwald, 2001)

ในการประมาณราคาของการก่อสร้าง นิยมนำดัชนีราคา ที่มีลักษณะเป็นอนุกรมเวลามาใช้ในการประมาณราคาเบื้องต้น (Preliminary Estimation) และเพื่อการปรับราคางานที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา โดยใช้วิธีการคาดคะเน เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคาในอนาคต ค่าดัชนีราคา จึงมีความสำคัญในการวิเคราะห์ราคาของการก่อสร้าง

เลขดัชนีนี้ ได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ในอดีต คือเมื่อประมาณ ค.ศ.1750 นาย G. R. Carli ชาวอิตาลี ได้นำดัชนีไปใช้ในการสังเกตผลกระทบของการค้นพบอเมริกา ที่มีต่ออำนาจการซื้อของเงินในยุโรป

ดัชนีราคา เป็นส่วนประกอบของ แรงงาน, วัสดุ และบริการ ซึ่งกำหนดขึ้น คำนวณที่เวลาที่พิจารณา เนื่องจากราคาเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดัชนีราคาก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาด้วย ดัชนีราคาจะแสดงราคา ณ เวลาหนึ่ง ดังนั้นเมื่อนำไปเทียบกับดัชนีราคาของปีฐาน (Base Year) สัดส่วนของดัชนีราคานั้นจะเป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย ที่สามารถนำไปพยากรณ์ราคาของการก่อสร้างในปัจจุบันหรืออนาคต ถ้าเคยก่อสร้างในโครงการที่คล้ายกันในอดีตมาแล้ว โดยใช้สมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าก่อสร้าง เป็นสัดส่วนกับการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคา ดังนี้

$$C_c = C_r (I_c / I_r) \qquad (2.1)$$

เมื่อ C_c = ราคาในช่วงเวลาที่ต้องการทราบ

C_r = ราคาที่ใช้เปรียบเทียบ

I_r = ดัชนีราคาที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของ C_r

I_c = ดัชนีราคาที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของ C_c

การเคลื่อนไหวของดัชนีจากช่วงเวลาหนึ่งถึงช่วงเวลาหนึ่ง สามารถแสดงในรูปของ ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนี ซึ่งค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของดัชนีในช่วงเวลาหนึ่ง แสดงได้โดยสมการนี้

$$r = [(I_e/I_b)^{1/n} - 1] \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ r = ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงต่อช่วงเวลาหนึ่ง

I_e = ดัชนีตัวสุดท้ายในช่วงเวลา

I_b = ดัชนีตัวแรกในช่วงเวลา

n = จำนวนของช่วงเวลา

จากสมการ 2.2 เมื่อนำมาจัดรูปใหม่จะได้ สมการพยากรณ์ดัชนีล่วงหน้าโดยการคาดคะเน ซึ่งแสดงในรูปของสมการนี้

$$I_e = I_b \times (1 + r/100)^n \qquad (2.3)$$

เมื่อ I_e = ดัชนีที่พยากรณ์ได้

I_b = ดัชนีที่ใช้เป็นฐาน

r = ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงต่อช่วงเวลาหนึ่ง

n = ช่วงระยะเวลาที่พยากรณ์ล่วงหน้าไป

(หมายเหตุ : ตัวแปรในสมการ 2.2 และ 2.3 มีความหมายต่างกันเนื่องจากลักษณะการใช้งาน)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของดัชนีราคา (Ostwald, 2001)

Index Name	*Cost Measure*	*Application*	*Compiler*	*Description*
Bid Price	Construction	Federal highways	U.S. Dept. of Transportation	Derived from average unit bid prices for excavation, surfacing, and structures
Boeckh Building Cost	Building	Construction, insurance, appraisal	E.H. Boeckh Co.	11 building types, 202 U.S. cities, 115 components, 19 trades, 89 building materials
Bureau of Reclamation	Construction	General	Bureau of Reclamation	34 types of dams and water projects
Chemical Engineering Plant Cost	Construction	Chemical plants	*Chemical Engineering*	Equipment, machinery, labor, building materials, engineering and supervision costs
Consumer Price Index (CPI)	Goods	Consumer	Bureau of Labor Statistics	Prices for about 4000 goods and services
Dodge Building	Construction	General	Marshall & Swift	22 trades, material, equipment, crew sizes for 1000 regions
Engineering News Record Building Cost [2]	Building	General	*Engineering News Record*	Hypothetical block of construction in 22 cities requiring skilled labor, steel, lumber and cement.
Means	Construction	General	R. S. Means Co.	16 components in 305 cities.
Producer Price Index	Goods	Producer	Bureau of Labor Statistics	Over 4000 Commodities. Since 1890.

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงดัชนีราคาที่ใช้กับทั้งสินค้าและการก่อสร้างซึ่งดัชนีแต่ละชนิด ก็จะต้องใช้ให้ตรงกับลักษณะของงาน สำหรับการก่อสร้างนั้น ก็มีดัชนีหลายชนิดที่ได้ถูกนำมาใช้ ดัชนีที่ได้รับความนิยม (Peurifoy and Oberlender, 2002) ก็คือ ดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่ใน ENR ซึ่งเป็นนิตยสารรายสัปดาห์ ที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของ อุตสาหกรรมการก่อสร้างในสหรัฐอเมริกา

2.1.2 ดัชนีราคาของ ENR

ENR ได้มีการเผยแพร่ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI กับดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ซึ่งถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของสหรัฐอเมริกา ดัชนีทั้งสองมีส่วนประกอบหลัก คือ ค่าวัสดุ และค่าแรง

ใน ENR ฉบับที่สองของแต่ละเดือน จะมีการเผยแพร่ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI กับดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ของแต่ละเมืองเป็นจำนวน 22 เมือง ซึ่งเป็นเมืองในอเมริกาจำนวน 20 เมือง และเมืองในแคนาดาจำนวน 2 เมือง รวมถึงค่าดัชนีเฉลี่ยของทุกเมืองด้วย ส่วนในฉบับแรกจะมีการแสดงค่าดัชนีเฉลี่ยของทุกเมือง ย้อนหลัง 14 เดือนของค่าดัชนีทั้ง 2 ตัว

เมืองในอเมริกาจำนวน 20 เมือง ที่ ENR นำข้อมูลราคามาพิจารณาคือ Atlanta, Baltimore, Birmingham, Boston, Chicago, Cincinnati, Cleveland, Dallas, Denver, Detroit, Kansas City, Los Angeles, Minneapolis, New Orleans, New York, Philadelphia, Pittsburgh, St. Louis, San Francisco และ Seattle ส่วนอีก 2 เมืองที่เป็นของแคนาดา คือ Montreal และ Toronto

ดัชนีราคางานก่อสร้าง ทั้งสองชนิดมีส่วนประกอบดังนี้

ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI = ค่าแรงของคนงาน 200 ชั่วโมง + ราคาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จำนวน 1,128 กิโลกรัม + ราคาของเหล็กรูปพรรณจำนวน 1,135 กิโลกรัม + ราคาของไม้แปรรูป (2”x4”) จำนวน 1,088 แผ่น-ฟุต

ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI = ค่าแรงของคนงานมีฝีมือ 68.38 ชั่วโมง + ราคาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จำนวน 1,128 กิโลกรัม + ราคาของเหล็กรูปพรรณจำนวน 1,135 กิโลกรัม + ราคาของไม้แปรรูป (2”x4”) จำนวน 1,088 แผ่น-ฟุต

โดยที่ อัตราค่าแรงและราคาต่อหน่วยของวัสดุจะเป็น ค่าเฉลี่ยที่เก็บรวบรวมจาก 20 เมืองในอเมริกา และอีก 2 เมืองในแคนาดา

Construction Cost Index

A 1.2% increase in the CCI's labor component boosted annual inflation a full percentage point, to 2.8%.

20-CITY: 1913=100	Feb. 2003 Index Value	% chg. Month	% chg. Year
CONSTRUCTION COST	6640.06	+0.9	+2.8
COMMON LABOR	14241.18	+1.2	+4.1
WAGE $/HR.	27.06	+1.2	+4.1

Building Cost Index

A 0.4% increase in the BCI's labor component offset a 0.3% decrease in materials costs, which boosted inflation to 2%.

20-CITY: 1913=100	Feb.. 2003 Index Value	% chg. Month	% chg. Year
BUILDING COST	3654.60	+0.2	+2.0
SKILLED LABOR	6392.97	+0.4	+4.9
WAGE $/HR.	35.48	+0.4	+4.9

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่โดย ENR

แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/cost/cost1.asp

ส่วนประกอบของดัชนีจะสังเกตได้ว่ามีความต่างกันในส่วนของค่าแรงคนงาน ทำให้การนำไปใช้งานดัชนีทั้งสองจะต่างกันคือ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI จะใช้กับงานถนนและงานก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น เขื่อน โรงงาน ฯลฯ ซึ่งจะมีสัดส่วนของค่าแรงต่อราคาทั้งหมดค่อนข้างสูง ส่วนดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI นั้นจะนำไปใช้กับงานสร้างอาคารทั่วไป และตึกสูง ซึ่งมีส่วนประกอบของโครงสร้างมากกว่า โดยมีรูปแบบของดัชนีดังที่แสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะมีการเผยแพร่ค่าดัชนีเป็นประจำทุกเดือน

ข้อมูลค่าดัชนีย้อนหลังก็สามารถนำมาใช้ได้โดย นำมาจากใน ENR ฉบับแรกของทุกต้นเดือนที่จะเผยแพร่ค่า 14 เดือนย้อนหลัง หรือจากใน เว็บไซต์ ของ ENR ซึ่งจะมีรูปแบบของดัชนีราคางานก่อสร้างทั้ง CCI และ BCI ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ (ข้อมูลโดยละเอียดอยู่ในภาคผนวก ข)

ENR ได้มีการพยากรณ์ของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และ BCI ล่วงหน้า 12 เดือน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนของ ธันวาคมของปีนั้น กับ เดือนธันวาคมในปีถัดไป โดยวิเคราะห์จากข้อมูลอาทิเช่น

Construction Cost Index History

Construction Cost Index History (1908-2003)

HOW ENR BUILDS THE INDEX: 200 hours of common labor at the 20-city average of common labor rates, plus 25 cwt of standard structural steel shapes at the mill price prior to 1996 and the fabricated 20-city price from 1996, plus 1.128 tons of portland cement at the 20-city price, plus 1,088 board-ft of 2 x 4 lumber at the 20-city price.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
1980	3132	3134	3159	3143	3139	3198	3260	3304	3319	3327	3355	3376	3237
1981	3372	3373	3384	3450	3471	3496	3548	3616	3657	3660	3697	3695	3535
1982	3704	3728	3721	3731	3734	3815	3899	3899	3902	3901	3917	3950	3825
1983	3960	4001	4006	4001	4003	4073	4108	4132	4142	4127	4133	4110	4066
1984	4109	4113	4118	4132	4142	4161	4166	4169	4176	4161	4158	4144	4146
1985	4145	4153	4151	4150	4171	4201	4220	4230	4229	4228	4231	4228	4195
1986	4218	4230	4231	4242	4275	4303	4332	4334	4335	4344	4342	4351	4295
1987	4354	4352	4359	4363	4369	4387	4404	4443	4456	4459	4453	4478	4406
1988	4470	4473	4484	4489	4493	4525	4532	4542	4535	4555	4567	4568	4519
1989	4580	4573	4574	4577	4578	4599	4608	4618	4658	4658	4668	4685	4615
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
1990	4680	4685	4691	4693	4707	4732	4734	4752	4774	4771	4787	4777	4732
1991	4777	4773	4772	4766	4801	4818	4854	4892	4891	4892	4896	4889	4835
1992	4888	4884	4927	4946	4965	4973	4992	5032	5042	5052	5058	5059	4985
1993	5071	5070	5106	5167	5262	5260	5252	5230	5255	5264	5278	5310	5210
1994	5336	5371	5381	5405	5405	5408	5409	5424	5437	5437	5439	5439	5408
1995	5443	5444	5435	5432	5433	5432	5484	5506	5491	5511	5519	5524	5471
1996	5523	5532	5537	5550	5572	5597	5617	5652	5683	5719	5740	5744	5620
1997	5765	5769	5759	5799	5837	5860	5863	5854	5851	5848	5838	5858	5825
1998	5852	5874	5875	5883	5881	5895	5921	5929	5963	5986	5995	5991	5920
1999	6000	5992	5986	6008	6006	6039	6076	6091	6128	6134	6127	6127	6060
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
2000	6130	6160	6202	6201	6233	6238	6225	6233	6224	6259	6266	6283	6221
2001	6281	6273	6280	6286	6288	6319	6404	6389	6391	6397	6410	6390	6342
2002	6462	6462	6502	6480	6512	6532	6605	6592	6589	6579	6578	6563	6538
2003	6581	6640											

Base: 1913=100

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ย้อนหลัง

แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/cost/cost1.asp

การประมาณจำนวนของสัญญาก่อสร้างที่กำลังจะเกิดขึ้น การบริโภคและแนวโน้มของราคาของวัสดุก่อสร้างโดยที่มีรูปแบบดังรูปที่ 2.4 แต่ไม่ได้มีการอธิบายถึงวิธีการหรือแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์โดยเฉพาะ

การพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างของ ENR โดยใช้วิธีการคาดคะเนนั้นก็เป็นที่นิยมใช้กันดังตัวอย่างที่จะแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งเป็นการพยากรณ์ดัชนีราคาล่วงหน้าสำหรับงานก่อสร้างของหน่วยงานในกองทัพของสหรัฐอเมริกาเพื่อใช้จัดทำงบประมาณของช่วงปี ค.ศ. 1999 ถึง ค.ศ. 2002 ในการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างได้ใช้ค่าอัตราเงินเฟ้อของหน่วยงาน “The Principal Deputy Under Secretary of Defense” ซึ่งค่าอัตราเงินเฟ้อจะไม่คงที่ขึ้นกับช่วงเวลาแต่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 ถึง 2.1 แล้วทำการคาดคะเน ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง จากปี ค.ศ. 1999 เป็นต้นไป จากนั้นก็แปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง ENR ที่พยากรณ์ได้ ให้เป็นดัชนี OSD (ดัชนีราคาที่ใช้เฉพาะ

building cost index history

Building Cost Index History (1915-2003)

HOW ENR BUILDS THE INDEX: 66.38 hours of skilled labor at the 20-city average of bricklayers, carpenters and structural ironworkers rates, plus 25 cwt of standard structural steel shapes at the mill price prior to 1996 and the fabricated 20-city price from 1996, plus 1.128 tons of portland cement at the 20-city price, plus 1,088 board-ft of 2 x 4 lumber at the 20-city price.

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
1980	1895	1894	1915	1899	1888	1916	1950	1971	1976	1976	2000	2017	1941
1981	2015	2016	2014	2064	2076	2080	2106	2131	2154	2151	2181	2178	2097
1982	2184	2198	2192	2197	2199	2225	2258	2259	2263	2262	2268	2297	2234
1983	2311	2348	2352	2347	2351	2388	2414	2428	2430	2416	2419	2406	2384
1984	2402	2407	2412	2422	2419	2417	2418	2428	2430	2424	2421	2408	2417
1985	2410	2414	2406	2405	2411	2429	2448	2442	2441	2441	2446	2439	2428
1986	2440	2446	2447	2458	2479	2493	2499	2498	2504	2511	2511	2511	2483
1987	2515	2510	2518	2523	2524	2525	2538	2557	2564	2569	2564	2589	2541
1988	2574	2576	2586	2591	2592	2595	2598	2611	2612	2612	2616	2617	2598
1989	2615	2608	2612	2615	2616	2623	2627	2637	2660	2662	2665	2669	2634
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
1990	2664	2668	2673	2676	2691	2715	2716	2716	2730	2728	2730	2720	2702
1991	2720	2716	2715	2709	2723	2733	2757	2792	2785	2786	2791	2784	2751
1992	2784	2775	2799	2809	2828	2838	2845	2854	2857	2867	2873	2875	2834
1993	2886	2886	2915	2976	3071	3066	3038	3014	3009	3016	3029	3046	2996
1994	3071	3106	3116	3127	3125	3115	3107	3109	3116	3116	3109	3110	3111
1995	3112	3111	3103	3100	3096	3095	3114	3121	3109	3117	3131	3128	3111
1996	3127	3131	3135	3148	3161	3178	3190	3223	3246	3284	3304	3311	3203
1997	3332	3333	3323	3364	3377	3396	3392	3385	3378	3372	3350	3370	3364
1998	3363	3372	3368	3375	3374	3379	3382	3391	3414	3423	3424	3419	3391
1999	3425	3417	3411	3421	3422	3433	3460	3474	3504	3505	3498	3497	3456
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL AVG
2000	3503	3523	3536	3534	3558	3553	3545	3546	3539	3547	3541	3548	3539
2001	3545	3536	3542	3541	3547	3572	3625	3605	3597	3602	3596	3577	3574
2002	3581	3581	3597	3583	3612	3624	3652	3648	3655	3651	3654	3640	3623
2003	3648	3655											

Base: 1913=100

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ย้อนหลัง

แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/cost/cost1.asp

ENR'S 2003 COST FORECAST

	2002	2003	PERCENT CHANGE '01-02	PERCENT CHANGE '02-03
BUILDING COST INDEX	3640.11	3722.33	+1.8	+2.3
SKILLED LABOR INDEX	6338.14	6591.66	+4.5	+4.0
wage, $/hr.	35.18	36.58	+4.5	+4.0
CONSTRUCTION COST INDEX	6562.73	6766.99	+2.7	+3.1
COMMON LABOR INDEX	14021.05	14595.91	+4.2	+4.1
wage, $/hr.	26.64	27.73	+4.2	+4.1
MATERIALS COST INDEX	1991.51	1969.61	–3.2	–1.1
PORTLAND CEMENT, ton	82.70	83.94	+1.1	+1.5
LUMBER, 2x4, mbf	442.05	422.16	–2.5	–4.5
STRUCTURAL STEEL, cwt	26.42	26.68	–4.2	+1.0

ENR's cost indexes forecasted to December 2003. Percent changes are Dec. vs. Dec.

MATERIALS PRICE INFLATION THROUGH 2004

	2001	2002	2003	2004
BITUMINOUS PAVING MATERIALS	4.6	1.5	1.3	1.1
CEMENT	0.1	1.1	1.5	2.4
CONCRETE REINFORCING BARS	–1.2	–0.9	2.5	2.7
CONST. MACHINERY AND EQUIP.	0.5	1.4	1.8	1.7
FABRICATED PIPE AND FITTINGS	1.0	0.6	0.4	0.0
FABRICATED STRUCTURAL METAL	–0.2	0.2	0.7	1.4
GYPSUM PRODUCTS	–21.3	7.2	2.0	3.1
LUMBER AND WOOD PRODUCTS	–4.9	–0.7	–4.1	2.5
SAND GRAVEL AND CRUSHED STONE	3.5	2.4	2.0	2.8
SHEET METAL WORK	–0.2	1.2	–0.1	0.0

Source: Global Insight Inc.. Note: Escalation rates are annual averages.

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคาของ ENR

แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/cost/cost1.asp

Table D
OSD INFLATION INDICES
(OMB Rates for Projecting Future Escalation)
(Baselined to October 2001 as 1.000)
April 14, 1999

Fiscal Year	Start Fiscal Year (Month Yr)	(Note 1) ENR Indices (Raw)	(Note 2) OSD Budget Authority %	(Note 3) OSD Inflation Indices
1980	Oct 79	1900		0.539
1981	Oct 80	1976		0.561
1982	Oct 81	2151		0.611
1983	Oct 82	2262		0.642
1984	Oct 83	2416		0.686
1985	Oct 84	2424		0.688
1986	Oct 85	2441		0.693
1987	Oct 86	2511		0.713
1988	Oct 87	2569		0.729
1989	Oct 88	2612		0.741
1990	Oct 89	2662		0.756
1991	Oct 90	2728		0.774
1992	Oct 91	2786		0.791
1993	Oct 92	2867		0.814
1994	Oct 93	3016		0.856
1995	Oct 94	3116		0.884
1996	Oct 95	3117		0.885
1997	Oct 96	3284		0.932
1998	Oct 97	3372		0.957
1999	Oct 98	3423	1.300	0.972
2000	Oct 99	3467	1.600	0.984
2001	Oct 00	3523	1.700	1.000
2002	Oct 01	3583	1.700	1.017
2003	Oct 02	3644	1.900	1.034
2004	Oct 03	3713	2.100	1.054
2005	Oct 04	3791	2.100	1.076
2006	Oct 05	3871	2.100	1.099
2007	Oct 06	3952	2.100	1.122
2008	Oct 07	4035	2.100	1.145
2009	Oct 08	4120	2.100	1.169
2010	Oct 09	4206	2.100	1.194
Note 1:	Inflation multipliers through October 1998 are based on Engineering News Record Building Construction Indices.			
Note 2:	Inflation multipliers after October 1998 are projections based on the Price Escalation Indices (Annual Rates in Percentages) for the OSD Budget Authority for Rates for Military Construction/Military Family Housing Construction per guidance issued by the Principal Deputy Under Secretary of Defense (Comptroller) on 31 December 1998.			
Note 3:	Use these inflation indices to adjust unit costs for projects FY 2002 and beyond unless OUSD(C) modifies the rates.			

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการพยากรณ์ดัชนีราคา ENR ด้วยการคาดคะเน (Yim, 1999)

ในหน่วยงาน “Office of the Under Secretary of Defense”) โดยกำหนดให้ปี ค.ศ. 2001 เป็นปีฐานซึ่งมีค่าดัชนี OSD = 1 เพื่อนำไปใช้ในการปรับราคาต่อหน่วย (Unit Price) ของงานก่อสร้างที่เคยทำในอดีต ไปยังปีงบประมาณในอนาคต ราคาต่อหน่วยที่ได้ก็จะนำไปใช้ในการจัดทำงบประมาณต่อไป

DFD PROJECT BUDGET WORKSHEET (page 1) Date: January 2000

By: J. W. Doe

PROJECT TITLE: NEW 2 STORY OFFICE/LAB COMPLEX

AGENCY: UW SYSTEM - MILWAUKEE CAMPUS LOCATION: MILWAUKEE, WI

NEW BLDG AREA: 38,600 (GSF New Const)

25,000 (ASF New Const) 65% (% Efficiency)

REMDLING AREA: (GSF Remodeling)

(GSF Total Bldg) (% Remodeling)

ESTIMATED BID DATE: JAN 2002 PROJECTED ENR INDEX: 3785 / 3500 = 1.08

Space	GSF	Unit Cost	ENR	Adjustment Size/Cost	BUDGET
OFFICE	14,700	$ 82	1.08	1.02	$ 1,329,000
CLASSROOM	15,600	$ 92	1.08	1.04	1,612,000
LAB	8,300	$118	1.08	0.97	1,026,000
					Subtotal $ 3,966,000

รูปที่ 2.6 การนำดัชนีราคา ENR ที่พยากรณ์ด้วยการคาดคะเนไปใช้งาน (Renolt, 2000)

ในการประมาณราคาการก่อสร้างเพื่อนำไปจัดทำงบประมาณ ก็จะต้องนำเอาดัชนีราคาเมื่อเวลาที่ทำการประมาณราคา กับดัชนีที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้าไปยังปีที่สร้าง มาใช้ในการปรับราคางานให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งได้นำเอาค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ทั้งในขณะนั้นคือ เดือนมกราคม ค.ศ. 2000 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3500 และค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้าคือเดือนมกราคม ค.ศ. 2002 ที่พยากรณ์ได้จากการคาดคะเน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3785 มาปรับราคาก่อสร้างโครงการของรัฐ Wisconsin ในสหรัฐอเมริกา

จากตัวอย่างที่ได้นำมาแสดงจะเห็นได้ว่ามีการนำดัชนีราคางานก่อสร้างโดย ENR ไปใช้ในการปรับราคางานที่เคยทำในอดีตให้มีความทันสมัยและเผื่อการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย แต่วิธีการที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าดัชนีล่วงหน้า ไม่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงได้มีการคิดพัฒนาวิธีการ และแบบจำลองต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hanna และ Blair (1993) ศึกษาถึงการชดเชยราคาในการก่อสร้างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงราคาของงานก่อสร้าง ได้อธิบายถึง สาเหตุและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงราคาในการก่อสร้าง ต่อผู้รับเหมาและเจ้าของงาน วิธีการแบ่งความเสี่ยงที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม โดยใช้สัญญาแบบปรับราคาได้ และการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI นั้น Hanna และ Blair (1993) ได้เลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฟอร์คาสท์โพร (Forecast Pro) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยในการเลือกเทคนิคในการพยากรณ์และสร้างแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์ให้เหมาะสมที่สุด ซึ่งโปรแกรมได้เลือกใช้แบบจำลองของบ็อกเจนกินส์ (The Box-Jenkins Model) ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ใช้ข้อมูลระหว่าง เดือนมิถุนายน ค.ศ.1978 ถึง เดือนตุลาคม ค.ศ.1992 ในการพัฒนาแบบจำลอง โดยข้อมูลระหว่าง เดือนกันยายน ค.ศ.1991 ถึง เดือนกันยายน ค.ศ.1992 (12 เดือน) จะถูกแยกเก็บไว้เพื่อนำมาใช้ทดสอบแบบจำลองว่ามีความถูกต้องเพียงพอหรือไม่

ผลการทดสอบได้ว่าค่าจริงของดัชนี อยู่ในช่วงของขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ของค่าที่พยากรณ์ได้ และมีค่าความผิดพลาด อยู่ในช่วงระหว่าง 0.01% ถึง 1.55%

จากผลการทดสอบ Hanna และ Blair (1993) สรุปว่า สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ได้โดยใช้โปรแกรมฟอร์คาสท์โพร แต่การที่จะได้ค่าถูกต้องอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ต้องพยากรณ์อยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสมด้วย

ต่อมา Hanna และ Chao (1994) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และ BCI ล่วงหน้า 1 ปี รูปแบบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ (Back Propagation Networks ,BPN) โดยข้อมูลที่ใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง เป็นข้อมูลในระหว่าง 25 ปี คือในระหว่าง ค.ศ.1968 ถึง ค.ศ.1992 แบบจำลองพัฒนาแบบโดยใช้ ชุดเรียนรู้ (Training Set) 15 ตัวอย่าง (ค.ศ.1968 – 1982) และ ชุดทดสอบ (Test Set) 10 ตัวอย่าง (ค.ศ.1983 –1992) ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เท่ากับ 0.7, ค่าโมเมนตัม (Momentum Term) เท่ากับ 0.9 และจำนวนรอบในการเรียนรู้ 3,000 รอบ โดยแบบจำลองมีข้อมูลนำเข้า 4 ตัว ซึ่งประกอบด้วย

- ดัชนีค่าแรงคนงานทั่วไป (Common Labor Index ,CLI)
- ดัชนีค่าแรงคนงานมีฝีมือ (Skilled Labor Index ,SLI)
- ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (Material Price Index ,MPI)
- จำนวนการประมูลสัญญางานก่อสร้าง (Construction Contract Awards ,CCA)

ส่วนผลลัพธ์ของแบบจำลองนั้นจะได้ทั้ง 2 ค่าคือ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และ BCI และมีชั้นซ่อน (Hidden Layer) เท่ากับ 1 ชั้น ซึ่งมีจำนวนโนด (Node) ในชั้นซ่อนเท่ากับ 20 โนด

เมื่อแบบจำลองได้รับการเรียนรู้จนครบ 3,000 รอบแล้วจะมี ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error ,RMSE) เท่ากับ 0.000229 หลังจากนั้นเมื่อนำไปทดสอบกับชุดทดสอบ พบว่าแบบจำลองมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด เท่ากับ 0.89% และ 0.57% สำหรับ ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ตามลำดับ และเมื่อเมื่อนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับ อัตราการเปลี่ยนแปลงรายปีของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.94% และ 6.33% ตามลำดับ พบว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาด (0.89% และ 0.57%) มีค่าต่ำกว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI (5.94% และ 6.33%)

จากผลการวิจัย Hanna และ Chao (1994) สรุปว่าแบบจำลองที่ได้สามารถนำมาพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง เพื่อนำไปใช้จัดเตรียมงบประมาณของโครงการก่อสร้างได้ดี แต่มีข้อสังเกตอยู่ 2 ข้อคือ การเตรียมข้อมูลนำเข้าทั้ง 4 ตัวจะต้องมีการประมาณค่าล่วงหน้าซึ่งเป็นค่าในช่วงเวลาเดียวกับดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ที่ต้องการ โดยที่อาจจะอาศัยการวิเคราะห์จาก สถานการณ์ทางเศรษฐกิจและ แนวโน้มการลงทุน หรือจะอาศัยวิธีทางสถิติคือ การพยากรณ์อนุกรมเวลา ส่วนอีกข้อคือ Hanna และ Chao (1994) เสนอว่าควรที่จะสร้างแบบจำลองให้เฉพาะกับลักษณะงาน และที่ตั้ง เพื่อที่จะทำให้สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำยิ่งขึ้น แต่แบบจำลองที่ได้ ก็จะใช้ได้จำกัดเฉพาะงาน

Williams (1994) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI รูปแบบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ โดยข้อมูลที่ใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองเป็นข้อมูล ในระหว่าง เดือนกรกฎาคม ค.ศ.1967 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1991

นอกจากจะสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แล้ว Williams (1994) ได้สร้างแบบจำลองด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

แบบจำลองในงานวิจัยของ Williams (1994) มี 2 แบบจำลอง แบบจำลองแรกคือแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน ซึ่งพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ ชุดเรียนรู้ 215 ตัวอย่าง และ ชุดทดสอบ 63 ตัวอย่าง มีค่า อัตราการเปลี่ยนแปลงล่วงหน้า 1 เดือนของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI เป็นผลลัพธ์ของแบบจำลอง

แบบจำลองที่สองคือ แบบจำลองพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 6 เดือน ซึ่งพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ ชุดเรียนรู้ 207 ตัวอย่าง และ ชุดทดสอบ 66

ตัวอย่าง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงล่วงหน้า 6 เดือนของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI เป็นผลลัพธ์ของแบบจำลอง

โดยแบบจำลองทั้งสองมี ตัวแปรอิสระ 9 ตัวถูกใช้เป็นข้อมูลนำเข้า โดยที่ต้องเป็นข้อมูลที่หาได้ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย

- อัตราการเปลี่ยนแปลง 1 เดือนของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI
- อัตราการเปลี่ยนแปลง 6 เดือนของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI
- อัตราเงินกู้หลัก (The Prime Lending Rate)
- อัตราการเปลี่ยนแปลง 1 เดือนของอัตราเงินกู้หลัก
- อัตราการเปลี่ยนแปลง 6 เดือนของอัตราเงินกู้หลัก
- จำนวนการเริ่มสร้างที่พักอาศัย (Housing Start) ในเดือนนั้น
- อัตราการเปลี่ยนแปลง 1 เดือนของจำนวนการเริ่มสร้างที่พักอาศัย
- อัตราการเปลี่ยนแปลง 6 เดือนของจำนวนการเริ่มสร้างที่พักอาศัย
- เดือนปัจจุบัน

ผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ไม่สามารถพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงได้อย่างน่าพอใจเนื่องจาก ในการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงล่วงหน้า 1 เดือน มีจำนวนชุดข้อมูล ที่มีความคลาดเคลื่อนระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ที่เกิดขึ้นจริง กับอัตราการเปลี่ยนแปลงที่พยากรณ์ได้ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25% (ซึ่งเป็นค่าฐานนิยมของชุดข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลง 1 เดือน) เป็นจำนวน 20 ตัวอย่าง จาก 63 ตัวอย่างของชุดทดสอบ ส่วนการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงล่วงหน้า 6 เดือน มีจำนวนชุดข้อมูล ที่มีความคลาดเคลื่อนระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ที่เกิดขึ้นจริง กับอัตราการเปลี่ยนแปลงที่พยากรณ์ได้ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.5% (ซึ่งเป็นค่าฐานนิยมของชุดข้อมูลอัตราการเปลี่ยนแปลง 6 เดือน) เป็นจำนวน 20 ตัวอย่าง จาก 66 ตัวอย่างของชุดทดสอบ

ส่วนการเปรียบเทียบผลกับวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล (ใช้ค่า $\alpha = 0.05$) ซึ่งทั้ง 2 วิธีใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ ระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1967 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1991 โดยใช้ค่าผลรวมของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (A Sum of Squares of Errors ,SSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงล่วงหน้า 1 เดือน ผลที่ได้คือ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยวมีค่า SSE เท่ากับ 2.65 วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล มีค่า SSE เท่ากับ 2.45 ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่า SSE เท่ากับ 5.31 จากผลดังกล่าว

แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีความถูกต้องในการพยากรณ์ต่ำกว่า วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

จากผลการวิจัยที่ได้ Williams (1994) สรุปว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แบบการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ มีความสามารถในการจดจำรูปแบบ แต่ปัจจัยที่มีส่งผลต่อราคาการก่อสร้างนั้นมีหลายตัวและมีความสัมพันธ์กันซับซ้อน ทำให้เป็นการยากที่จะพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงได้

Sinha และ McKim (1997) ได้ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อใช้ในการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เช่นเดียวกับ Hanna และ Blair (1993) รูปแบบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ โดยข้อมูลที่ใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง เป็นข้อมูลในช่วงระหว่าง 10 ปี คือในระหว่าง ค.ศ.1986 ถึง ค.ศ.1996 แบบจำลองทั้งหมดพัฒนาแบบโดยใช้ ชุดเรียนรู้ 100 ตัวอย่าง และ ชุดทดสอบ 20 ตัวอย่าง โดยอาศัยแนวความคิดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงของ ราคาในการก่อสร้างเกิดจากผลกระทบของ การเปลี่ยนแปลงราคาของ วัสดุ ค่าแรง และเครื่องจักรในการก่อสร้าง จึงได้แบ่งแบบจำลองออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

แบบจำลองที่ 1 ใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีวัสดุก่อสร้าง (Construction Material Index) ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงราคาของ ซีเมนต์ ไม้แปรรูป และเหล็กรูปพรรณ ในการพัฒนาแบบจำลองที่ 1 ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.35, ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.45 และจำนวนรอบในการฝึก 35,000 รอบ

แบบจำลองที่ 2 ใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีแรงงานก่อสร้าง (Construction Labor Index) ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 2 ตัวคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของ ค่าแรงของแรงงานมีฝีมือ และแรงงานไม่มีฝีมือ ในการพัฒนาแบบจำลองที่ 2 ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.15, ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.45 และจำนวนรอบในการฝึก 15,000 รอบ

แบบจำลองที่ 3 ใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีเครื่องจักรก่อสร้าง (Construction Equipment Index) ซึ่งมีข้อมูลนำเข้า 5 ตัวคือ อัตราการเปลี่ยนแปลงราคาของ ปั้นจั่น (Crane), เครื่องผสมปูน (Mixer), รถลาก (Tractor), เครื่องจักรพิเศษ และ ส่วนประกอบของเครื่องจักร ในการพัฒนาแบบจำลองที่ 3 ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.25, ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.45 และจำนวนรอบในการฝึก 25,000 รอบ

แบบจำลองที่ 4 ใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลง ดัชนีราคาในการก่อสร้าง (Construction Cost Index) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ มีข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ การเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีวัสดุก่อสร้าง ดัชนีแรงงานก่อสร้าง และ ดัชนีเครื่องจักรก่อสร้าง ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์ที่ได้

จากแบบจำลองที่ 1 แบบจำลองที่ 2 และแบบจำลองที่ 3 ตามลำดับ ในการพัฒนา แบบจำลองที่ 4 ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.25, ค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.45 และจำนวนรอบในการฝึก 35,000 รอบ

เมื่อนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทางสถิติคือ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error ,MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ 4 ผลที่ได้คือ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยวมีค่า MSE เท่ากับ 0.789202 วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลมีค่า MSE เท่ากับ 1.064239 ส่วนแบบจำลองที่ 4 มีค่า MSE เท่ากับ 0.060924 จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองที่ 4 มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำกว่า วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

จากผลการวิจัยที่ได้ Sinha และ McKim (1997) สรุปว่าการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของราคาในการก่อสร้างสามารถนำไปใช้ในการจัดเตรียมงบประมาณของโครงการได้ แต่มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ในการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีวัสดุก่อสร้าง ดัชนีแรงงานก่อสร้าง และ ดัชนีเครื่องจักรก่อสร้าง โดยใช้แบบจำลองที่ 1 แบบจำลองที่ 2 และแบบจำลองที่ 3 ตามลำดับ จะต้องมีการพยากรณ์ ข้อมูลนำเข้าของแต่ละแบบจำลอง เช่นเดียวกับแบบจำลองของ Hanna และ Chao (1994) ซึ่งข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกับดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ที่ต้องการ โดยอาศัยการวิเคราะห์จาก สถานการณ์ทางเศรษฐกิจและแนวโน้มการลงทุน หรือจะอาศัยวิธีทางสถิติ เช่น การพยากรณ์อนุกรมเวลา ในการวิเคราะห์หาค่าของข้อมูลนำเข้าดังกล่าว ส่วนการพัฒนางานวิจัยต่อไป ควรที่จะวิเคราะห์หาปัจจัยอื่นๆ เพื่อพัฒนาให้แบบจำลอง สามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้างได้ดียิ่งขึ้น

2.3 สรุป

การทบทวนผลงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถสรุปข้อดีข้อเสียจากงานวิจัยและได้แนวทางที่สามารถนำไปใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างโดย ENR มีการพยากรณ์ล่วงหน้าเป็นเวลา 12 เดือน วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องโดยผู้วิเคราะห์ที่มีประสบการณ์ แต่ไม่มีการอธิบายถึงแบบจำลอง หรือวิธีการที่นำไปใช้ในการพยากรณ์เป็นการเฉพาะ

ส่วนวิธีการพยากรณ์โดยการคาดคะเน ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง ก็มีข้อดีคือ สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีได้ง่าย และพยากรณ์ล่วงหน้าได้หลายปี แต่ก็มีข้อเสียที่สำคัญคือ ค่าดัชนีที่พยากรณ์ได้มีความผิดพลาดค่อนข้างสูงทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ อัตราเงินเฟ้อ ที่เหมาะสม

งานวิจัยที่ได้นำเสนอไปพอที่จะสรุปชนิดของแบบจำลองที่ใช้พยากรณ์ดัชนีราคาได้เป็นสองประเภท ตามรูปแบบของข้อมูลนำเข้าคือ แบบจำลองอนุกรมเวลา และแบบจำลอง

ความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งแบบจำลองอนุกรมเวลา ได้แก่ แบบจำลองของ Hanna และ Blair (1993) ที่ได้แสดงให้เห็นถึง การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฟอร์คาสท์โพร ซึ่งช่วยเลือกวิธีการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI โดยที่ชนิดของแบบจำลองที่โปรแกรมเลือกคือ แบบจำลองของบ็อกเจนกินส์ ซึ่งเป็นการพยากรณ์อนุกรมเวลาชนิดหนึ่ง แบบจำลองที่ได้มีข้อดีคือสามารถพยากรณ์ได้อยู่ในขอบเขตความพอใจ 95% แสดงว่ามีความถูกต้องในระดับหนึ่ง แต่ก็มีข้อเสียคือพยากรณ์ค่าดัชนี CCI ล่วงหน้าได้เพียงหนึ่งเดือน ไม่สามารถพยากรณ์ค่าล่วงหน้าในระยะยาวได้

ส่วนแบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง Hanna และ Chao (1994) ได้พัฒนาแบบจำลอง เพื่อใช้พยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และ BCI ล่วงหน้ารายปี โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีข้อมูลนำเข้า 4 ตัว ซึ่งผลที่ได้พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ อยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่สิ่งที่เป็นข้อเสียของแบบจำลองนี้คือ จะต้องมีการพยากรณ์ค่าของข้อมูลนำเข้าก่อนที่จะนำค่าไปใช้กับแบบจำลอง เพราะว่าข้อมูลนำเข้าที่นำมาใช้จะต้องอยู่ในช่วงเวลาเดียวกับ ค่าดัชนีที่ต้องการพยากรณ์ ซึ่ง Hanna และ Chao (1994) ได้แนะนำให้ใช้ การพยากรณ์อนุกรมเวลา ในการพยากรณ์ค่าของข้อมูลนำเข้า เช่นเดียวกับแบบจำลองของ Sinha และ McKim (1997) ที่จะต้องมีการพยากรณ์ข้อมูลนำเข้าก่อนที่จะนำค่าข้อมูลนำเข้าไปใช้กับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทั้ง 3 ชนิด ก็ได้แนะนำให้ใช้ การพยากรณ์อนุกรมเวลา ในการพยากรณ์ค่าของข้อมูลนำเข้า แบบจำลองทั้งสองจึงมีข้อเสียเหมือนกันคือ ความถูกต้องของแบบจำลอง ต้องอาศัยการพยากรณ์ข้อมูลนำเข้าที่มีความถูกต้อง ซึ่งแบบจำลองที่ดีควรที่จะสามารถนำไปใช้งานได้โดย ไม่ต้องประมาณหรือพยากรณ์ค่าข้อมูลนำเข้าก่อน และไม่ว่าผู้ใดนำแบบจำลองไปใช้ก็ควรที่จะได้ผลถูกต้องเช่นเดียวกัน

อีกแบบจำลองซึ่งพัฒนาโดย Williams (1994) เป็นแบบจำลองที่ไม่ต้องประมาณหรือพยากรณ์ค่าข้อมูลนำเข้าก่อน เพราะใช้ข้อมูลนำเข้าที่มีค่าอยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้าค่าดัชนีที่ต้องการพยากรณ์ แต่ข้อเสียที่ชัดเจนของแบบจำลองนี้คือ เมื่อนำค่าที่พยากรณ์ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทางสถิติคือ วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล กับพบว่าผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีการทางสถิติทั้งสอง

จากจุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ ที่ต้องการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้างทั้งในระยะสั้นและระยะยาวให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับพัฒนางานวิจัยต่อไป จึงได้เลือกที่จะพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยเลือกรูปแบบที่ไม่ต้องมีการพยากรณ์ข้อมูลนำเข้า โดยใช้ข้อมูลนำเข้าแบบอนุกรมเวลา ซึ่งมีลักษณะเป็น

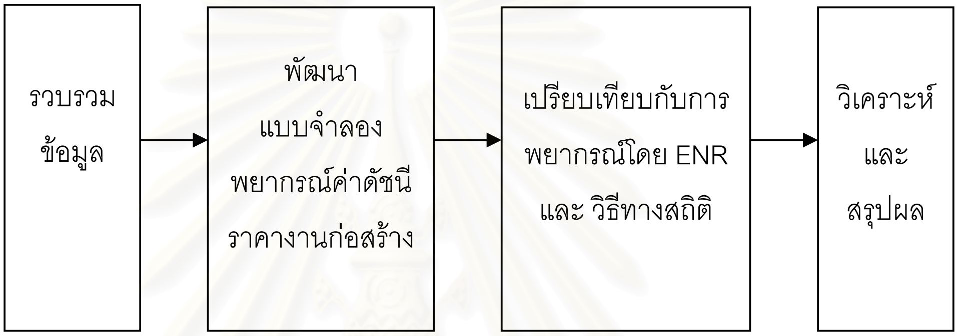
ข้อมูลย้อนหลังในช่วงระยะเวลาต่างๆ ของค่าที่ต้องการพยากรณ์ เนื่องจากยังไม่มี งานวิจัยใดที่พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลนำเข้าแบบอนุกรมเวลา การพัฒนาแบบจำลองจะเป็นการหารูปแบบของข้อมูลนำเข้า ที่มีผลต่อค่าพยากรณ์ ซึ่งข้อมูลนำเข้าในลักษณะนี้มีข้อดีคือ สามารถรวบรวม และเตรียมข้อมูลนำเข้าได้ง่ายกว่า วิธีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ต้องรวบรวมข้อมูลของปัจจัยชนิดอื่นๆ ด้วย

นอกจากนี้ แบบจำลองที่ได้จะต้องมีความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ต่ำกว่าการพยากรณ์โดยวิธีการทางสถิติ และการพยากรณ์โดย ENR ที่นำมาเปรียบเทียบ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยในอดีต พบว่าการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แต่ละรูปแบบมี ข้อดี ข้อเสีย และปัญหาแตกต่างกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้พยายามรวบรวมข้อดี และค้นหาแนวทางในการปรับปรุงข้อเสียของแต่ละรูปแบบ เพื่อพัฒนาแบบจำลองให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีขั้นตอนในการวิจัยโดยสรุป ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการวิจัย

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงดัชนีราคางานก่อสร้างที่เผยแพร่โดยนิตยสาร ENR ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิด คือ ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI และ BCI ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้ง ส่วนประกอบของดัชนี และการนำไปใช้งานดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะทำการศึกษา การพยากรณ์ดัชนีทั้งสองชนิด เพื่อให้ครอบคลุมการนำไปใช้งานทั้งสองชนิด

ข้อมูลดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลรายเดือน ซึ่งได้เก็บรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม ค.ศ. 1970 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2002 โดยข้อมูลในช่วง ค.ศ. 1970 ถึง ค.ศ. 1979 ได้เก็บรวบรวมมาจากนิตยสาร ENR ที่เผยแพร่ในอดีตส่วน ข้อมูลในช่วง ค.ศ. 1980 ถึง ค.ศ. 2002 ได้เก็บรวบรวมมาจาก http://enr.construction.com/ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ทางการของ ENR (ข้อมูลอยู่ในภาคผนวก ข)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการวิจัย

ในปัจจุบันแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลากหลายรูปแบบ และมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ต่อเนื่องอยู่เสมอเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีนิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ เนื่องจากเป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดที่สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาได้หลากหลายประเภท

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ คือ “Multi-layer Feed-forward with Supervised Learning” กล่าวคือ เป็นโครงข่ายที่มีการเรียงตัวเป็นชั้นๆหลายชั้น (Multi-layer) มีการส่งข้อมูลในทิศทางไปข้างหน้าทางเดียว (Feed-forward) และใช้วิธีการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบคำตอบจากแบบจำลองกับคำตอบจริง (Supervised Learning) สาเหตุที่แบบจำลองนี้มีชื่อต้นว่า “Back Propagation” ก็เป็นเพราะวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูล จะทำโดยการส่งข้อมูลความผิดพลาดจากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ ย้อนกลับมายังชั้นก่อนหน้านั้น เพื่อปรับค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียมอย่างต่อเนื่อง (เจษฎา สารสินพิทักษ์, 2543)

โครงสร้างส่วนหลักของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยส่วนที่เป็นข้อมูลชั้นนำเข้า (Input Layer) ชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) และส่วนโครงสร้างที่เป็นหัวใจของแบบจำลองคือ ชั้นซ่อนซึ่งทำหน้าที่ให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้า และผลลัพธ์เป็นไปในรูปแบบที่ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear)

โครงสร้างส่วนชั้นซ่อน เป็นโครงสร้างส่วนที่ต้องทำการทดลองหาจำนวนโนด ในชั้นซ่อนและฟังก์ชันแปลงค่า (Transfer Function) ที่เหมาะสม จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการทดลองหา โครงสร้างส่วนชั้นซ่อนที่เหมาะสม ไม่มีกฎเกณฑ์ในการทดลองที่แน่นอน และเป็นไปไม่ได้ที่จะทดลองหา โครงสร้างส่วนชั้นซ่อนทุกกรณีเพราะจำนวนการทดลองจะมีค่าเป็นอนันต์

ดังนั้นจึงมีผู้พยายามกำหนดหลักเกณฑ์ในการทดลองหาโครงสร้างส่วนชั้นซ่อนที่เหมาะสมขึ้นมา เช่น Yeh (1998) ได้เสนอวิธีการกำหนดจำนวนชั้นซ่อนในการทดลองโดยพิจารณาจำนวนโนด ของข้อมูลนำเข้า แล้วกำหนด จำนวนโนดของชั้นซ่อน (Hidden Nodes) ให้มีจำนวนน้อยกว่าหนึ่งเท่า เท่ากัน และมากกว่าหนึ่งเท่าของจำนวนโนดของข้อมูลชั้นนำเข้า เช่น ถ้ามีข้อมูลนำเข้าจำนวน 8 โนด การทดลองกำหนดให้มี จำนวนโนดของชั้นซ่อน เท่ากับ 4, 8, 16 และ 8, 8 (2 ชั้น)

แต่วิธีการทดลองเช่นนี้มีข้อเสีย คือ ขอบเขตของการทดลองที่มีจำกัดอยู่เพียง 4 รูปแบบ ทำให้แบบจำลองที่ได้อาจจะยังไม่ใช่แบบจำลองที่มีความเหมาะสมที่สุด

จากปัญหาที่ได้กล่าวมา จึงได้มีผู้เสนอแนวความคิดให้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มาผสมผสานกับ GAs โดยที่ GAs จะช่วย ในการหาโครงสร้างส่วนชั้นซ่อน ภายในโครงข่ายประสาทเทียม หมายถึงหาจำนวนโนด ในชั้นซ่อน และ ฟังก์ชันแปลงค่า ให้มีความเหมาะสม โดยอาศัยพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และ กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริง ทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม (Random) จากการนำสตริง เหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริง ที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริง ที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด GAs ไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่เป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่ โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น (กรรณิกา ศิลานนท์, 2542) ซึ่งได้อธิบายทฤษฎีโดยละเอียดในภาคผนวก ก

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้แบบจำลองที่เป็นการผสมผสานของ โครงข่ายประสาทเทียม กับ GAs หรือที่เรียกว่า วิธีนิวโรเจเนติกอัลกอริทึม (Neuro-genetic Algorithms ,NGA) ซึ่ง GAs จะช่วยในการหา รูปแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม ในส่วนชั้นซ่อนที่เหมาะสม โดยที่มีขั้นตอนในการทำงานดังนี้

3.2.1 สร้างกลุ่มจีโนไทป์ (Genotypes) ของประชากรเริ่มต้น อย่างสุ่ม โดยที่ จีโนไทป์จะมีลักษณะเป็นตัวเลขฐานสองต่อกันเป็นแถวยาว ซึ่งมีความยาวคงที่ในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง จีโนไทป์จะเป็นตัวแทนของ รูปแบบโครงสร้างของแบบจำลอง โดยที่ในการสุ่มนี้จะสุ่มหารูปแบบโครงสร้างส่วนชั้นซ่อน โดยที่จะทดลองหาทั้ง จำนวนโนด ในชั้นซ่อน และฟังก์ชันแปลงค่า

3.2.2 สร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยแปลความหมายของจีโนไทป์ในข้อที่ 1 ซึ่งเป็นตัวเลขฐานสอง ให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

3.2.3 นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มาเรียนรู้ และทดสอบ ด้วยชุดข้อมูลที่กำหนด แล้วคำนวณหาค่าความเหมาะสม (Fitness)

3.2.4 เปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของแบบจำลอง แล้วคัดเลือกกลุ่มของจีโนไทป์ (ซึ่งเป็นตัวแทนของแบบจำลอง) ที่มีความเหมาะสมสูง ส่งไปยัง เมตติงพูล (Mating Pool)

3.2.5 ทำการจับคู่จีโนไทป์ ในเมตติงพูลด้วยวิธีการสุ่ม และทำการครอสโอเวอร์ (Crossover) ค่าของเลขฐานสองที่อยู่ในจีโนไทป์ ทั้งคู่ โดยจะทำการไขว้สลับที่ตำแหน่งที่ได้จากการสุ่ม

3.2.6 ทำการมิวเตชัน (Mutation) ค่าของเลขฐานสองในจีโนไทป์ ที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ด้วยการสุ่มตำแหน่ง

3.2.7 ย้อนกลับไปดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 ต่อไป และ จะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจำนวนเจเนอเรชัน (Generation) จะมากกว่า จำนวนเจเนอเรชัน ที่กำหนดไว้สูงสุด

การค้นหารูปแบบของโครงสร้างส่วนชั้นซ่อน โดยใช้ GAs เป็นวิธีการค้นหาด้วยการสุ่มที่มีประสิทธิภาพมาก และช่วยให้สามารถหาโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ได้ดีกว่า วิเคราะห์หาจากการทดลองโดยมนุษย์ เพราะแบบจำลองที่ดีกว่า ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของวิธี NGA อาจจะเป็น แบบจำลองที่อยู่เกินกว่าขอบเขตการทดลองที่กำหนดโดยมนุษย์

จากข้อดีของวิธี NGA ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว รวมถึงขอบเขตของงานวิจัยในส่วนการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และการพิจารณาข้อมูลโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้โปรแกรมนิวโรเจเนติกออปทิไมเซอร์ (NeuroGenetic Optimizer ,NGO) เนื่องจากมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ คือ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยที่โปรแกรมจะช่วยวิเคราะห์หา รูปแบบของโครงสร้างในส่วนชั้นซ่อน ที่เหมาะสมโดยวิธี GAs ส่วนการเลือกกลุ่มข้อมูลนำเข้า และการกำหนดจำนวนของชุดข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง จะต้องอาศัยการวิเคราะห์โดยผู้วิจัย

ส่วนการจัดเตรียมข้อมูล และวิเคราะห์ผลใช้โปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) ช่วยในการทำงาน

3.3 โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการวิจัย

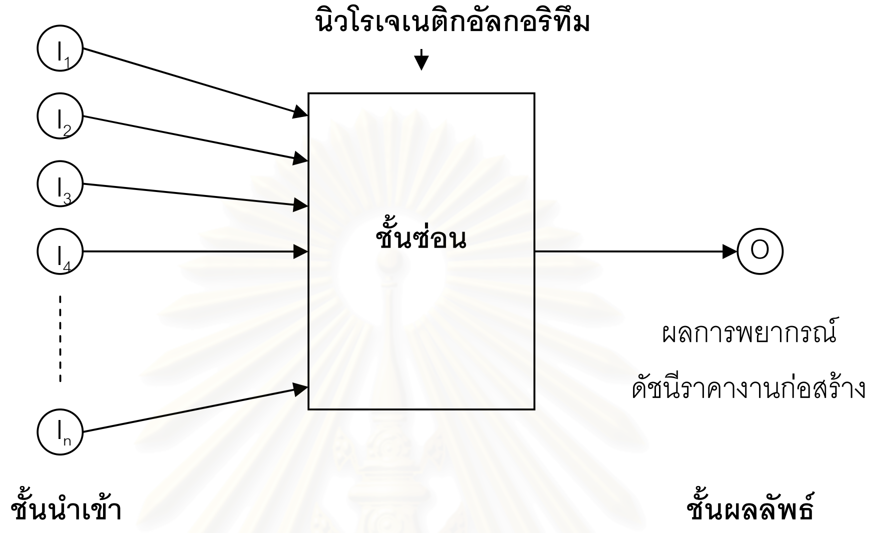
แบบจำลองพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่พัฒนาโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เป็นเครื่องมือประกอบด้วย โครงสร้าง 3 ส่วนที่สำคัญคือ

3.3.1 นิวรอนนำเข้า (Input Neurons) คือหน่วยประมวลผลที่ใช้ป้อนข้อมูลนำเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียม หรือเป็นส่วนที่ไม่มีการรับข้อมูล จากหน่วยประมวลผลอื่นๆ แต่มีการส่งข้อมูลออกไป หน่วยประมวลผลประเภทนี้จะจัดเรียงตัวอยู่ใน โครงข่ายประสาทเทียม เป็นชั้นแรกที่เรียกว่า ชั้นนำเข้า ซึ่งจะต้องมีการวิเคราะห์กลุ่มของข้อมูลนำเข้าก่อน เพื่อหาว่ารูปแบบไหนที่ทำให้แบบจำลองมีความเหมาะสมที่สุด

3.3.2 นิวรอนผลลัพธ์ (Output Neurons) คือหน่วยประมวลผลที่จะให้ผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเป็นส่วนที่ไม่มีการส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลอื่นอีก แต่มีการรับข้อมูลเข้ามา การจัดเรียงตัวของหน่วยประมวลผลประเภทนี้อยู่ใน โครงข่ายประสาทเทียม ชั้นหลังสุดเรียกว่า ชั้นผลลัพธ์ ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ผลการพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างนั้นเอง

3.3.3 นิวรอนซ่อน (Hidden Neurons) คือหน่วยประมวลผลที่มีทั้งการส่งและรับข้อมูลกับหน่วยประมวลผลอื่นๆ หน่วยประมวลผลประเภทนี้จัดเรียงตัวอยู่ระหว่าง ชั้นนำเข้า กับ ชั้นผลลัพธ์

เรียกว่าชั้นซ่อน เป็นส่วนที่จะใช้ วิธี NGA โดยที่ GAs จะช่วย ในการหาโครงสร้างชั้นซ่อน ภายในโครงข่ายประสาทเทียม ให้มีความเหมาะสม ตามที่ได้อธิบายไปแล้ว



หมายเหตุ : I_1 ถึง I_n แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้า ที่ 1 ถึง n และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของแบบจำลองพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง

3.4 การพยากรณ์โดย ENR

ENR เป็นนิตยสารรายสัปดาห์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ซึ่งมีการเผยแพร่ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ดัชนีทั้งสองมีส่วนประกอบคือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน ซึ่งจะเผยแพร่เป็นประจำทุกเดือน

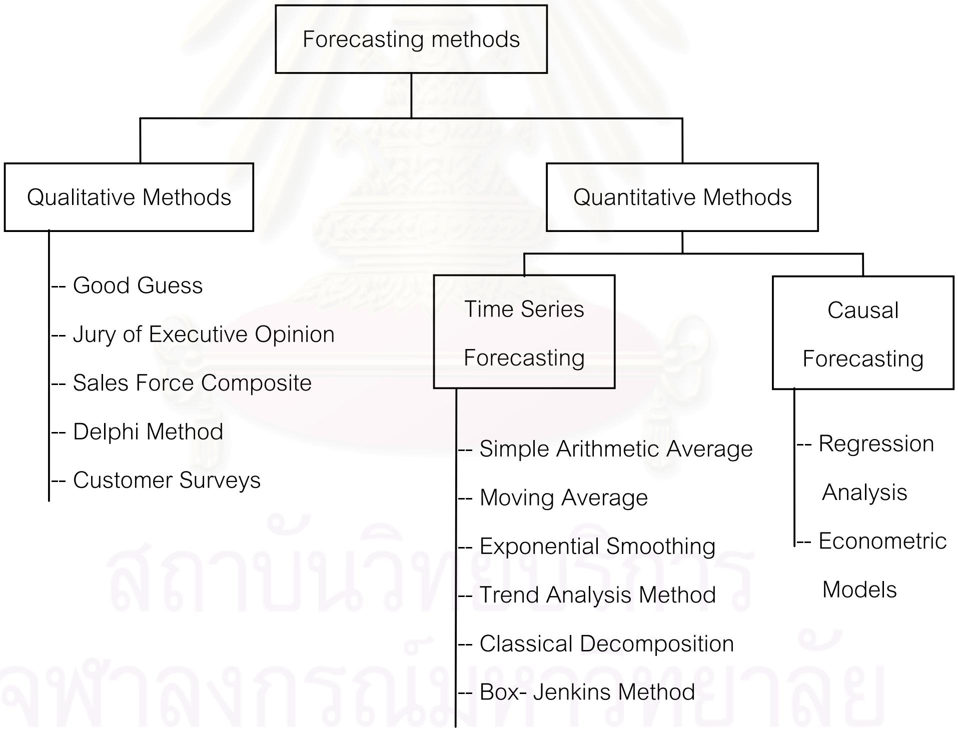
ENR ได้มีการพยากรณ์ค่าดัชนีราคาล่วงหน้า ซึ่งเป็นการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนธันวาคมของปีนั้น กับ เดือนธันวาคมในปีถัดไป โดยวิเคราะห์จากข้อมูล อาทิเช่น การประมาณจำนวนของสัญญาก่อสร้างที่กำลังจะเกิดขึ้น การบริโภคและแนวโน้มของราคาของวัสดุก่อสร้างโดยที่มีรูปแบบดังรูปที่ 2.4 เป็นการพยากรณ์ในเดือนธันวาคม ค.ศ.2002 ไปยังเดือนธันวาคม ค.ศ.2003 แต่ไม่ได้มีการอธิบายถึงวิธีการหรือแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์โดยเฉพาะส่วนการพยากรณ์ในปีอื่นๆ มีค่าดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR

ค.ศ.	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BCI	3148	3144	3134	3345	3415	3448	3573	3641	3659	3722
CCI	5494	5539	5656	5839	5968	6095	6282	6484	6580	6767

3.5 การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ

โดยทั่วไปแล้ว การพยากรณ์ค่าต่างๆ ล่วงหน้า สามารถทำได้โดยวิธีการทางสถิติ (สุพล ดุรงค์วัฒนา, 2537) ซึ่งการพยากรณ์ทางสถิติสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Methods) และการพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative Methods) แต่ที่เป็นที่นิยมในทางธุรกิจคือ การพยากรณ์เชิงปริมาณ และในกลุ่มนี้ยังจัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) และการพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล (Causal Forecasting) ในแต่ละกลุ่มที่กล่าวมาแล้วนั้นมีวิธีการพยากรณ์หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีวิธีการ ข้อดี และข้อเสีย แตกต่างกันไป วิธีการพยากรณ์ต่างๆ ในแต่ละกลุ่มแสดงให้เห็นตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิธีการพยากรณ์ทางธุรกิจ(สุพล ดุรงค์วัฒนา, 2537)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพยากรณ์เชิงปริมาณ (กุณฑลี รื่นรมย์, 2543) มีอยู่หลายรูปแบบ ได้แก่ การพยากรณ์อย่างง่าย และการพยากรณ์โดยวิธีการทางสถิติ การพยากรณ์ในลักษณะแรกจะใช้ข้อมูลในอดีตเป็นตัวกำหนดและใช้ประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์ มาช่วยในการพยากรณ์ค่าในอนาคต วิธีการพยากรณ์อย่างง่ายนี้ ยังคงใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะความง่ายและไม่ยุ่งยากในการพยากรณ์ แต่จะมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์อยู่บ้างขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้พยากรณ์ ส่วนการพยากรณ์โดยวิธีการทางสถิติ มีอยู่หลายวิธี สามารถแบ่งแบบจำลองของการพยากรณ์โดยวิธีการสถิติได้เป็น 2 แบบจำลองคือ แบบจำลองการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา และ แบบจำลองการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูล

แบบจำลองการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา เป็นวิธีการพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยมีสมมติฐานว่า ค่าในอนาคตขึ้นอยู่กับข้อมูลในอดีตของค่านั้นๆ วัตถุประสงค์สำคัญของอนุกรมเวลาก็คือการค้นหารูปแบบของข้อมูลในอดีต (Pattern in Historical Data) เพื่อนำรูปแบบ (Pattern) นั้น มาใช้ในการพยากรณ์ต่อไป

สำหรับแบบจำลองการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูล เป็นวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณอีกรูปแบบหนึ่ง โดยจะให้ความสนใจต่อความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปร 2 ประเภท ตัวแปรประเภทแรกคือตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ตัวแปรประเภทที่สองคือตัวแปรตามหรือตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระ (Dependent Variables) ตัวแปรที่ไม่เป็นอิสระนี้จะขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ โดยทั่วไปผู้พยากรณ์จะสนใจว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามนี้มีลักษณะเป็นอย่างไร ถ้าผู้พยากรณ์สามารถค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ก็จะสามารถนำรูปแบบความสัมพันธ์นั้นมาใช้เป็น แบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตได้ ทั้งนี้อยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่า รูปแบบของความสัมพันธ์นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอันใกล้

ถึงแม้ว่า แบบจำลองการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา และแบบจำลองการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูล จะเป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณเหมือนกัน แต่เทคนิคทั้งสองก็มีความแตกต่างกันในสาระสำคัญหลายประการ สามารถสรุปได้ดัง ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ความแตกต่างของแบบจำลอง การพยากรณ์อนุกรมเวลา และการพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล (กุณฑลี รื่นรมย์, 2543)

การพยากรณ์อนุกรมเวลา	การพยากรณ์ความสัมพันธ์ของข้อมูล
1) ใช้ข้อมูลในอดีต และค้นหารูปแบบข้อมูล (Pattern of Data) เพื่อนำมาพยากรณ์ค่าในอนาคต	1) การพยากรณ์ต้องระบุตัวแปรต้น และตัวแปรอิสระที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามหรือยอดขาย แล้วค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปร เพื่อนำรูปแบบความสัมพันธ์นั้นมาพยากรณ์ยอดขายในอนาคต
2) ผู้พยากรณ์ไม่ได้ต้องการค้นหาว่าค่าที่พยากรณ์นั้นมีสาเหตุจากอะไร	2) ผู้พยากรณ์สนใจที่จะทราบความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต้น และตัวแปรตาม
3) ผู้พยากรณ์ให้ความสนใจต่อข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต และสมมติว่ารูปแบบของข้อมูลในอดีตจะเกี่ยวเนื่องต่อไปในปัจจุบัน และอนาคต	3) ผู้พยากรณ์ให้ความสนใจต่อรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และสมมติว่ารูปแบบของความสัมพันธ์นั้นไม่เปลี่ยนแปลงในอนาคตอันใกล้
4) ใช้รูปแบบของข้อมูลในการพยากรณ์	4) ใช้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการพยากรณ์

ในงานวิจัยนี้ ได้มีการนำผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาขึ้นมาเปรียบเทียบกับ ผลการพยากรณ์ที่ได้จากวิธีการทางสถิติ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบให้ทราบว่าวิธีการใดที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากที่สุด โดยผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกวิธีการทางสถิติ สามวิธี ได้แก่ การพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย (Simple Average) การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential Smoothing) และการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว (Simple Regression Analysis) มาเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ ซึ่งทั้งสามวิธีเป็นวิธีการพยากรณ์ขั้นพื้นฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป โดยที่มีรายละเอียดของแต่ละวิธีการดังนี้

3.5.1 การพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

วิธีแรกที่จะกล่าวถึงคือ การหาค่าถัวเฉลี่ยแบบง่าย เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดที่เกิดขึ้นในทุกงวดของช่วงระยะเวลาในอดีตที่นำมาพิจารณา ดังนั้นค่าค่าเฉลี่ยของข้อมูลจึงเป็นค่าพยากรณ์สำหรับงวดถัดไป

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{t} X_i}{t} = F_{t+1} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ย

t เป็นจำนวนงวดของช่วงระยะเวลาในอดีตที่นำมาเฉลี่ย

X_i เป็นข้อมูลในงวดที่ i

F_{t+1} เป็นค่าพยากรณ์สำหรับงวดถัดไป

สำหรับ $i = 1, 2, 3, \ldots, t$

ค่าเฉลี่ยแบบง่าย สามารถใช้ได้ดีภายใต้สมมติฐานสำคัญ 3 ข้อคือ

1) กระบวนการในการก่อให้เกิดข้อมูล X_i ไม่มีการเกิดในลักษณะของแนวโน้ม (Trend)

2) ไม่มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องในกับการพยากรณ์ (No Seasonality)

3) ข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงมาก และค่อนข้างจะคงที่ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่เปลี่ยนแปลง

3.5.2 การพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

ในวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย ได้สมมติว่าข้อมูลในอดีตมีน้ำหนักเท่ากัน ไม่ว่าข้อมูลนั้นจะเกิดขึ้น มานานแล้วหรือเกิดในปัจจุบัน สำหรับวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ได้สมมติว่าค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลามีน้ำหนักไม่เท่ากัน โดยที่จะถ่วงน้ำหนักให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นใกล้กับปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นนานมาแล้วในอดีต ในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึง วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล แบบเบื้องต้นคือ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลเชิงเดี่ยว (Single Exponential Smoothing) ซึ่งมีลักษณะดังสมการที่ 3.2

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(X_t - F_t) \qquad (3.2)$$

เมื่อ F_{t+1} เป็นค่าพยากรณ์ในงวดถัดไป

F_t เป็นค่าพยากรณ์ในงวดปัจจุบัน

X_t เป็นค่าข้อมูลจริงที่เกิดขึ้นในงวดปัจจุบัน

α เป็นค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดที่เกิดในการพยากรณ์มีค่า 0 ถึง 1

ค่า α ที่ใกล้เคียงกับ 1 มาก (เช่น α = 0.9) จะทำให้มีผลกระทบจากการใช้ค่าเฉลี่ย (Smoothing Effect) น้อยในการพยากรณ์ ในขณะที่ถ้า α มีค่าน้อย (เช่น α = 0.1) จะทำให้เกิดผลกระทบจากการใช้ค่าเฉลี่ยค่อนข้างมาก ในแง่ของการพยากรณ์จะถือว่า ผลกระทบจากการใช้ค่าเฉลี่ยที่น้อยจะดีกว่าผลกระทบจากการใช้ค่าเฉลี่ยที่มาก

3.5.3 การพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว

การพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว คือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัว (Y) และตัวแปรต้น 1 ตัว (X) โดยมีเหตุผลที่จะเชื่อได้ว่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามนั้นมีความสัมพันธ์ต่อกัน แสดงความสัมพันธ์เป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.3

$$Y = a + bX \tag{3.3}$$

เมื่อ Y เป็นตัวแปรตาม

X เป็นตัวแปรต้นที่มีสมมติฐานว่าจะต้องเกี่ยวข้องกับตัวแปรตาม

a เป็นค่าคงที่ (ค่าของ Y เมื่อ X มีค่าเท่ากับ 0)

b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ (ค่าของ Y ที่เปลี่ยนไป เมื่อ X เปลี่ยนไป 1 หน่วย)

ค่า a และ b ของสมการที่ 3.3 สามารถหาได้จากสมการที่ 3.4 และ 3.5

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{3.4}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \tag{3.5}$$

เมื่อ $\bar{x}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรต้น

$\bar{y}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม

x_i เป็นค่าตัวแปรต้นตัวที่ i

y_i เป็นค่าตัวแปรตามตัวที่ i

สำหรับ i = 1,2,3,…,n

ข้อสังเกตสำหรับการพยากรณ์ด้วย การพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวก็คือ X และ Y ในสมการมีความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงสถิติ (Statistical Relationship) เท่านั้น ไม่ใช่รูปแบบในลักษณะ ความสัมพันธ์แบบเหตุและผล (Cause-effect Relationship) X เป็นเพียงตัวแปรต้น 1 ตัวในบรรดาตัวแปรอิสระอีกหลายตัวที่อาจจะมีส่วนสัมพันธ์กับ Y ซึ่งไม่ได้หมายความว่า X เป็นตัวการทำให้เกิด Y

3.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินผลการพยากรณ์ (สุพล, 2537)

หลักเกณฑ์ที่นิยมใช้นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มวัดค่าแบบสมบูรณ์ (Absolute Measures) และกลุ่มค่าวัดแบบเปรียบเทียบ (Relative Measures) สูตรการคำนวณค่าวัดความแม่นยำของการพยากรณ์ไม่ว่าในกลุ่มใด มีข้อจำกัดอย่างหนึ่งคือ เป็นการวัดการพยากรณ์ของเหตุการณ์หรือค่าใดๆ ในอดีตจนถึงปัจจุบัน คือ พิจารณาจากข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์ โดยการเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ที่คำนวณได้จากวิธีที่เลือกมากับค่าข้อมูลจริง ณ ช่วงเวลานั้นๆ ว่าแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ที่เป็นเช่นนี้เพราะไม่สามารถเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ในอนาคตกับค่าจริงได้ ทั้งนี้เพราะไม่ทราบค่าจริงของอนาคต ดังนั้นการตรวจสอบความแม่นยำของวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณใดๆ จึงขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รวบรวมมา กับวิธีการที่เลือกมาโดยตรง

การประเมินความเหมาะสมของการพยากรณ์มีอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีก็มีความหมาย และวิธีการแตกต่างกัน ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม ในงานวิจัยนี้ก็ได้เลือกวิธีการประเมิน 3 วิธี คือ

3.6.1 ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation ,MAD)

$$MAD = \sum_{i=1}^{n} |e_i| / n \qquad (3.6)$$

3.6.2 ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error ,MAPE)

$$MAPE = \sum_{i=1}^{n} |(e_i / x_i) \times 100| / n \qquad (3.7)$$

3.6.3 ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error ,RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} e_i^2 / n} \qquad (3.8)$$

โดยที่ X_i เป็นค่าข้อมูลที่ระยะเวลา i

F_i เป็นค่าพยากรณ์ที่ระยะเวลา i

e_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ระยะเวลา i

และ $e_i = X_i - F_i$ สำหรับ i = 1,2,3,...,n

ค่า MAD และ MAPE ส่วนใหญ่แล้วใช้เป็นค่าเปรียบเทียบความแม่นยำของค่าพยากรณ์ ทั้งนี้เพราะว่า MAPE เป็นค่าวัดแบบเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า MAPE จะนิยมกว่าค่า MAD ทั้งนี้เพราะว่าบางข้อมูลมีหน่วยเล็กมาก และจากการศึกษาพบว่า ถ้าค่า MAPE น้อยกว่า 10% จัดว่าการพยากรณ์ค่อนข้างแม่นยำ ส่วนค่า MAD นั้นจะแสดงให้เห็นขนาดความแม่นยำโดยตรง เช่น ถ้า MAPE เท่ากับ 5% แสดงว่าแบบจำลองที่เลือกมีความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยร้อยละ 5 ต่อช่วงการพยากรณ์ แต่ถ้า MAD เท่ากับ 20 แสดงว่าแบบจำลองที่เลือกมีความแตกต่างของค่าพยากรณ์กับค่าจริงโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20 หน่วย โดยไม่คำนึงเครื่องหมาย

สำหรับค่า RMSE นั้นส่วนใหญ่ใช้พิจารณาหาจุดเหมาะสมสำหรับรูปแบบหรือสมการการพยากรณ์ (Optimal Forecasting Models) ด้วยการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการที่ทำให้ค่า RMSE มีค่าน้อยที่สุด (สุพล ดุรงค์วัฒนา, 2537)

3.7 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึง วิธีดำเนินการวิจัย ในขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ ขั้นตอนแรก การเก็บรวบรวมข้อมูลดัชนีราคางานก่อสร้างของ ENR ทั้ง 2 ชนิด โดยที่จะเก็บรวบรวมตั้งแต่เดือน มกราคม ค.ศ. 1970 ถึง ธันวาคม ค.ศ. 2002 ขั้นตอนที่สอง การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ได้เลือกใช้วิธี NGA ซึ่งเป็นวิธีการผสมผสานระหว่าง โครงข่ายประสาทเทียม กับ GAs ในการหารูปแบบโครงสร้างส่วนชั้นซ่อน ของแบบจำลองที่มีความเหมาะสม ขั้นตอนที่สาม การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับวิธีทางสถิติซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้ 3 วิธี คือ การพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว รวมถึงการพยากรณ์โดย ENR โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินผลค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 3 ชนิด คือ ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ขั้นตอนที่สี่ วิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลอง

ในการประมาณราคาของโครงการก่อสร้างที่มีระยะเวลายาวจะเกิดปัญหา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของราคางานก่อสร้างที่เกิดขึ้น จากตอนที่ทำการประมาณราคาหรือเริ่มต้นโครงการมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อโครงการเสร็จสิ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการผันผวนของสภาพเศรษฐกิจ โดยส่วนมากเจ้าของงานก็ต้องการให้ผู้รับเหมาทำการประมาณราคาให้ใกล้เคียงความจริงที่สุด จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง เพื่อนำค่าดัชนีราคางานก่อสร้างไปใช้ปรับราคางานที่ประมาณราคาไว้เบื้องต้น ให้เป็นราคาที่รวมผลการเปลี่ยนแปลงราคาของงานก่อสร้างที่เกิดจากความผันผวนทางเศรษฐกิจด้วย

4.1 แนวคิดของแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง

การเปลี่ยนแปลงของราคางานก่อสร้างที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการผันผวนของสภาพเศรษฐกิจ โดยใช้การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้าง ในการอ้างอิงการเปลี่ยนแปลงราคางานก่อสร้างที่เกิดขึ้น ดัชนีราคางานก่อสร้างเป็นดัชนีที่จัดทำและเผยแพร่โดย ENR เป็นประจำทุกเดือน ENR เป็นนิตยสารรายสัปดาห์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยมีการเผยแพร่ดัชนีราคางานก่อสร้างสองชนิดคือ BCI และ CCI ดัชนีทั้งสองมีส่วนประกอบคือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงาน แต่จะแตกต่างกันในชนิดของแรงงานดังที่ได้อธิบายไปแล้ว

ในการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างที่ผ่านมา ได้มีการนำแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนา เนื่องจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีความสามารถในการเรียนรู้รูปแบบข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์แนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ดี

งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง เพื่อให้พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ล่วงหน้าเป็นระยะเวลา 1 เดือน และ 1 ปี ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาสั้น และระยะเวลายาวตามลำดับ ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อให้ได้รับประโยชน์ในการนำไปใช้งานต่อไป การพัฒนาแบบจำลองจึงแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

4.1.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

4.1.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

4.1.3 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

4.1.4 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

ในแบบจำลองแต่ละชนิดจะมีรูปแบบ และอาศัยหลักการตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 แต่ก็อาจจะมีส่วนรายละเอียดที่แตกต่างกัน ซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไป

4.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน (Training Data) เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนแบบจำลอง เพื่อปรับค่าน้ำหนัก (Weights) ในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ให้มีค่าพร้อมที่จะนำไปใช้งาน

4.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (Testing Data) เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ใด ที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้งาน โดยพิจารณาว่าแบบจำลองใดที่มี ค่า RMSE ต่ำที่สุดก็แสดงว่าเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสม โดยปกติแล้วจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะมีจำนวนประมาณ 10% ถึง 30% ของจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้สอน (Kaastra and Boyd, 1996) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกให้มีจำนวนชุดข้อมูลประมาณ 25% ของจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้สอน เช่น ถ้ามีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้สอนเท่ากับ 80 ชุดข้อมูล ก็จะต้องมีจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 20 ชุดข้อมูล เป็นต้น

4.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Data) เป็นชุดข้อมูลที่ไม่ได้นำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แต่จะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเทียบกับค่าดัชนีจริง ค่าดัชนีจากการพยากรณ์โดย ENR และค่าดัชนีจากการพยากรณ์โดยวิธีการทางสถิติอื่นๆ ในงานวิจัยนี้เลือกให้มี จำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องเท่ากับจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

4.3 รูปแบบของผลลัพธ์ของการพยากรณ์

ในการพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง สามารถที่จะพยากรณ์ได้ 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 คือ การพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง เช่น ค่าดัชนี BCI ของเดือนถัดไป เท่ากับ 3150 ส่วนรูปแบบที่ 2 จะพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบเดือนปัจจุบันกับเดือนถัดไปหรือ 12 เดือนถัดไป เช่น อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบเดือนปัจจุบันกับเดือนถัดไปของดัชนี BCI เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.15 % ซึ่งจะทำให้สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีราคาได้เช่นกัน ตามตัวอย่างในตารางที่ 4.1 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ผลลัพธ์ทั้งสองรูปแบบ เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม แล้ว

จึงเลือกรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไปใช้งาน การเลือกรูปแบบผลลัพธ์ยังส่งผลถึงข้อมูลนำเข้า ที่จะต้องสอดคล้องกัน กล่าวคือถ้าต้องการให้รูปแบบผลลัพธ์เป็นรูปแบบที่ 1 ข้อมูลนำเข้าก็จะต้องเป็นค่าดัชนีโดยตรง แต่ถ้าต้องการรูปแบบผลลัพธ์เป็นรูปแบบที่ 2 ข้อมูลนำเข้าก็จะต้องเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ และเมื่อนำไปพยากรณ์แล้วต้องแปลงให้ผลลัพธ์ของรูปแบบที่ 2 ซึ่งเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ ให้เป็นค่าดัชนีราคางานก่อสร้างเช่นเดียวกับผลลัพธ์ของรูปแบบที่ 1 เพื่อทำให้สามารถเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างสองรูปแบบผลลัพธ์ได้

ตารางที่ 4.1 รูปแบบผลลัพธ์ของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

รูปแบบผลลัพธ์	ค่าดัชนี BCI เดือนปัจจุบัน	ผลลัพธ์จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม	ค่าดัชนี BCI ที่พยากรณ์ได้
รูปแบบที่ 1	3145	3150	3150
รูปแบบที่ 2	3145	+ 0.15 %	$3145 \times \frac{100.15}{100} = 3150$

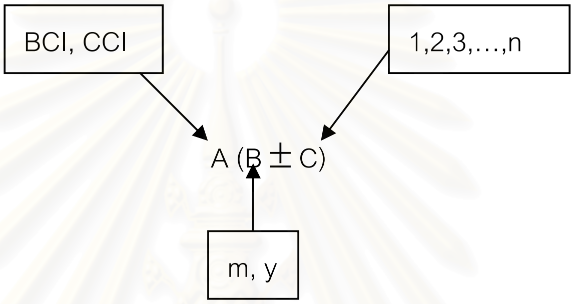
4.4 กลุ่มของข้อมูลนำเข้า

จากโครงสร้างของแบบจำลองพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ตามรูปที่ 3.2 มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน แต่ส่วนที่จะอธิบายต่อไปคือ โนดของชั้นนำเข้า (Input Nodes) โดยทั่วไปแล้วส่วนรับข้อมูลนำเข้า ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม จะไม่มีจำนวนโนดที่แน่นอนเป็นมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับว่าปัจจัยต่างๆ ที่นำมาเป็นข้อมูลนำเข้า ปัจจัยใดมีผลกระทบต่อแบบจำลองมากน้อยกว่ากัน ทำให้ต้องมีการวิเคราะห์หากลุ่มของข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมกับแบบจำลอง ในการวิจัยนี้ต้องการที่จะพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่จะเกิดขึ้นใน อนาคต ในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิเคราะห์หากลุ่มของข้อมูลนำเข้า ในลักษณะของอนุกรมเวลา ซึ่งมีสมมติฐานว่า ค่าในอนาคตขึ้นอยู่กับข้อมูลในอดีตของค่านั้น จึงต้องวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต และพยายามหารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมที่สุด

4.4.1 การนำสัญลักษณ์มาใช้แทนความหมายข้อมูลนำเข้า

เนื่องจากข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างมีหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีรายละเอียดแตกต่างกัน ทำให้มีความยุ่งยากในการอ้างถึง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ เพื่อแทนความหมายของข้อมูลนำเข้าให้มีความกระชับ ชัดเจน และสะดวกในการอ้างถึง โดยแบ่งสัญลักษณ์เป็น 2 ชนิดคือ

4.4.1.1 สัญลักษณ์ของข้อมูลนำเข้าเพื่อพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง



โดยที่ A คือส่วนที่แสดงว่าข้อมูลนำเข้าเป็น ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI หรือ CCI

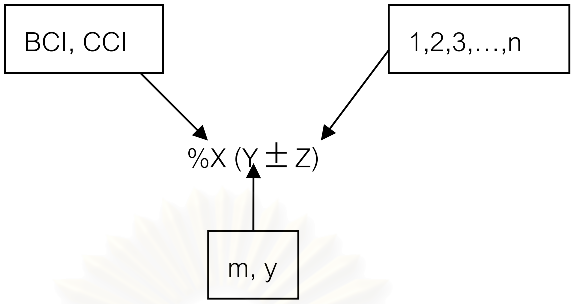
B คือส่วนที่แสดงว่าเป็นข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ล่วงหน้าชนิดใด ถ้าเป็น m หมายถึงพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน แต่ถ้าเป็น y หมายถึงพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี

C คือส่วนที่แสดงช่วงเวลาของข้อมูลนำเข้า ซึ่งสัมพันธ์กับสัญลักษณ์ B และเครื่องหมายลบหรือบวกที่อยู่ด้านหน้า ถ้าเป็นเครื่องหมายลบหมายถึง ข้อมูลของช่วงเวลาในอดีต แต่ถ้าเป็นเครื่องหมายบวกหมายถึงข้อมูลของช่วงเวลาในอนาคต เช่น ถ้า B มีค่าเป็น m และมีเครื่องหมายลบอยู่ด้านหน้า ข้อมูลนำเข้าก็จะเป็นค่าดัชนีราคางานก่อสร้างของเดือนที่ย้อนหลังไป C เดือน จากเดือนปัจจุบันในแต่ละชุดข้อมูล

ตัวอย่าง : BCI (y-1) หมายถึงข้อมูลนำเข้าเป็นค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ของเดือนที่ย้อนหลังไป 1 ปี จากเดือนปัจจุบันในชุดข้อมูลนี้

CCI (m) หมายถึงข้อมูลนำเข้าเป็นค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ของเดือนปัจจุบันในชุดข้อมูลนี้

4.1.1.2 สัญลักษณ์ของข้อมูลนำเข้าเพื่อพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ



โดยที่ X คือส่วนที่แสดงว่าข้อมูลนำเข้าเป็น อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI หรือ CCI

Y คือส่วนที่แสดงว่าเป็นข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ล่วงหน้าชนิดใด ถ้าเป็น m หมายถึงพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน แต่ถ้าเป็น y หมายถึงพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี

Z คือส่วนที่แสดงช่วงเวลาของข้อมูลนำเข้า ซึ่งสัมพันธ์กับสัญลักษณ์ Y และเครื่องหมายลบหรือบวกที่อยู่ด้านหน้า ถ้าเป็นเครื่องหมายลบหมายถึง ข้อมูลของช่วงเวลาในอดีต แต่ถ้าเป็นเครื่องหมายบวกหมายถึงข้อมูลของช่วงเวลาในอนาคต เช่น ถ้า Y มีค่าเป็น m และมีเครื่องหมายลบอยู่ด้านหน้า ข้อมูลนำเข้าก็จะเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างดัชนีราคางานก่อสร้างของเดือนที่ย้อนหลังไป Z เดือน จากเดือนปัจจุบันในแต่ละชุดข้อมูล เปรียบเทียบกับเดือนก่อนหน้านั้น 1 เดือน

ตัวอย่าง : %BCI (y-1) หมายถึงข้อมูลนำเข้าเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ของเดือนที่ย้อนหลังไป 1 ปี จากเดือนปัจจุบันในชุดข้อมูลนี้ เปรียบเทียบกับเดือนก่อนหน้านั้น 1 ปี

%CCI (m-5) หมายถึงข้อมูลนำเข้าเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ของเดือนที่ย้อนหลังไป 5 เดือน จากเดือนปัจจุบันในชุดข้อมูลนี้ เปรียบเทียบกับเดือนก่อนหน้านั้น 1 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลนำเข้า

การเลือกกลุ่มของข้อมูลนำเข้า เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในสร้างแบบจำลองพยากรณ์ จำนวนโนด ของกลุ่มข้อมูลนำเข้าจะขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลย้อนหลัง (Lagged Data) ที่ใช้ในการค้นหา รูปแบบของอนุกรมเวลา แต่โดยทั่วไป การสร้างแบบจำลองพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ยังไม่มีวิธีการที่ยอมรับเป็นหลักเกณฑ์ในการเลือกจำนวนโนด ของกลุ่มข้อมูลนำเข้า (Zhang, 1998) จึงเป็นเหตุให้ต้องมีการทดลองหากลุ่มของข้อมูลนำเข้าโดยอาศัยการปรับเปลี่ยนจำนวนโนด ของกลุ่มข้อมูลนำเข้า แล้วหารูปแบบที่ดีที่สุดในการทดลอง เพื่อนำไปใช้เป็นกลุ่มข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง

การทดลองหากลุ่มข้อมูลนำเข้า สามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับสมมติฐานของผู้ทดลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดสมมติฐาน จากแนวความคิดของ Lee และ Yum (1998) ที่ได้มีการแบ่งข้อมูลนำเข้าเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง และส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล (Seasonal Cycle)

การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน (m+1) เลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่ใช้หลักการอนุกรมเวลา มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 เดือนย้อนหลัง ซึ่งนับเดือนปัจจุบันด้วย (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5) ร่วมกับ ส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เป็น ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m-11) รวมเป็นข้อมูลนำเข้า 7 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้นจากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 2 เดือนย้อนหลัง ร่วมกับ ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m, m-1, m-11) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของเดือนก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 7 ตัว (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5, m-11) จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 5 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 10 รูปแบบ

ส่วนการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี (y+1) เลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโครงข่าย

ประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่ใช้หลักการอนุกรมเวลา มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 ปีย้อนหลัง ซึ่งนับปีปัจจุบันด้วย (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) แต่ไม่มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เนื่องจากเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี จึงรวมเป็นข้อมูลนำเข้า 6 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้นจากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 3 ปีย้อนหลัง (y, y-1, y-2) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของปีก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 6 ตัว (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 4 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 8 รูปแบบ

วิธีการวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมกับ แบบจำลองแต่ละชนิด สามารถทำได้โดย สร้างแบบจำลองที่มีกลุ่มของข้อมูลนำเข้า เป็นไปตามรูปแบบที่ได้แสดงมาแล้ว คือ รูปแบบที่ 1.1 ถึง รูปแบบที่ 4.8 การพัฒนาแบบจำลอง โดยใช้หลักการ NGA นั้น จะมีผลกระทบที่เกิดจากการสุ่มของวิธี GAs ด้วย ทำให้แบบจำลองที่ได้อาจจะตกอยู่ใน โลคอลมินิมัม (Local Minimum) หรือ อาจจะเป็นแบบจำลองที่ โอเวอร์ฟิตติง (Over Fitting) ก็ได้ ซึ่งถ้าความผิดพลาดทั้งสองนั้นเกิดขึ้น ก็จะทำให้แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองสร้างแบบจำลองขึ้นมา 3 ครั้ง สำหรับแต่ละรูปแบบ แล้วเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ เป็นค่ามัธยฐานของการทดลองทั้ง 3 ครั้ง เพื่อตัดแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด และมากที่สุดออก ซึ่งแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดและมากที่สุด อาจจะเป็นแบบจำลองที่ตกอยู่ใน โลคอลมินิมัม หรือโอเวอร์ฟิตติง ตามลำดับ

หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบต่างๆ ของกลุ่มข้อมูลนำเข้า ในการพยากรณ์ชนิดเดียวกัน จะพบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบใดที่มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบน้อยที่สุด ก็แสดงว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้านั้นเหมาะสมที่สุด

รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าจะขึ้นอยู่กับชนิดของดัชนี ระยะเวลาที่ต้องการพยากรณ์ล่วงหน้า และรูปแบบผลลัพธ์ของการพยากรณ์ โดยจะใช้สัญลักษณ์ตามที่ได้กล่าวมาในหัวข้อที่ 4.4.1 แทนข้อมูลนำเข้ารูปแบบต่างๆ รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าที่นำมาวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ 4 รูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็ประกอบด้วยรูปแบบย่อยๆ และผลการวิเคราะห์มีรายละเอียด ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

รูปแบบ	กลุ่มข้อมูลนำเข้า	RMSE
1.1	BCI (m), BCI (m-1), BCI (m-11)	27.267
1.2	BCI (m), BCI (m-1), BCI (m-2), BCI (m-11)	28.840
1.3	BCI (m), BCI (m-1), BCI (m-2), BCI (m-3), BCI (m-11)	18.116
1.4	BCI (m), BCI (m-1), BCI (m-2), BCI (m-3), BCI (m-4), BCI (m-11)	32.093
1.5	BCI (m), BCI (m-1), BCI (m-2), BCI (m-3), BCI (m-4), BCI (m-5), BCI (m-11)	19.993
1.6	%BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-11)	11.452
1.7	%BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-11)	11.777
1.8	%BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-11)	11.427
1.9	%BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-11)	11.527
1.10	%BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-5), %BCI (m-11)	**11.387**

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

รูปแบบ	กลุ่มข้อมูลนำเข้า	RMSE
2.1	CCI (m), CCI (m-1), CCI (m-2)	40.483
2.2	CCI (m), CCI (m-1), CCI (m-2), CCI (m-3)	25.235
2.3	CCI (m), CCI (m-1), CCI (m-2), CCI (m-3), CCI (m-4)	53.561
2.4	CCI (m), CCI (m-1), CCI (m-2), CCI (m-3), CCI (m-4), CCI (m-5)	56.469
2.5	CCI (m), CCI (m-1), CCI (m-2), CCI (m-3), CCI (m-4), CCI (m-5), CCI(m-11)	54.781
2.6	%CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2)	16.916
2.7	%CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3)	16.827
2.8	%CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4)	16.247
2.9	%CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5)	16.233
2.10	%CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5), %CCI(m-11)	**16.165**

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

รูปแบบ	กลุ่มข้อมูลนำเข้า	RMSE
3.1	BCI(y), BCI (y-1), BCI (y-2)	**61.323**
3.2	BCI(y), BCI (y-1), BCI (y-2), BCI (y-3)	61.951
3.3	BCI(y), BCI (y-1), BCI (y-2), BCI (y-3), BCI (y-4)	63.766
3.4	BCI(y), BCI (y-1), BCI (y-2), BCI (y-3), BCI (y-4), BCI (y-5)	64.712
3.5	%BCI(y), %BCI (y-1), %BCI (y-2)	69.365
3.6	%BCI(y), %BCI (y-1), %BCI (y-2), %BCI (y-3)	61.629
3.7	%BCI(y), %BCI (y-1), %BCI (y-2), %BCI (y-3), %BCI (y-4)	62.170
3.8	%BCI(y), %BCI (y-1), %BCI (y-2), %BCI (y-3), %BCI (y-4), %BCI (y-5)	67.361

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

รูปแบบ	กลุ่มข้อมูลนำเข้า	RMSE
4.1	CCI(y), CCI (y-1), CCI (y-2)	63.795
4.2	CCI(y), CCI (y-1), CCI (y-2), CCI (y-3)	68.935
4.3	CCI(y), CCI (y-1), CCI (y-2), CCI (y-3), CCI (y-4)	61.632
4.4	CCI(y), CCI (y-1), CCI (y-2), CCI (y-3), CCI (y-4), CCI (y-5)	64.727
4.5	%CCI(y), %CCI (y-1), %CCI (y-2)	**60.425**
4.6	%CCI(y), %CCI (y-1), %CCI (y-2), %CCI (y-3)	62.107
4.7	%CCI(y), %CCI (y-1), %CCI (y-2), %CCI (y-3), %CCI (y-4)	73.416
4.8	%CCI(y), %CCI (y-1), %CCI (y-2), %CCI (y-3), %CCI (y-4), %CCI (y-5)	63.576

ผลการวิเคราะห์หากลุ่มของข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง จากตารางที่ 4.2, 4.3, 4.4 และ 4.5 สรุปได้ดังนี้

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน คือ กลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 1.5 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 11.387 ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-5) และ %BCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน คือ กลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 2.5 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 16.165 ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5) และ %CCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี คือ กลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 3.1 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 61.323 ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ BCI (y), BCI (y-1) และ BCI (y-2)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี คือ กลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 4.5 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 60.425 ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ %CCI (y), %CCI (y-1) และ %CCI (y-2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

โดยปกติ ENR จะมีการเผยแพร่การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้างรายเดือนในทุกๆ สัปดาห์ที่ 2 ของทุกเดือน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของราคาที่เกิดขึ้นในเดือนที่แล้ว เช่น ดัชนีราคาที่เผยแพร่ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนสิงหาคม จะเป็นค่าที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของราคาค่าแรง และวัสดุในเดือนกรกฎาคม

ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน ก็จะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของดัชนีถึงเดือนล่าสุด เพื่อที่พยากรณ์ดัชนีราคาของเดือนถัดไป เช่น ถ้าปัจจุบันเป็นสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนกรกฎาคม ก็จะใช้ข้อมูลดัชนีราคาถึงเดือนกรกฎาคม เพื่อที่จะพยากรณ์ค่าดัชนีราคาของซึ่งจะเผยแพร่ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนสิงหาคมต่อไป

4.5.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

4.5.1.1 ข้อมูลนำเข้า

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 1.5 ซึ่งที่ข้อมูลนำเข้า 7 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 4.1

%BCI(m+1) = {%BCI(m), %BCI(m-1), %BCI(m-2), %BCI(m-3), %BCI(m-4), %BCI(m-5), %BCI(m-11)} (4.1)

ตารางที่ 4.6 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.1

%BCI(m)	%BCI(m-1)	%BCI(m-2)	%BCI(m-3)	%BCI(m-4)	%BCI(m-5)	%BCI(m-11)
-0.366	0.073	-0.073	0.516	0.000	0.037	-0.187
0.000	-0.366	0.073	-0.073	0.516	0.000	0.150
-0.147	0.000	-0.366	0.073	-0.073	0.516	0.187
-0.037	-0.147	0.000	-0.366	0.073	-0.073	0.112

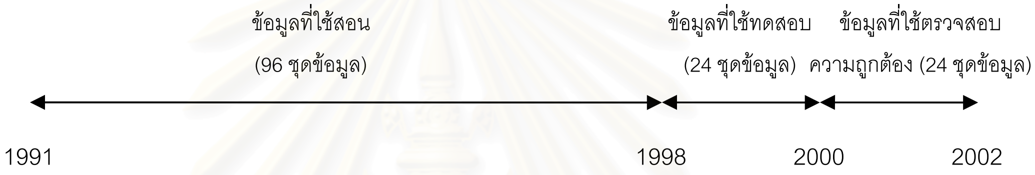
4.5.1.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือนได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.5.1.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 96 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1991 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1998

4.5.1.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 1999 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2000

4.5.1.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.2001 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2002



รูปที่ 4.1 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

4.5.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

4.5.2.1 ข้อมูลนำเข้า

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 2.5 ซึ่งที่ข้อมูลนำเข้า 7 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 4.2

$$\%CCI(m+1) = \{\%CCI(m),\%CCI(m-1),\%CCI(m-2),\%CCI(m-3),\%CCI(m-4),\%CCI(m-5),\%CCI(m-11)\} \qquad (4.2)$$

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.2

%CCI(m)	%CCI(m-1)	%CCI(m-2)	%CCI(m-3)	%CCI(m-4)	%CCI(m-5)	%CCI(m-11)
-0.209	0.335	-0.063	0.463	0.380	0.042	-0.107
0.000	-0.209	0.335	-0.063	0.463	0.380	0.107
-0.084	0.000	-0.209	0.335	-0.063	0.463	0.128
-0.021	-0.084	0.000	-0.209	0.335	-0.063	0.043

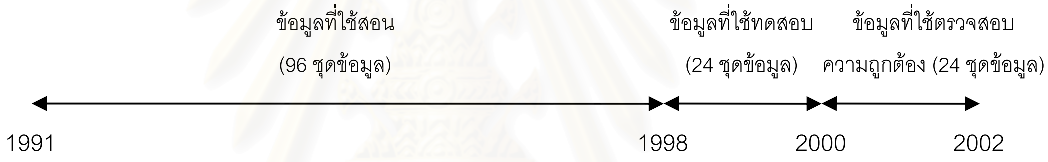
4.5.2.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือนได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.5.2.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 96 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1991 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1998

4.5.2.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 1999 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2000

4.5.2.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.2001 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2002



รูปที่ 4.2 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

โดยปกติ ENR จะมีการเผยแพร่การพยากรณ์เปลี่ยนแปลงของดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี ในเดือนธันวาคมของทุกๆ ปี ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปีของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม จะมีการนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่พยากรณ์โดย ENR เพื่อตรวจสอบความแม่นยำด้วย

4.6.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

4.6.1.1 ข้อมูลนำเข้า

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุด คือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 3.1 ซึ่งที่ข้อมูลนำเข้า 3 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 4.3

$$BCI(y+1) = \{BCI(y), BCI(y-1), BCI(y-2)\} \quad (4.3)$$

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.3

BCI (y)	BCI (y-1)	BCI (y-2)
1609	1489	1362
1617	1499	1370
1620	1504	1378
1621	1506	1391

4.6.1.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปีได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.6.1.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 192 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1979 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1994

4.6.1.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 48 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 1995 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1998

4.6.1.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 48 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1999 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2002

รูปที่ 4.3 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

4.6.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

4.6.2.1 ข้อมูลนำเข้า

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุด คือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 4.5 ซึ่งที่ข้อมูลนำเข้า 3 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 4.4

$$\%CCI(y+1) = \{\%CCI(y), \%CCI(y-1), \%CCI(y-2)\} \qquad (4.4)$$

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 4.4

%CCI (y)	%CCI (y-1)	%CCI (y-2)
7.137	8.200	9.605
7.026	8.254	8.741
7.163	8.226	9.117
7.319	8.036	8.993

4.6.2.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

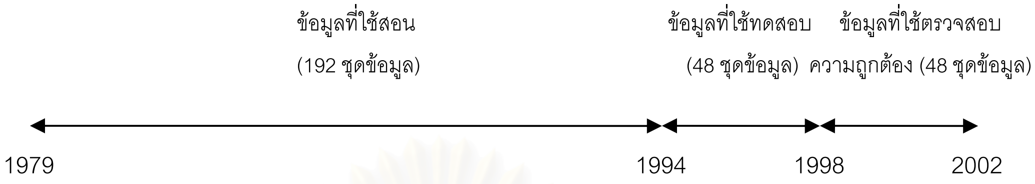
ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปีได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

4.6.2.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 192 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1979 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1994

4.6.2.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 48 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ. 1995 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.1998

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.2.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 48 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1999 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2002



รูปที่ 4.4 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

4.7 สรุป

การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ได้มีการแบ่งชนิดของแบบจำลองเป็น 4 แบบ ตามชนิดของดัชนี และช่วงระยะเวลาที่ต้องการพยากรณ์ ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ในลักษณะของอนุกรมเวลา จะต้องมีการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลนำเข้า เพื่อให้ได้ กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสม สามารถสะท้อนถึงรูปแบบการเปลี่ยนแบบของดัชนีราคางานก่อสร้างได้ ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-5) และ %BCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5) และ CCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ BCI (y), BCI (y-1) และ BCI (y-2)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ %CCI (y), %CCI (y-1) และ %CCI (y-2)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย ENR และวิธีทางสถิติ

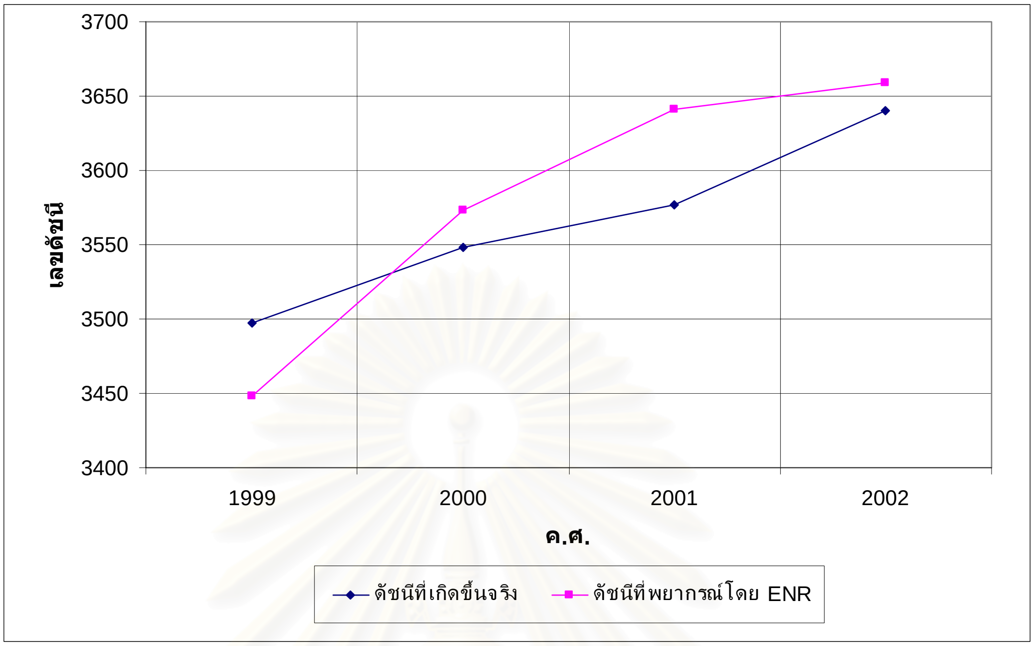
ในปัจจุบันมีวิธีการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง อยู่หลายวิธีดังนี้ การพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม การพยากรณ์โดย ENR และการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งก่อนที่จะมีการนำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธี จึงต้องนำการพยากรณ์แต่ละวิธีมาวิเคราะห์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกัน งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ส่วนการพยากรณ์อีกสองวิธี คือ การพยากรณ์โดย ENR และการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ได้นำมาวิเคราะห์ในบทนี้ เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ต่อไป

5.1 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย ENR

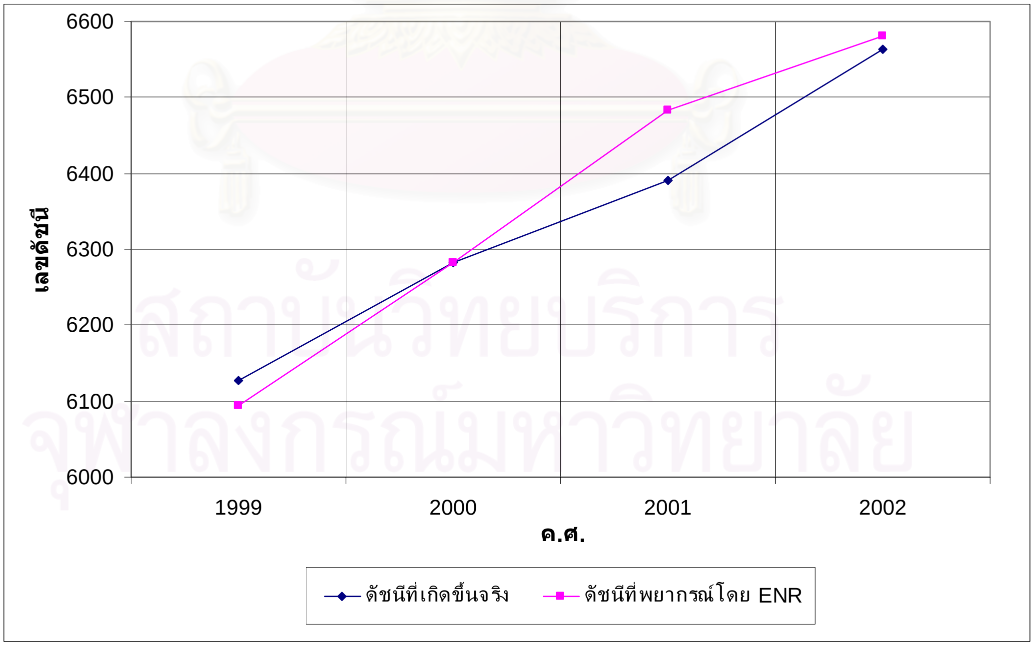
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี ได้แบ่งข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง เป็นจำนวน 48 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม ค.ศ.1999 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2002 ซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลา 4 ปี ส่วนการพยากรณ์โดย ENR จะมีการพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างแต่ละชนิดเพียงช่วงเวลาเดียวต่อปี ซึ่งเป็นการพยากรณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนธันวาคมของปีนั้น กับ เดือนธันวาคมในปีถัดไป ดังนั้นการเปรียบเทียบการพยากรณ์ทั้งสองแบบนี้ จึงเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลจำนวน 4 ชุดข้อมูล คือ การพยากรณ์ในเดือนธันวาคม ค.ศ.1998 ไปยังเดือนธันวาคม ค.ศ.1999 การพยากรณ์ในเดือนธันวาคม ค.ศ.1999 ไปยังเดือนธันวาคม ค.ศ.2000 การพยากรณ์ในเดือนธันวาคม ค.ศ.2000 ไปยังเดือนธันวาคม ค.ศ.2001 และการพยากรณ์ในเดือนธันวาคม ค.ศ.2001 ไปยังเดือนธันวาคม ค.ศ.2002

การเปรียบเทียบค่าการพยากรณ์จะเป็นการเปรียบเทียบ ค่าที่พยากรณ์ได้จากทั้งสองวิธีกับค่าดัชนีที่เกิดขึ้นจริง แล้วจึงนำค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความผิดพลาดก็จะทำให้ทราบว่า วิธีการใดมีความเหมาะสมมากกว่ากัน ส่วนค่าความผิดพลาดที่นำมาเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ก็คือค่า MAD, MAPE และ RMSE ที่ได้อธิบายความหมายไปแล้วในบทที่ 3 ซึ่งถ้าเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดแล้ว พบว่าค่าทั้งสามมีความหมายขัดแย้งกัน ก็จะพิจารณาความเหมาะสมโดยใช้ค่า RMSE เป็นเกณฑ์

การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ สามารถสรุปได้โดยแยกเป็น 2 ประเภทคือ



รูปที่ 5.1 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 5.2 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดย ENR เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)

1. ผลการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปีโดย ENR มีค่า MAD เท่ากับ 39.250, ค่า MAPE เท่ากับ 1.104 % และค่า RMSE เท่ากับ 43.252 (เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลจำนวน 4 ชุดข้อมูลกับค่าดัชนีจริง)

2. ผลการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปีโดย ENR มีค่า MAD เท่ากับ 36.000, ค่า MAPE เท่ากับ 0.567 % และค่า RMSE เท่ากับ 50.374 (เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลจำนวน 4 ชุดข้อมูลกับค่าดัชนีจริง)

5.2 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือก การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ที่เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในทางธุรกิจ 3 วิธีคือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว โดยที่สองวิธีแรกเป็นการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา ส่วนวิธีสุดท้ายเป็นการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยนำวิธีการทางสถิติทั้งสาม มาเปรียบเทียบกันเอง เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ล่วงหน้า 1 เดือน และ 1 ปี

โดยที่การพัฒนาแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติจะมีการแบ่งชุดข้อมูลเป็น 3 ส่วน เหมือนกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทำให้สามารถนำผลการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกันได้ในกลุ่มชุดข้อมูลชนิดเดียวกัน แบบจำลองโดยวิธีทางสถิติจะใช้ชุดข้อมูลที่ใช้สอนในการพัฒนา ส่วนการคัดเลือกวิธีทางสถิติที่เหมาะสม จะเลือกวิธีทางสถิติที่มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบน้อยที่สุด เมื่อได้วิธีทางสถิติที่เหมาะสมแล้ว ก็จะนำชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง มาหาค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับ แบบจำลองพยากรณ์โครงข่ายประสาทเทียม ต่อไป

5.2.1 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

การพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายเป็นการหาค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนหรือรายปีในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อนำไปใช้คำนวณหาค่าดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะพิจารณา ในช่วงระยะเวลา 1 ถึง 5 ปี เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะถ้าช่วงระยะเวลาที่พิจารณายาวกว่านี้ค่าเฉลี่ยที่ได้อาจจะไม่สะท้อน รูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลของ

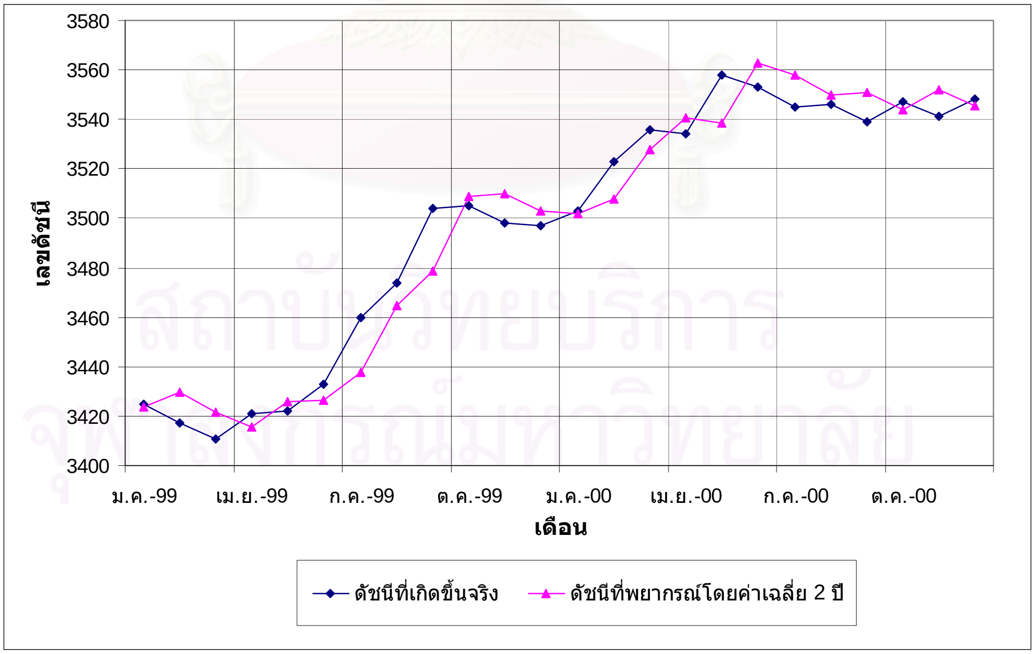
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือนเป็นไปตามตารางที่ 5.1 และ 5.2 ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปีเป็นไปตามตารางที่ 5.3 และ 5.4

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือน	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	0.121	9.307	0.266	11.279
2 ปี	**0.135**	**9.308**	**0.266**	**11.241**
3 ปี	0.248	9.968	0.285	11.707
4 ปี	0.198	9.461	0.270	11.335
5 ปี	0.194	9.431	0.269	11.312

จากตารางที่ 5.1 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 2 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 11.241

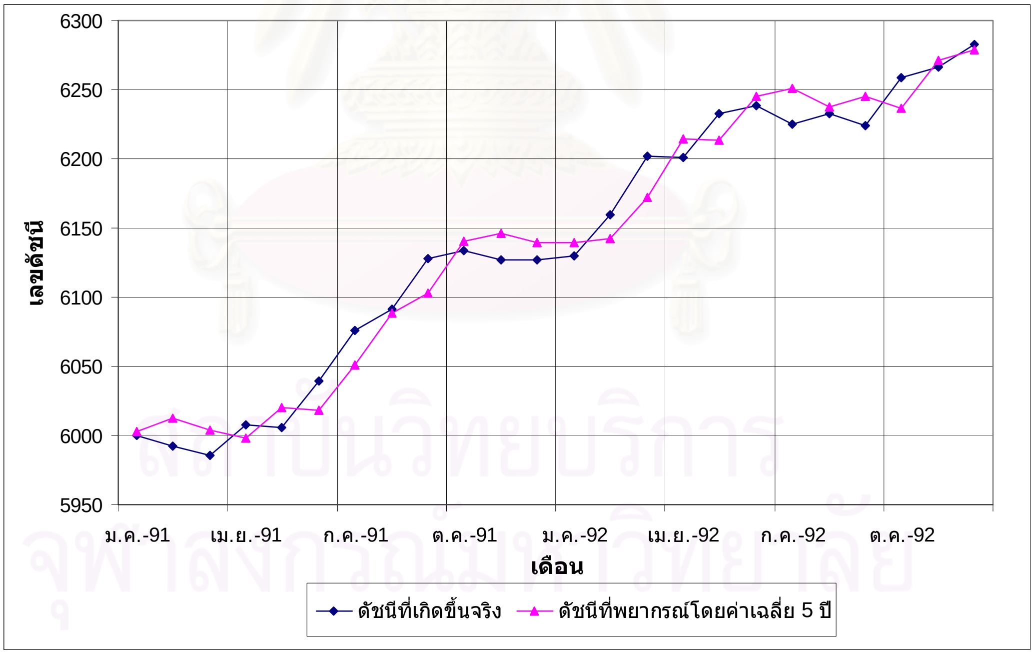


รูปที่ 5.3 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 2 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือน	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	0.187	14.764	0.241	16.925
2 ปี	0.176	14.645	0.239	16.967
3 ปี	0.226	15.161	0.247	16.998
4 ปี	0.202	14.913	0.243	16.914
5 ปี	**0.202**	**14.910**	**0.243**	**16.914**

จากตารางที่ 5.2 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 16.914

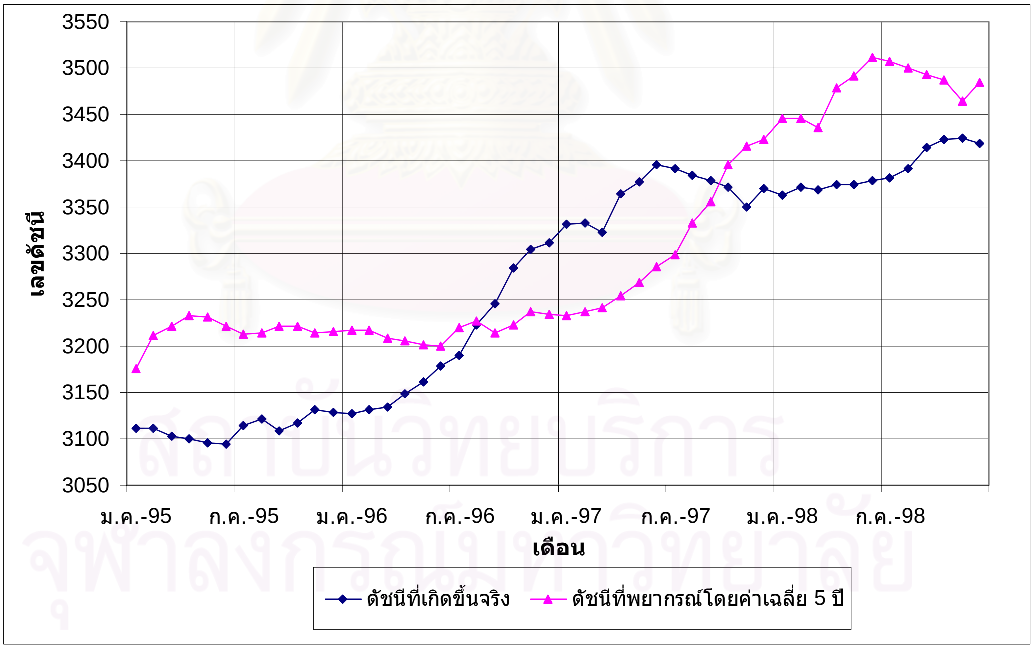


รูปที่ 5.4 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.3 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปี	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	3.866	87.637	2.697	94.700
2 ปี	4.794	102.930	3.175	114.342
3 ปี	4.199	92.774	2.858	101.191
4 ปี	3.599	83.666	2.572	90.075
5 ปี	**3.397**	**80.657**	**2.478**	**86.966**

จากตารางที่ 5.3 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 86.966

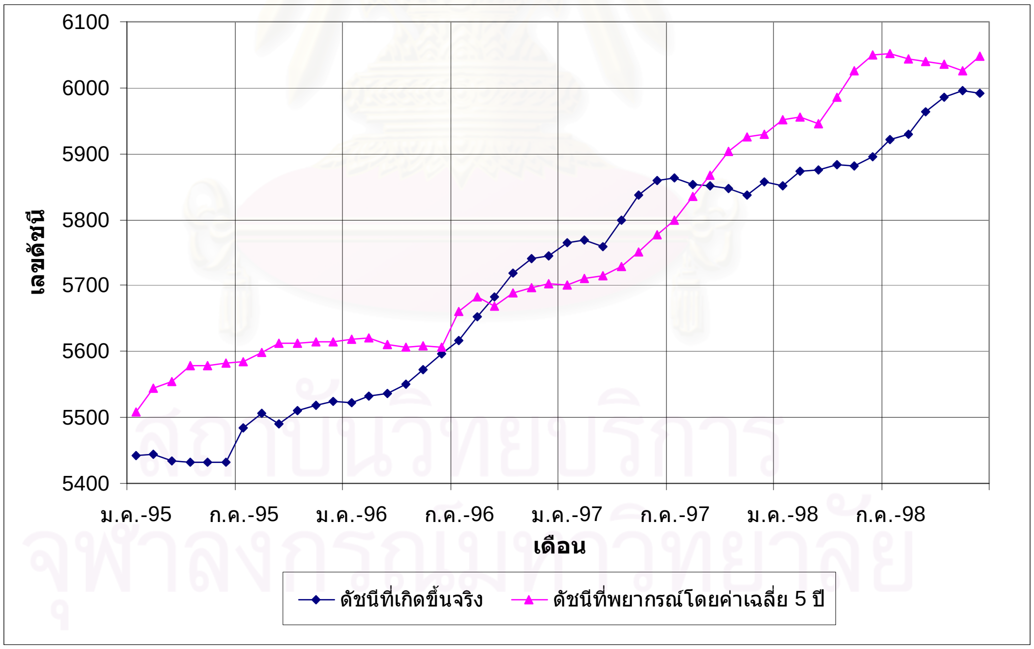


รูปที่ 5.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.4 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปี	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	3.801	95.018	1.675	108.742
2 ปี	4.162	108.785	1.918	124.990
3 ปี	3.807	95.221	1.678	108.993
4 ปี	3.400	82.462	1.452	92.509
5 ปี	**3.228**	**77.648**	**1.367**	**86.417**

จากตารางที่ 5.4 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 86.417



รูปที่ 5.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

5.2.2 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

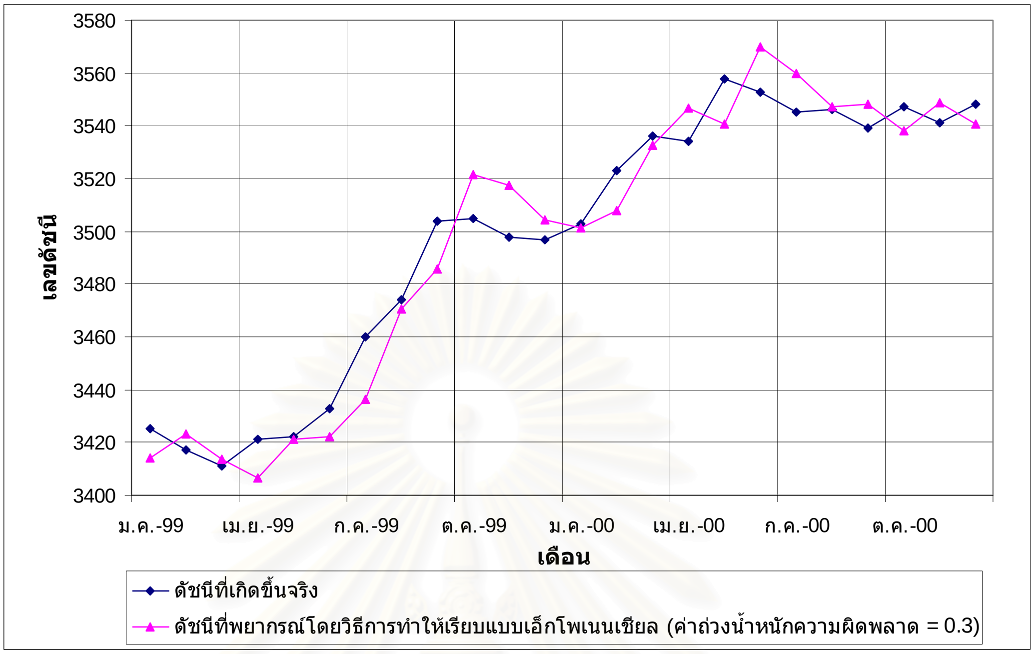
การพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นการพยากรณ์โดย สมมติว่าค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลามีน้ำหนักไม่เท่ากัน โดยที่จะถ่วงน้ำหนักให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นใกล้กับปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นนานมาแล้วในอดีต ค่าที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด (α) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ไม่มีค่าที่แน่นอน ในการพยากรณ์นี้จึงได้ทดลองใช้ค่า α เป็นจำนวน 5 ค่าคือ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 และเพื่อการวิเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์มีครอบคลุม จึงมีการพยากรณ์ทั้ง ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ เพื่อหาแบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ที่มีความสมบูรณ์ และเหมาะสมที่สุด วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลจะมีเฉพาะการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน เพราะเป็นข้อจำกัดของวิธีการ ซึ่งการวิเคราะห์ผลก็เป็นไปตามตารางที่ 5.5 และ 5.6

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

ค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด (α)	การพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง			การพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ		
	MAD	MAPE	RMSE	MAD	MAPE	RMSE
0.1	41.802	1.188	48.265	10.487	0.300	12.587
0.3	18.714	0.534	24.334	**10.453**	**0.299**	**12.206**
0.5	12.908	0.369	17.596	10.694	0.305	12.509
0.7	10.865	0.311	14.537	11.425	0.326	13.108
0.9	9.775	0.280	12.906	12.435	0.355	14.065

(ค่า α แทนค่าในสมการ $F_{t+1} = F_t + \alpha (X_t - F_t)$ เพื่อนำไปใช้พยากรณ์ค่าที่ต้องการ)

จากตารางที่ 5.5 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.3 มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 12.206

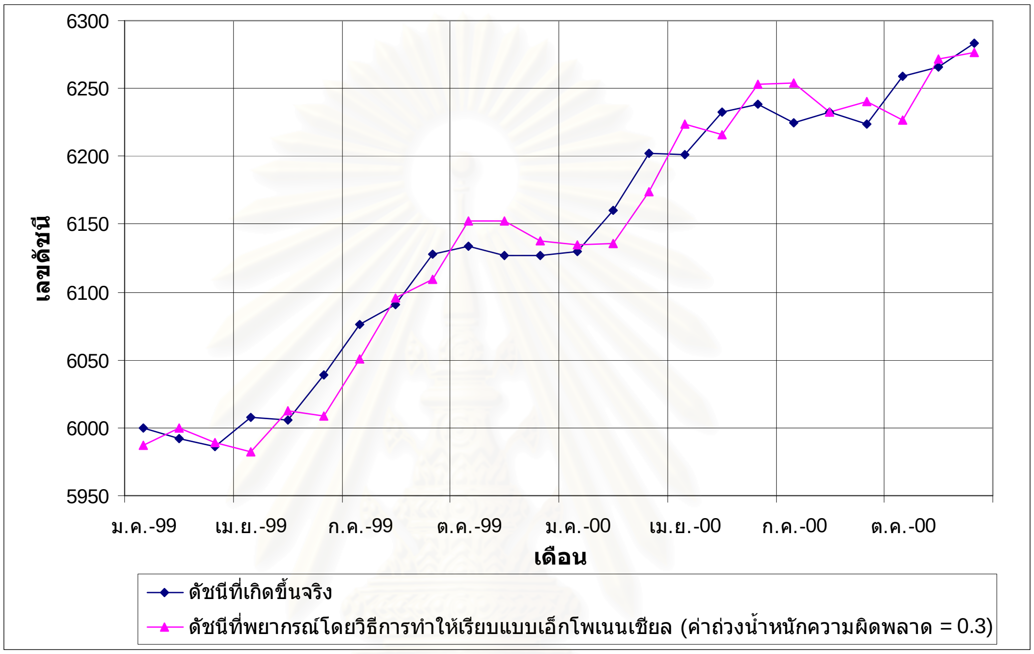


รูปที่ 5.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.3 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.6 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

ค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด (α)	การพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง			การพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ		
	MAD	MAPE	RMSE	MAD	MAPE	RMSE
0.1	80.632	1.304	90.749	15.429	0.251	19.030
0.3	37.231	0.604	43.468	**16.340**	**0.266**	**19.004**
0.5	24.472	0.398	30.461	17.226	0.280	19.752
0.7	19.476	0.317	24.725	18.349	0.298	20.899
0.9	16.845	0.274	21.700	19.966	0.325	22.693

จากตารางที่ 5.6 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.3 มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 19.004



รูปที่ 5.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.3 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

5.2.3 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว

การพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว เป็นการพยากรณ์โดย สมมติว่าแนวโน้มการผลการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างเป็นเส้นตรง โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างผลการพยากรณ์ดัชนี กับระยะเวลาเป็นฟังก์ชันเส้นตรง ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะพิจารณา แนวโน้มในช่วงระยะเวลา 1 ถึง 5 ปี เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะถ้าช่วงระยะเวลาที่พิจารณายาวกว่านี้ แนวโน้มที่ได้อาจจะไม่สะท้อน รูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีในปัจจุบัน เพื่อการวิเคราะห์หารูปแบบการพยากรณ์ที่สมบูรณ์ จึงมีการพยากรณ์ทั้ง ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือนเป็นไป

ตามตารางที่ 5.7, 5.8, 5.9 และ 5.10 ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปีเป็นไปตามตารางที่ 5.11, 5.12, 5.13, และ 5.14

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = 6.007(X+12) + 3351.3	15.866	0.455	18.791
2 ปี	Y = 2.8113(X+24) + 3342.2	53.424	1.515	62.050
3 ปี	Y = 7.914(X+36) + 3171.8	58.129	1.662	61.372
4 ปี	Y = 8.2679(X+48) + 3064.8	67.508	1.929	70.638
5 ปี	Y = 6.7504(X+60) + 3030.1	23.555	0.676	28.437

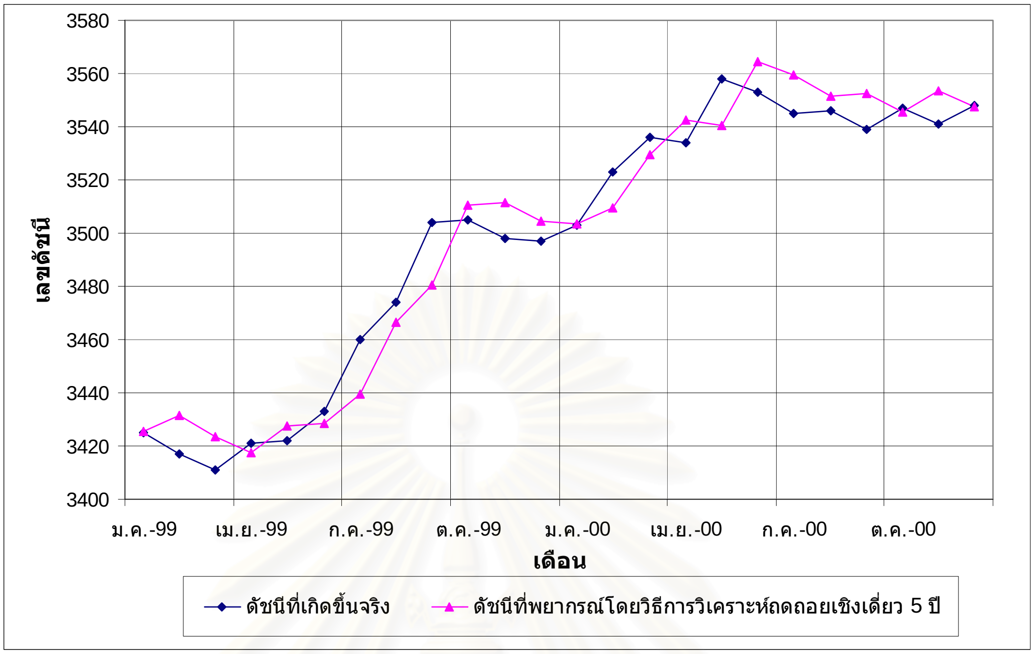
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 5.8 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -0.0153(X+12) + 0.0209	17.902	0.511	21.062
2 ปี	Y = -0.0065(X+24) + 0.2161	9.491	0.271	12.665
3 ปี	Y = -0.0123(X+36) + 0.476	11.165	0.319	14.736
4 ปี	Y = -0.0002(X+48) + 0.2022	9.411	0.269	11.290
5 ปี	**Y = -0.0003(X+60) + 0.2041**	**9.366**	**0.268**	**11.259**

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 5.7 และ 5.8 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 5 ปี พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 11.259



รูปที่ 5.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.9 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = 13.864(X+12) + 5830.3	30.235	0.493	35.628
2 ปี	Y = 8.8148(X+24) + 5762.6	58.347	0.942	67.472
3 ปี	Y = 12.734(X+36) + 5553.6	31.355	0.513	36.896
4 ปี	Y = 12.973(X+48) + 5391.9	36.433	0.595	41.498
5 ปี	Y = 11.542(X+60) + 5297.3	20.380	0.332	24.465

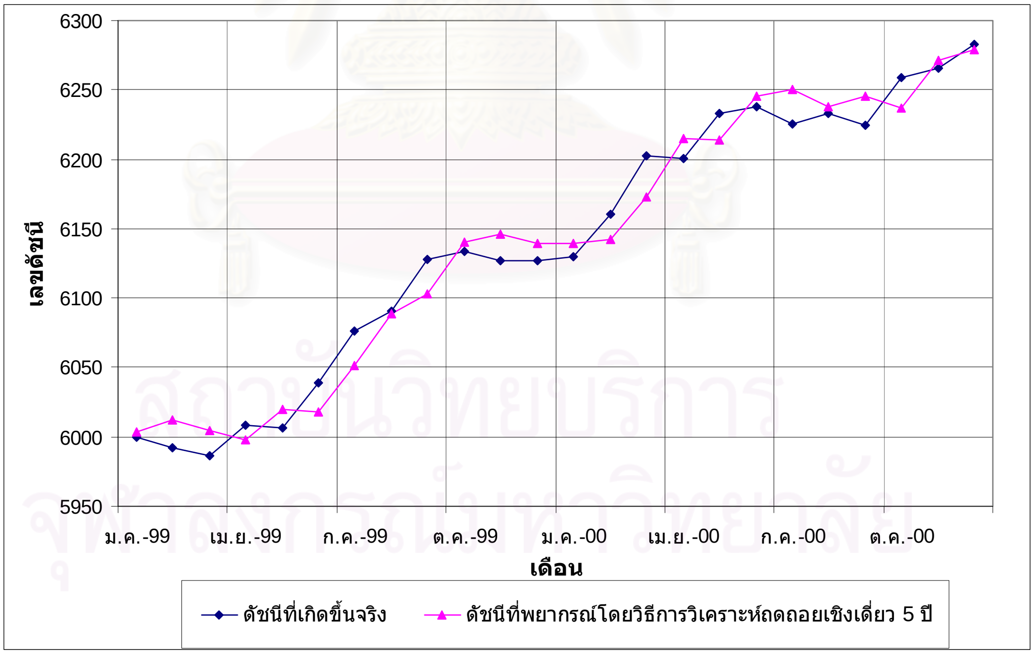
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = 0.0134(X+12) + 0.1002	19.440	0.316	22.812
2 ปี	Y = -0.0004(X+24) + 0.1808	14.546	0.237	17.029
3 ปี	Y = -0.0046(X+36) + 0.3103	14.667	0.239	18.374
4 ปี	Y = 0.0007(X+48) + 0.1857	15.180	0.247	17.011
5 ปี	**Y = 0.00002(X+60) + 0.2012**	**14.920**	**0.243**	**16.914**

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 5.9 และ 5.10 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 5 ปี พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 16.914



รูปที่ 5.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.11 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = 1.2063(X+12) + 3102.7	127.789	3.807	160.010
2 ปี	Y = 8.9413(X+24) + 2941.5	107.841	3.309	114.933
3 ปี	Y = 11.133(X+36) + 2774.1	180.334	5.498	188.650
4 ปี	Y = 10.203(X+48) + 2672.8	145.205	4.436	152.631
5 ปี	**Y = 8.8059(X+60) + 2610.1**	**86.886**	**2.669**	**95.382**

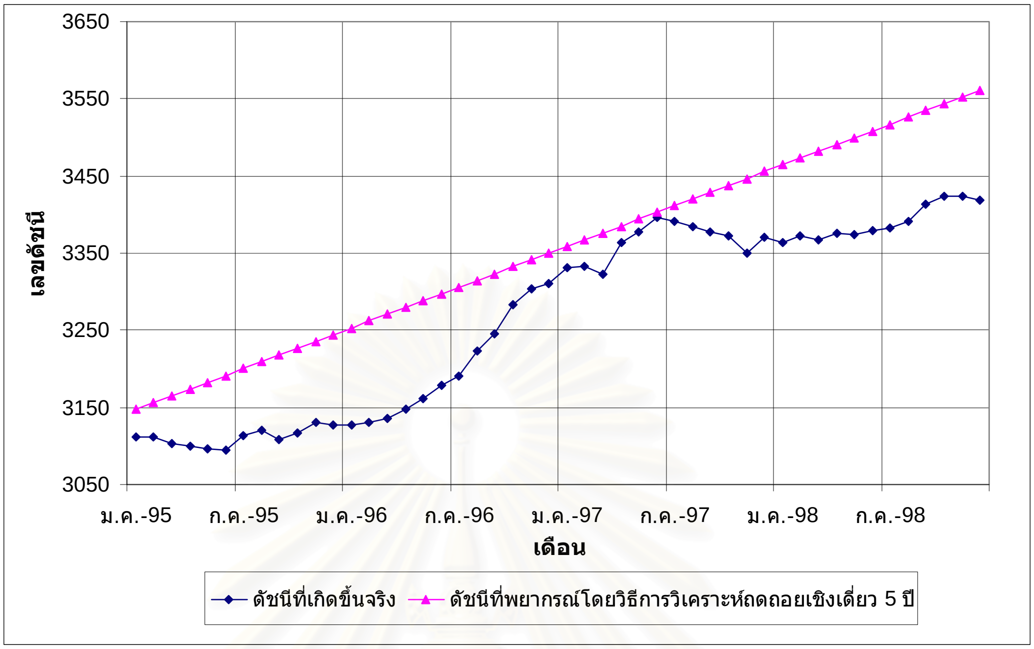
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -0.42(X+12) + 6.5943	422.394	12.795	614.280
2 ปี	Y = -0.154(X+24) + 6.7248	128.331	3.866	148.974
3 ปี	Y = 0.021(X+36) + 3.8109	107.767	3.317	121.051
4 ปี	Y = 0.0662(X+48) + 1.977	147.630	4.527	168.506
5 ปี	Y = 0.0502(X+60) + 1.866	128.982	3.962	148.894

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 5.11 และ 5.12 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 5 ปี พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 95.382



รูปที่ 5.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 5.13 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	**Y = 8.23(X+12) + 5354.1**	**79.955**	**1.379**	**92.395**
2 ปี	Y = 15.952(X+24) + 5109.6	173.564	3.024	181.657
3 ปี	Y = 17.384(X+36) + 4879.3	221.324	3.850	232.143
4 ปี	Y = 16.133(X+48) + 4714.2	174.134	3.032	182.787
5 ปี	Y = 14.387(X+60) + 4595.2	101.193	1.767	108.607

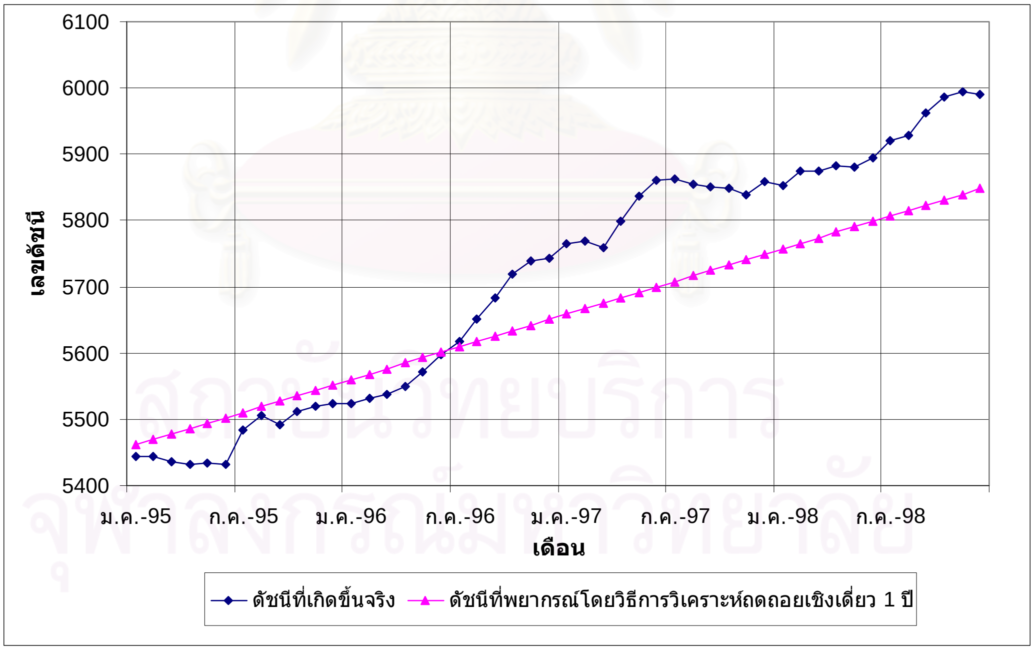
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์, X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 5.14 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -0.259(X+12) + 5.4829	475.027	8.299	892.781
2 ปี	Y = -0.071(X+24) + 5.0521	91.406	1.596	104.569
3 ปี	Y = 0.0205(X+36) + 3.4272	132.767	2.330	149.702
4 ปี	Y = 0.048(X+48) + 2.2249	191.292	3.344	205.701
5 ปี	Y = 0.0382(X+60) + 2.0627	167.947	2.939	182.935

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์, X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 5.13 และ 5.14 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 1 ปี พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 92.395



รูปที่ 5.12 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 1 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

5.3 สรุป

จากการวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ ดัชนีราคางานก่อสร้างโดยวิธีทางสถิติทั้งสามวิธี ที่จะนำไปเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการพยากรณ์ โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สามารถสรุปวิธีทางสถิติที่เหมาะสมได้ดังนี้

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 2 ปี ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 11.241

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 5 ปี ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 16.914

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 86.966

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 86.417

ส่วนการพยากรณ์โดย ENR จะนำไปเปรียบเทียบเฉพาะการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปีนั้นมีค่า RMSE ของผลการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เท่ากับ 43.252 และค่า RMSE ของผลการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เท่ากับ 50.374

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการวิจัย

ในบทนี้ จะแสดงผลการวิจัย ซึ่งได้จากการพัฒนา และวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ในบทที่ 4 แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์ที่ได้จากแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติและการพยากรณ์โดย ENR ในบทที่ 5 ซึ่งผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1) ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน
2) ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน
3) ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี
4) ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

ผลการวิจัยได้แสดง โครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาได้ โดยใช้หลักการ NGA และเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของดัชนีราคางานก่อสร้างที่พยากรณ์ได้จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับ ค่าดัชนีที่ได้จากการพยากรณ์โดย ENR และค่าดัชนีจากการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติอื่นๆ โดยเปรียบเทียบจากค่าความคลาดเคลื่อน 3 วิธีคือ MAD, MAPE และ RMSE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.1 ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA

6.1.1 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

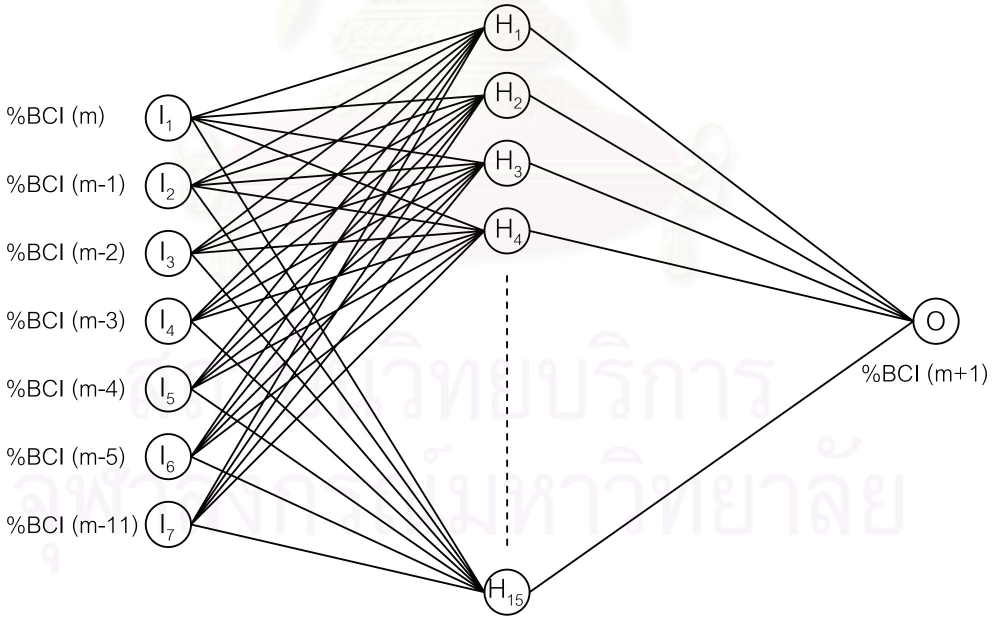
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 96 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 24 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 11.387 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

6.1.1.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยโนดของชั้นนำเข้า 7 โนด คือ %BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-5) และ %BCI (m-11)

6.1.1.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วย ชั้นซ่อน1 ชั้น ซึ่งมี โนดของชั้นซ่อน 15 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์ (Logistic Sigmoid) ทั้งหมด

6.1.1.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ %BCI (m+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 6.1



<u>หมายเหตุ</u> : I_1 ถึง I_7 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 7, H_1 ถึง H_{15} แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 ถึง 15 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 6.1 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

6.1.2 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

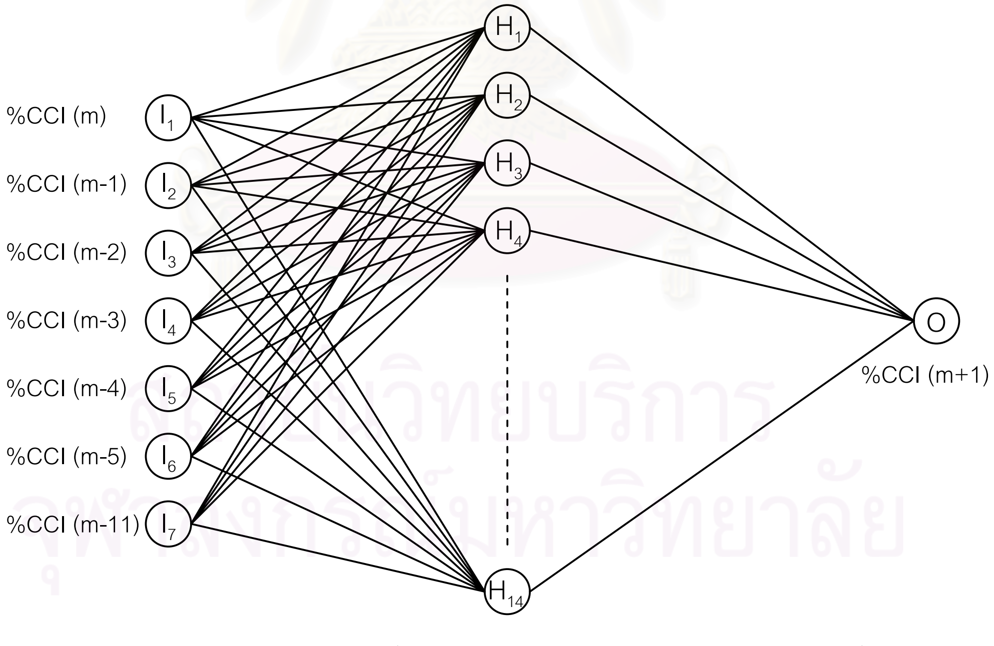
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 96 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 24 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 29.393 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

6.1.2.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้าประกอบด้วยโนดของชั้นนำเข้า 7 โนด คือ %CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5) และ %CCI (m-11)

6.1.2.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วยชั้นซ่อน1 ชั้นซึ่งมีโนดของชั้นซ่อน 14 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์ ทั้งหมด

6.1.2.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ %CCI (m+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 6.2



<u>หมายเหตุ</u> : I_1 ถึง I_7 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 7, H_1 ถึง H_{14} แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 ถึง 14 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 6.2 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

6.1.3 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

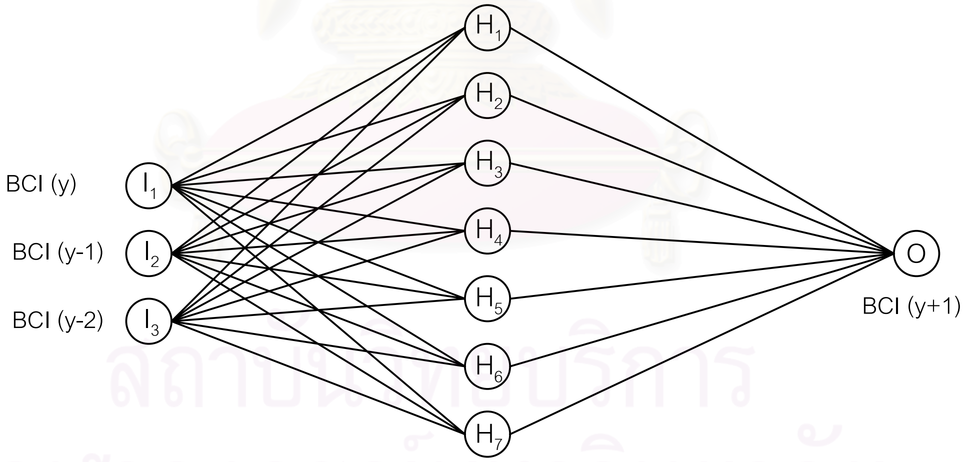
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 192 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 48 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 61.323 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

6.1.3.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย โนดของชั้นนำเข้า 3 โนด คือ BCI(y), BCI(y-1), BCI(y-2)

6.1.3.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วย ชั้นซ่อน1 ชั้น ซึ่งมี โนดของชั้นซ่อน 7 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์ 1 โนด, ฟังก์ชันแปลงค่าแบบลีเนียร์ (Linear) 6 โนด

6.1.3.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ BCI (y+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบลีเนียร์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 6.3



<u>หมายเหตุ</u> : I_1 ถึง I_3 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 3, H_1 ถึง H_7 แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 ถึง 7 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 6.3 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

6.1.4 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

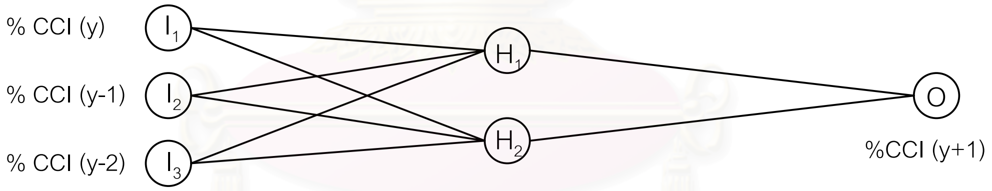
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 192 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 48 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 60.425 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

6.1.4.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย โนดของชั้นนำเข้า 3 โนด คือ % CCI(y), %CCI(y-1), % CCI(y-2)

6.1.4.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วย ชั้นซ่อน1 ชั้น ซึ่งมี โนดของชั้นซ่อน 2 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ซิกมอยด์ (Hyperbolic Tangent Sigmoid)

6.1.4.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ %CCI (y+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ซิกมอยด์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 6.4



หมายเหตุ : I_1 ถึง I_3 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 3, H_1 ถึง H_2 แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 ถึง 2 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 6.4 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

6.2 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างด้วยวิธี NGA ไปใช้งาน

6.2.1 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง

ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาเสร็จแล้วไปทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง โดยแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน ทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 24 ชุดข้อมูล ส่วนแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี ทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 48 ชุดข้อมูล สรุปผลได้ว่า

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 12.339, MAPE เท่ากับ 0.343 % และ RMSE เท่ากับ 16.365

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 22.646, MAPE เท่ากับ 0.351 % และ RMSE เท่ากับ 28.745

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 17.015, MAPE เท่ากับ 0.480 %และ RMSE เท่ากับ 20.744

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 30.648, MAPE เท่ากับ 0.485 % และ RMSE เท่ากับ 39.288

6.2.2 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาด้วยวิธี NGA และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาด้วยวิธี BP

งานวิจัยนี้ได้เลือกที่จะพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ด้วยวิธี NGA เพราะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า การพัฒนาด้วยวิธี BP ตามที่ได้อธิบายไปแล้วในบทที่ 3 เพื่อพิสูจน์คำอธิบายนั้น จึงได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP โดยใช้หลักการของ Yeh (1998) ในการกำหนดจำนวนชั้นซ่อน ของการทดลองโดยพิจารณาจำนวนโนด ของข้อมูลนำเข้า แล้วกำหนด จำนวนโนดของชั้นซ่อน ให้มีจำนวนน้อยกว่าหนึ่งเท่า

เท่ากัน และมากกว่าหนึ่งเท่าของจำนวนโนด ของข้อมูลนำเข้า โดยเลือกใช้ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์

การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP จะใช้โครงสร้างของแบบจำลองและชุดข้อมูลในการพัฒนาเหมือนกับ การพัฒนาด้วยวิธี NGA แต่จะแตกต่างกันที่ การพัฒนาด้วยวิธี BP กำหนดให้มีการทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างแต่ละชนิด เป็นจำนวน 4 รูปแบบ แล้วเลือกแบบจำลองรูปแบบที่มี ค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบน้อยที่สุด ไปเปรียบเทียบ กับ การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี NGA ต่อไป ซึ่งผลของการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP แสดงผลในตารางดังนี้

ตารางที่ 6.1 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน

รูปแบบ	จำนวนข้อมูลนำเข้า	จำนวนโนดของชั้นซ่อน	RMSE
1.1	7	4	**10.724**
1.2	7	7	11.179
1.3	7	14	11.147
1.4	7	7, 7 (2 ชั้น)	11.292

ตารางที่ 6.2 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน

รูปแบบ	จำนวนข้อมูลนำเข้า	จำนวนโนดของชั้นซ่อน	RMSE
2.1	7	4	60.550
2.2	7	7	60.116
2.3	7	14	59.944
2.4	7	7, 7 (2 ชั้น)	**58.773**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี

รูปแบบ	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**จำนวนโนดของชั้นซ่อน**	RMSE
3.1	3	2	90.086
3.2	3	3	**72.870**
3.3	3	6	79.226
3.4	3	3, 3 (2 ชั้น)	78.389

ตารางที่ 6.4 การทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี

รูปแบบ	**จำนวนข้อมูลนำเข้า**	**จำนวนโนดของชั้นซ่อน**	RMSE
4.1	3	2	79.387
4.2	3	3	**72.857**
4.3	3	6	83.001
4.4	3	3, 3 (2 ชั้น)	82.181

ผลการวิเคราะห์หารูปแบบของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง จากตารางที่ 6.1, 6.2, 6.3 และ 6.4 สรุปได้ดังนี้

รูปแบบที่เหมาะสมของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน คือ รูปแบบที่ 1.1 มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 10.724 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนโนดของชั้นซ่อน 4 โนด

รูปแบบที่เหมาะสมของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน คือ รูปแบบที่ 2.4 มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 58.773 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนโนดของชั้นซ่อน 7, 7 โนด (2 ชั้น)

รูปแบบที่เหมาะสมของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี คือ รูปแบบที่ 3.2 มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 72.870 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนโนดของชั้นซ่อน 3 โนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปแบบที่เหมาะสมของชั้นซ่อน สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี BP เพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี คือ รูปแบบที่ 4.2 มีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 72.857 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนโนดของชั้นซ่อน 3 โนด

จากการทดลองหารูปแบบของชั้นซ่อน ทำให้สามารถเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP ที่เหมาะสม มาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนกับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA โดยใช้ข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า

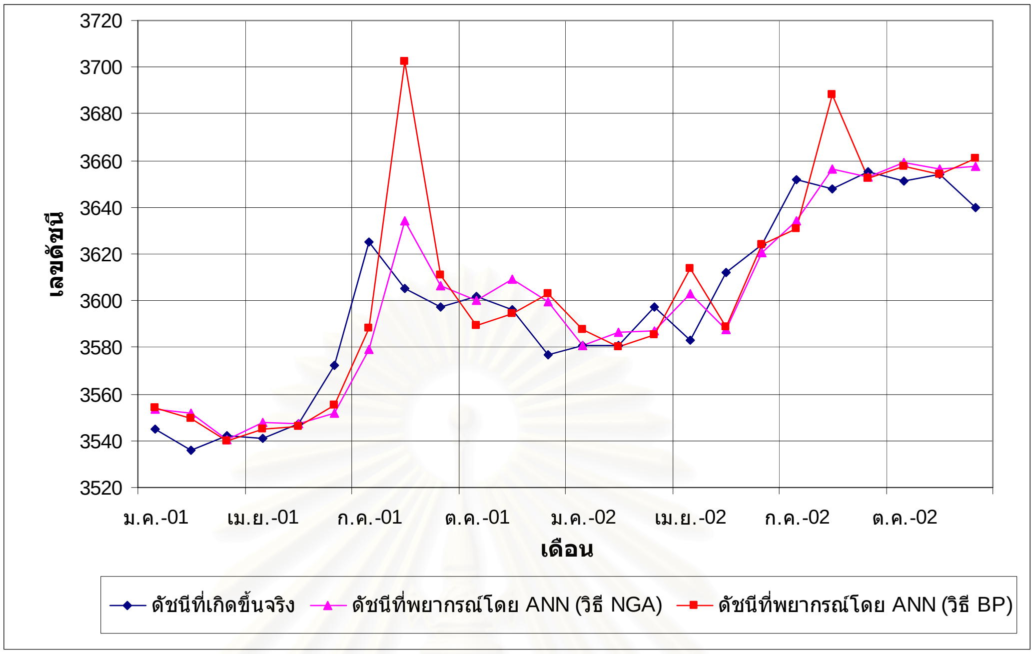
การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 12.339, MAPE เท่ากับ 0.343 % และ RMSE เท่ากับ 16.365 ในขณะที่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 16.642, MAPE เท่ากับ 0.462 % และ RMSE เท่ากับ 26.344

การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 22.646, MAPE เท่ากับ 0.351 % และ RMSE เท่ากับ 28.745 ในขณะที่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 24.058, MAPE เท่ากับ 0.372 % และ RMSE เท่ากับ 29.470

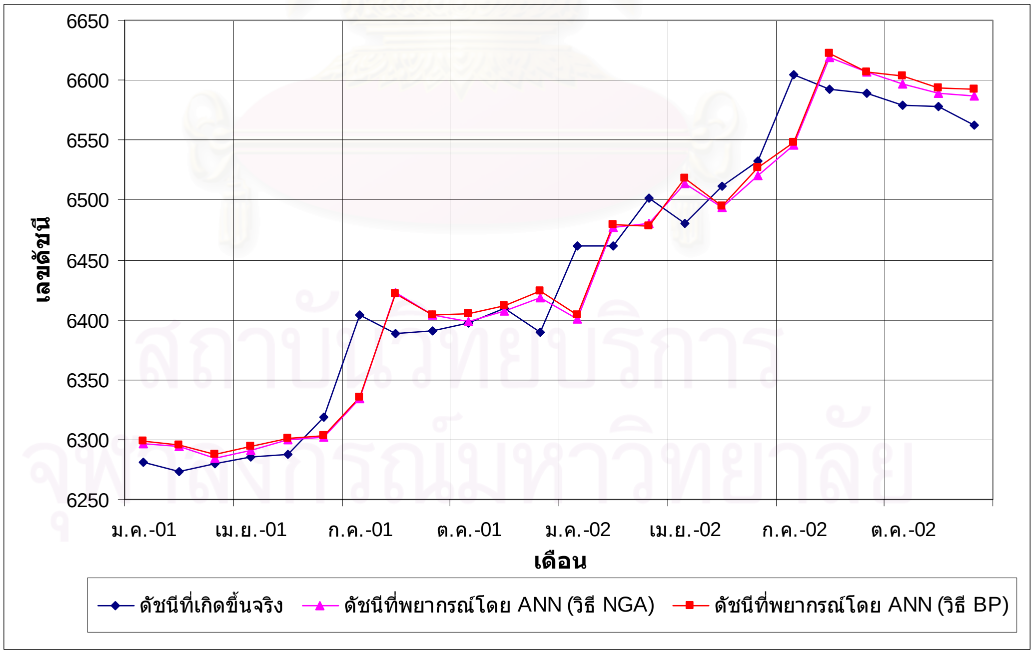
การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 17.015, MAPE เท่ากับ 0.480 % และ RMSE เท่ากับ 20.744 ในขณะที่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 41.018, MAPE เท่ากับ 1.146 % และ RMSE เท่ากับ 48.605

การพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 30.648, MAPE เท่ากับ 0.485 % และ RMSE เท่ากับ 39.288ในขณะที่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 37.070, MAPE เท่ากับ 0.591 % และ RMSE เท่ากับ 47.399

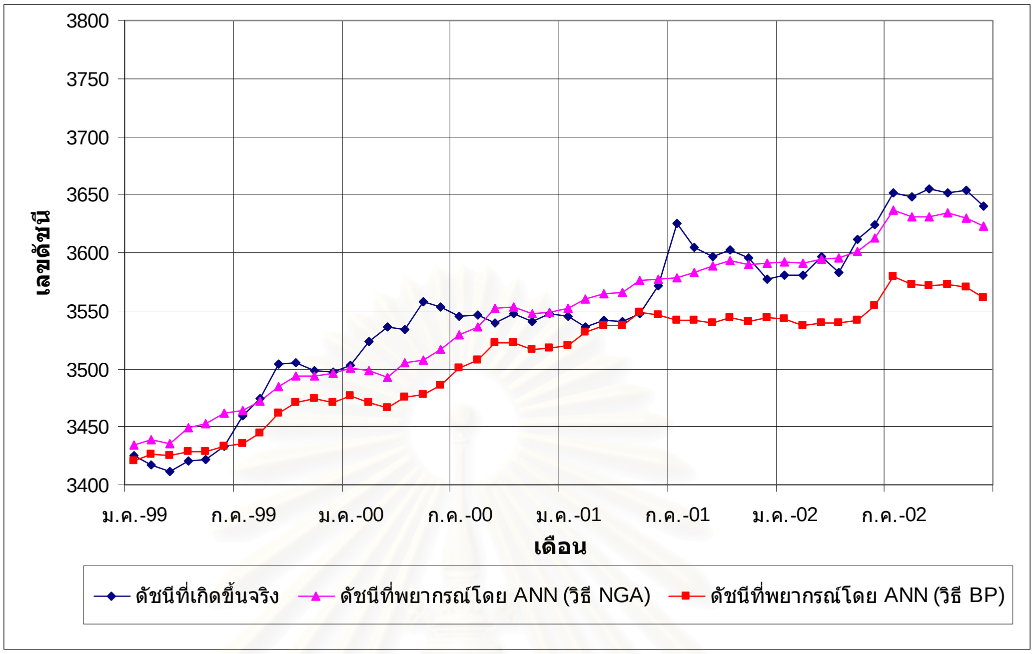
จากผลการเปรียบเทียบ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA กับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP ด้วยข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA ทั้ง 4 ชนิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสามชนิดต่ำกว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างได้แม่นยำกว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP



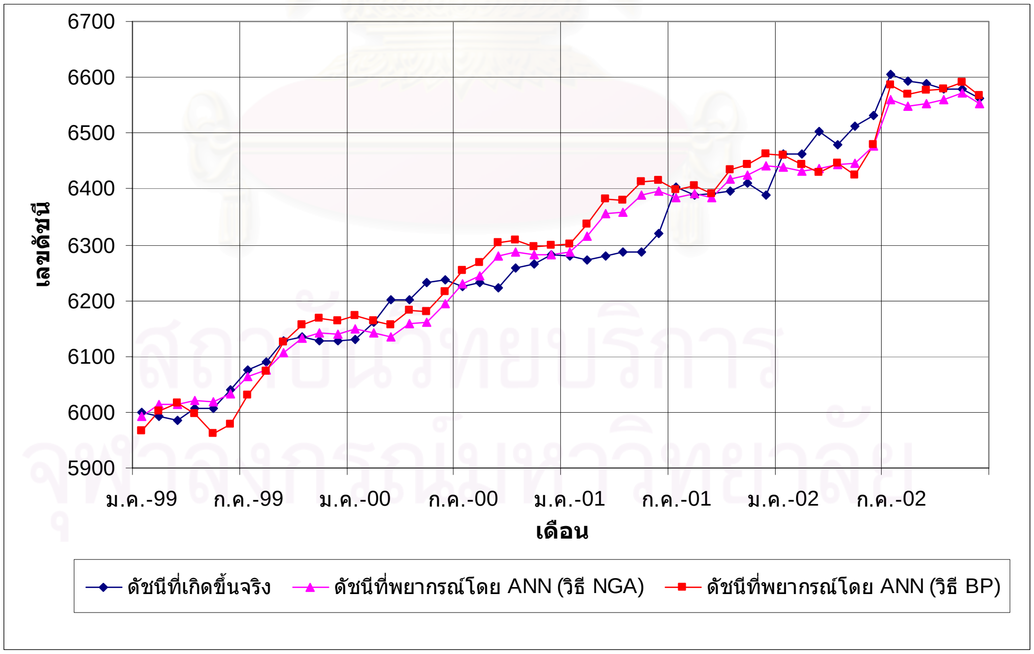
รูปที่ 6.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี BP) และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)

6.2.3 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA และแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และแบบจำลองด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า

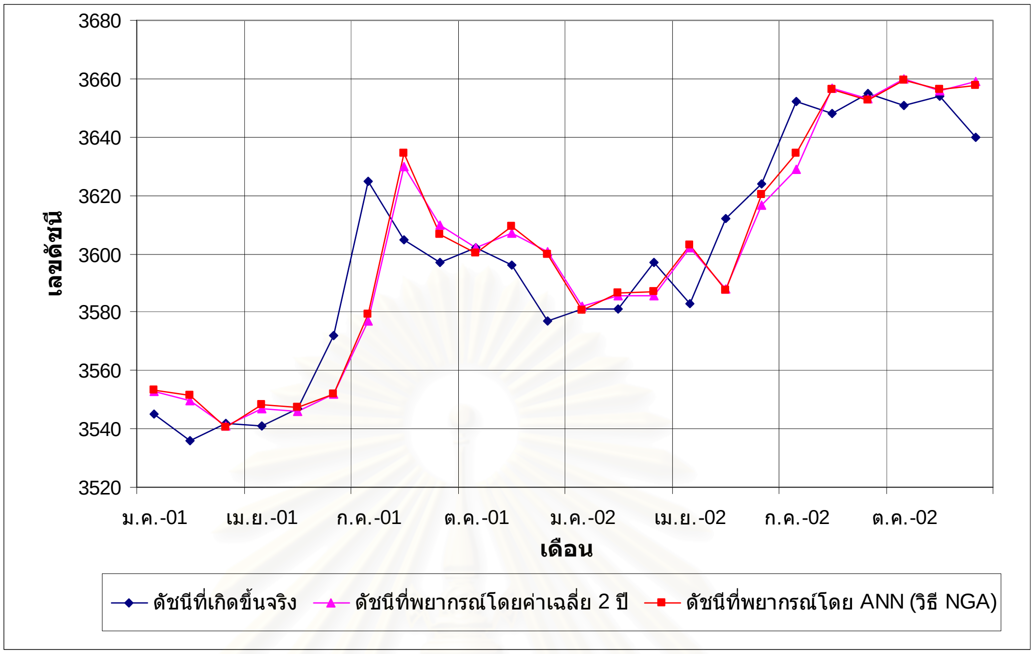
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 12.339, MAPE เท่ากับ 0.343 % และ RMSE เท่ากับ 16.365 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 2 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 12.568, MAPE เท่ากับ 0.349 % และ RMSE เท่ากับ 16.692

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 22.646, MAPE เท่ากับ 0.351 % และ RMSE เท่ากับ 28.745 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 23.163, MAPE เท่ากับ 0.358 % และ RMSE เท่ากับ 29.248

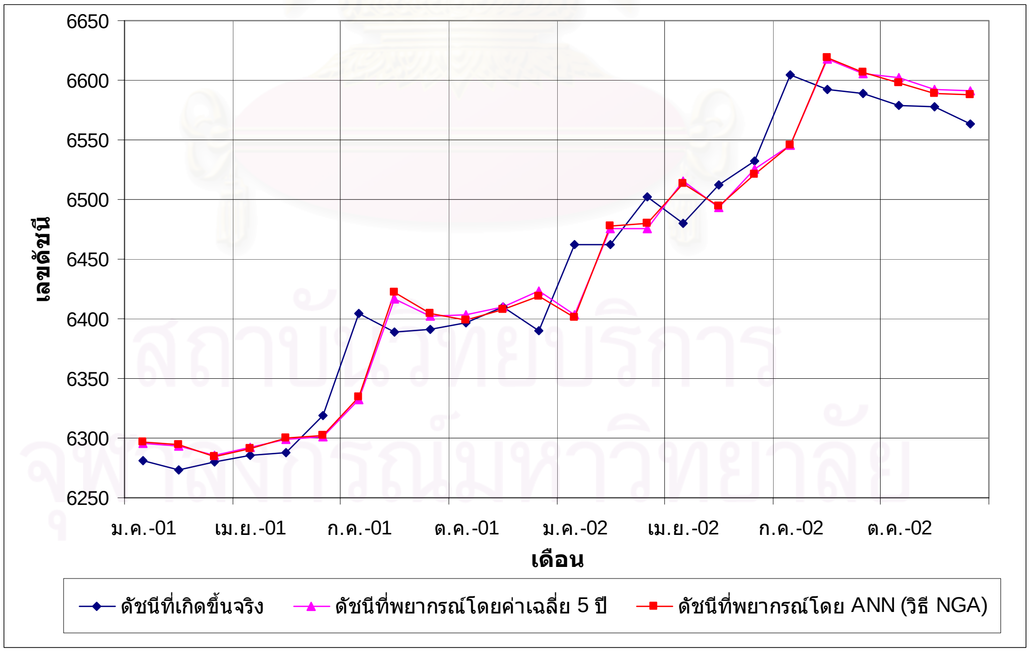
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 17.015, MAPE เท่ากับ 0.480 %และ RMSE เท่ากับ 20.744 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 61.692, MAPE เท่ากับ 1.737 % และ RMSE เท่ากับ 68.061

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 30.648, MAPE เท่ากับ 0.485 % และ RMSE เท่ากับ 39.288 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายปีในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 48.230, MAPE เท่ากับ 0.773 % และ RMSE เท่ากับ 58.986

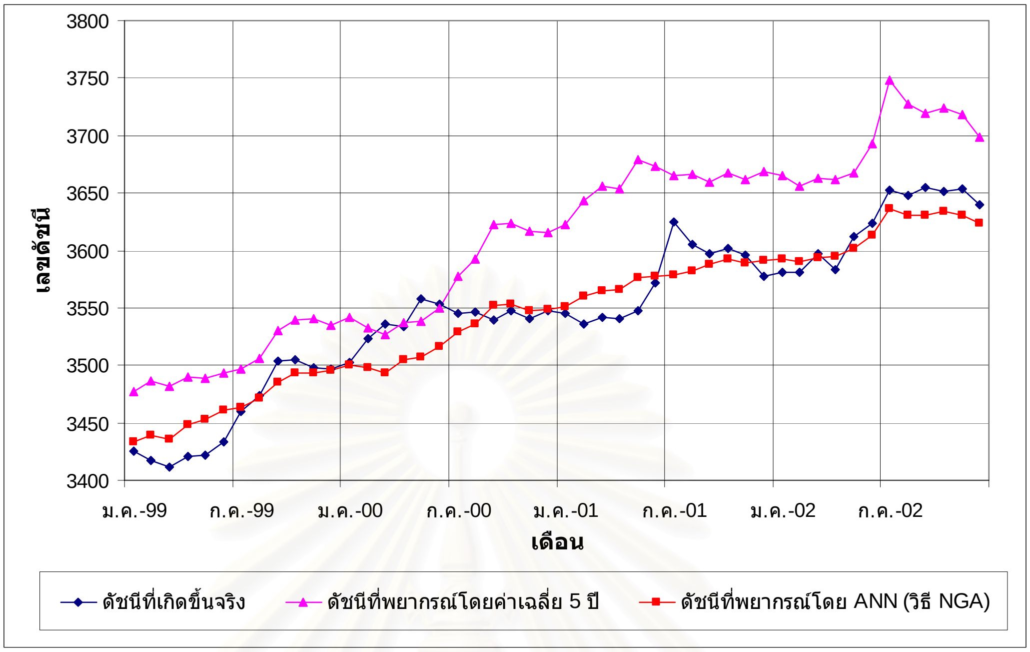
จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับ แบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ ด้วยข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทั้ง 4 ชนิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสามชนิดต่ำกว่าแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างได้แม่นยำกว่า แบบจำลองโดยวิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ



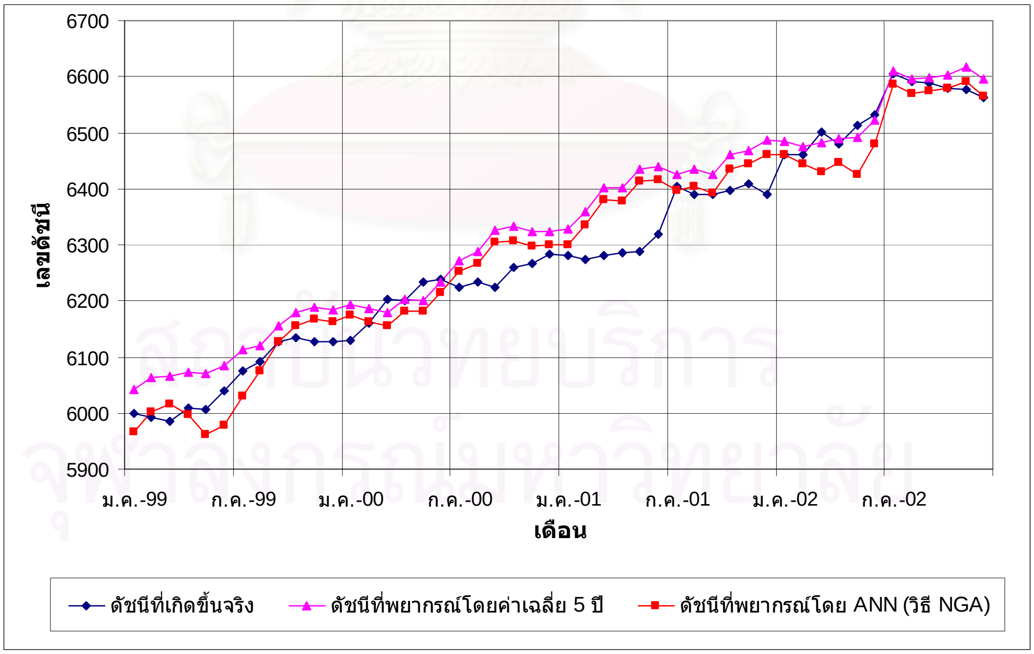
รูปที่ 6.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 2 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.12 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)

6.2.4 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA และการพยากรณ์โดย ENR

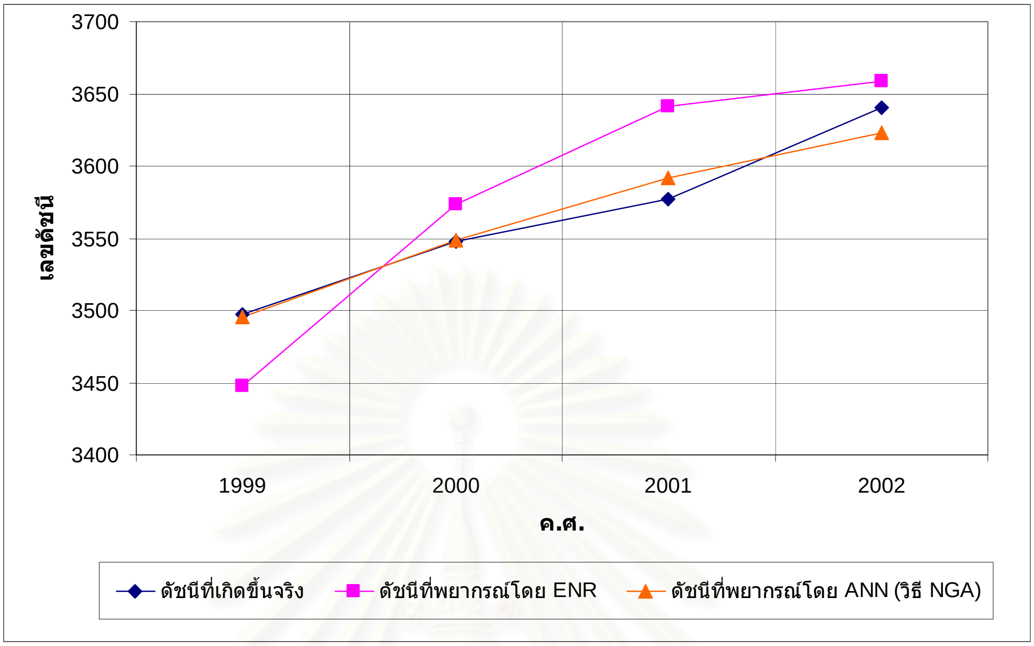
การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และการพยากรณ์โดย ENR จะเปรียบเทียบได้เฉพาะการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี เนื่องจาก ENR มีการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปีเท่านั้น โดยจะพยากรณ์จากเดือนธันวาคมในปีนั้น ไปยังธันวาคมในปีถัดไป ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ตรวจสอบความถูกต้องจึงมี 4 ชุดข้อมูล ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว ซึ่งผลการเปรียบเทียบพบว่า

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 8.500, MAPE เท่ากับ 0.236 %และ RMSE เท่ากับ 11.068 ในขณะที่ การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 39.250, MAPE เท่ากับ 1.104 % และ RMSE เท่ากับ 43.252

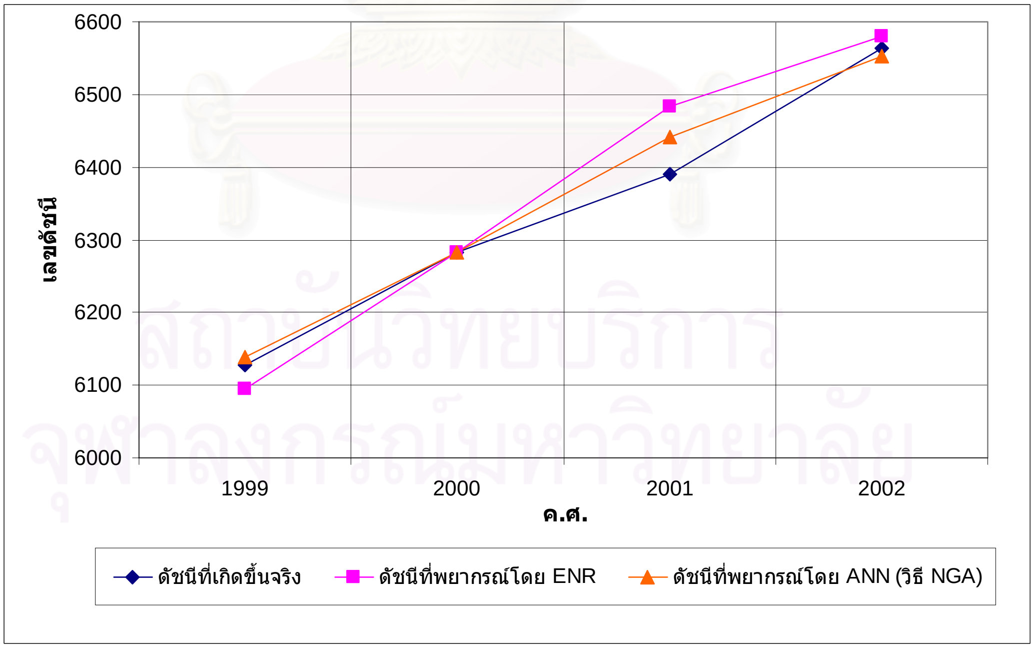
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 18.250, MAPE เท่ากับ 0.287 %และ RMSE เท่ากับ 26.669 ในขณะที่ การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 36.000, MAPE เท่ากับ 0.567 % และ RMSE เท่ากับ 50.374

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง และเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดย ENR พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทั้ง 2 ชนิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสามชนิดต่ำกว่าแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้างได้แม่นยำกว่า การพยากรณ์โดย ENR ที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบในช่วงเวลา 4 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.13 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) ดัชนีจาก ENR และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 6.14 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (วิธี NGA) ดัชนีจาก ENR และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)

6.2.5 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA และแบบจำลองการพยากรณ์ของงานวิจัยที่ผ่านมา

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ในบทที่ 2 พบว่า งานวิจัยแต่ละชิ้นได้อ้างถึงค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองแต่ละแบบ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำมาเพื่อเปรียบเทียบ กับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA โดยมีรายละเอียดดังนี้

Hanna และ Blair (1993) ได้สร้างแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน เมื่อนำไปทดสอบกับชุดข้อมูลที่ถูกแยกเก็บไว้ทดสอบจำนวน 12 ชุดข้อมูล พบว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01% ถึง 1.55% ในขณะที่แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA ซึ่งทดสอบด้วยชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 24 ชุดข้อมูล มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.02% ถึง 1.10% จากการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองของ Hanna และ Blair (1993) มีค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุด (0.01%) ต่ำกว่าค่าความผิดพลาดที่ต่ำที่สุด (0.02%) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA แต่ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA ก็มีค่าความผิดพลาดที่สูงที่สุด (1.10%) ต่ำกว่า ค่าความผิดพลาดที่สูงที่สุด (1.55%) ของแบบจำลองของ Hanna และ Blair (1993) ซึ่งแสดงว่า แบบจำลองโครงข่ายปราสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีขอบเขตของความผิดพลาดต่ำกว่า แบบจำลองของ Hanna และ Blair (1993) นั่นเอง

ต่อมา Hanna และ Chao (1994) ได้สร้างแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI และ CCI ล่วงหน้า 1 ปี เมื่อนำไปทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบจำนวน 10 ชุดข้อมูล พบว่ามีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด เท่ากับ 0.89% ถึง 0.57% สำหรับ BCI และ CCI ตามลำดับ ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA เมื่อนำไปทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 48 ชุดข้อมูล พบว่ามีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด เท่ากับ 0.48% ถึง 0.49% สำหรับ BCI และ CCI ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาด ต่ำกว่า แบบจำลองของ Hanna และ Chao (1994)

Williams (1994) ได้สร้างแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน แล้วนำแบบจำลองไปทดสอบเปรียบเทียบกับ แบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล จากการเปรียบเทียบพบว่าแบบจำลองของ Williams (1994) มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า แบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ที่นำมาเปรียบเทียบ

ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ดังที่ได้แสดงในหัวข้อที่ 6.2.3 แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองของ Williams (1994) เมื่อใช้แบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นสิ่งเปรียบเทียบ

Sinha และ Mckim (1997) ได้สร้างแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน แล้วนำแบบจำลองไปทดสอบเปรียบเทียบกับ แบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล จากการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองของ Sinha และ Mckim (1997) มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า แบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ที่นำมาเปรียบเทียบ ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีที่นำมาเปรียบเทียบ จากการเปรียบเทียบทั้งสอง พบว่า ทั้งแบบจำลองของ Sinha และ Mckim (1997) และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าแบบจำลองที่พยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเดี่ยว และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล เช่นเดียวกัน แต่แบบจำลองของ Sinha และ Mckim (1997) มีสิ่งที่เป็นข้อด้อยคือ ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับ ความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง ซึ่งจะไม่แน่นอนแล้วแต่ผู้ใช้งานแบบจำลอง ส่วนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA จะไม่มีผลเช่นนี้ เนื่องจากรูปแบบของข้อมูลนำเข้าเป็นแบบอนุกรมเวลา ไม่ต้องมีการพยากรณ์ค่าก่อนนำไปใช้

อนึ่ง การเปรียบเทียบในหัวข้อนี้ ระหว่าง งานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา กับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลในคนละช่วงเวลา เนื่องจากข้อจำกัดของการพัฒนาแบบจำลอง การเปรียบเทียบนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเปรียบเทียบผลระหว่างการพัฒนาแบบจำลองแบบต่างๆ

บทที่ 7

แนวทางการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย

จากเนื้อหางานวิจัยที่กล่าวมา เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ดัชนีราคางานก่อสร้างเผยแพร่โดย ENR ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายใน สหรัฐอเมริกาและแคนาดา ดัชนีราคางานก่อสร้าง ENR เป็นการเปรียบเทียบราคาหรือราคาของการก่อสร้างในช่วงเวลาต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยที่ดัชนีราคางานก่อสร้างประกอบจาก 2 ส่วนคือ ส่วนที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงค่าแรงคนงาน กับส่วนที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุก่อสร้าง ซึ่งรายละเอียดได้อธิบายแล้วในบทที่ 2

ในส่วนของประเทศไทย ไม่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลดัชนีราคางานก่อสร้าง ในลักษณะเดียวกับ ENR แต่จะมีการจัดในลักษณะของ ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ซึ่งไม่ได้รวมถึง การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงคนงาน เช่นเดียวกับ ENR จึงทำให้การนำไปใช้งานมีความแตกต่างกัน

สำหรับดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทยนั้น ยังไม่ได้มีกำหนดวิธีที่จะใช้ในการพยากรณ์ดัชนีราคาล่วงหน้าอย่างเป็นทางการ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างต่อไป

7.1 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง

7.1.1 ความหมาย

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (Construction Materials Price Index, CMPI) หรือที่เรียกว่าดัชนีราคาขายส่งวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากเป็น ดัชนีราคาที่วัดการเปลี่ยนแปลงของราคาสินค้าที่ซื้อขายกัน ในระดับขายส่งในเวลาใดเวลาหนึ่ง เปรียบเทียบกับราคาสินค้าชนิดเดียวกันในปีฐาน ต่อมามีความพยายามที่จะปรับปรุงการจัดทำดัชนีราคาขายส่งให้มีลักษณะและรูปแบบเป็นดัชนีราคาผู้ผลิต และจัดทำโดยเผยแพร่เป็นดัชนีราคาผู้ผลิตเพียงอย่างเดียว เพื่อให้สอดคล้องกับสิ่งที่ประเทศอื่นทำ แต่เนื่องจากมีผู้ใช้จำนวนมากเรียกร้องให้มีการจัดทำดัชนีราคาขายส่งต่อไปตามเดิม เพราะได้ใช้ประโยชน์เป็นอันมาก ประกอบกับการซื้อขายสินค้าในระบบเศรษฐกิจไทยยังคงมีระดับที่เรียกว่าขายส่งอยู่ ดังนั้นจึงได้มีการจัดทำเผยแพร่ดัชนีราคาขายส่งต่อไป โดยมีการจัดหมวดสินค้าเพื่อให้สอดคล้องกับระบบขายส่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.2 ความเป็นมาของการจัดทำดัชนีราคา ในประเทศไทย

แนวคิด และวิธีการจัดทำดัชนีราคาตามที่ใช้อยู่ในประเทศไทย เป็นสิ่งที่ต่างประเทศได้พัฒนาปรับปรุงมาเป็นเวลากว่า 100 ปี และเมื่อพัฒนาจนอยู่ในรูปแบบที่ค่อนข้างสมบูรณ์แล้ว จึงได้มีการนำมาใช้ในประเทศไทยเมื่อ ประมาณ 60 ปีเศษที่ผ่านมา (เศรษฐกิจการพาณิชย์, 2537)

ในประเทศไทย มีความสนใจในการที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงของระดับราคาสินค้ามานานแล้ว ได้รวบรวมสถิติราคามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2481 และต่อมาได้มีความริเริ่มที่จะทำดัชนีราคาขึ้นโดยกรมการสนเทศ ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็นกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2517 แต่ในปัจจุบันนี้หน่วยงานที่เป็นผู้จัดทำดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างคือ สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์

เนื่องจากอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยี โดยมีการใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เพิ่มขึ้น อีกทั้งคุณภาพและความนิยมใช้ สินค้าวัสดุก่อสร้างได้เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น เพื่อให้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างมีความถูกต้องและทันสมัย จึงต้องมีการปรับปรุงน้ำหนักรายการสินค้าต่างๆ (ทั้งเพิ่มเติมหรือตัดรายการสินค้าบางชนิด) และโครงสร้างการจัดทำดัชนีเพื่อให้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของราคาวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

การปรับปรุงดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างครั้งล่าสุด เป็นการปรับน้ำหนักรายการสินค้าและปีฐานการคำนวณดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างจากปี 2528 เป็นปี 2538นี้ โดยใช้ข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตล่าสุด คือ ปี 2538 ที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติจัดทำและเสร็จสมบูรณ์ในปี 2542 สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้าเริ่มคำนวณดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างปีฐาน 2538 ครั้งแรกในเดือนมกราคม 2543

7.1.3 การใช้ประโยชน์

ในปัจจุบันได้มีการใช้ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ในการหาค่า K (Escalation Factor) สำหรับใช้ในสัญญาชนิดที่มีข้อให้ปรับราคาได้ในการประมูล หรือในการจ้างเหมาก่อสร้างอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ ยังใช้ประกอบการศึกษาภาวะธุรกิจก่อสร้าง หรือการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุก่อสร้าง รวมทั้งการทำนายราคาในอนาคต

7.1.4 สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ในการคำนวณดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง สิ่งที่ต้องดำเนินการคือ กำหนดปีฐานและหมวดหมู่ของสินค้าที่ต้องการให้รวมอยู่ในดัชนี จากนั้นก็จะกำหนดน้ำหนักของสินค้า โดยพิจารณาความสำคัญของสินค้าตามลำดับมูลค่าการซื้อขายในระดับขายส่ง เมื่อจัดเก็บข้อมูลราคาแล้วก็จะนำมาคำนวณโดยใช้สูตรดัดแปลงของลาสแปร์ (Laspeyres) ซึ่งมีสูตรคือ

$$I^{o,t} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i^{o} P_i^{t-1}) \times \frac{P_i^{t}}{P_i^{t-1}}}{\sum_{i=1}^{n} (Q_i^{o} P_i^{t-1})} \times I^{o,t-1} \qquad (7.1)$$

โดยที่ $I^{o,t}$ เป็น ดัชนี ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (t) เปรียบเทียบกับดัชนี ณ เวลาในปีฐาน (o)

Q_i^{o} เป็น ปริมาณสินค้าแต่ละรายการ (i) ในปีฐาน ในที่นี้ใช้เป็นน้ำหนัก

P_i^{t} เป็น ราคาเฉลี่ยของสินค้าแต่ละรายการในเดือนปัจจุบัน

P_i^{t-1} เป็น ราคาเฉลี่ยของสินค้าแต่ละรายการในเดือนก่อนหน้า

$I^{o,t-1}$ เป็น ดัชนีในเดือนก่อนหน้า (t-1) เปรียบเทียบกับดัชนี ณ เวลาในปีฐาน (o)

$(Q_i^{o} P_i^{t-1})$ เป็น มูลค่าสินค้าขายส่งแต่ละรายการในเดือนก่อนหน้า (t-1)

n เป็น จำนวนรายการสินค้าทั้งหมดสำหรับคำนวณดัชนี

7.1.5 การจำแนกหมวดหมู่และกำหนดรายการสินค้า

การจัดหมวดหมู่สินค้าและการกำหนดรายการสินค้า เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่งของการจัดทำดัชนี การจัดหมวดหมู่และกำหนดรายการสินค้าที่เหมาะสม เพื่อเป็นตัวแทนจะสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงตัวเลขดัชนีได้อย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับสถานการณ์ทางเศรษฐกิจ โดยที่ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ถูกแบ่งออกเป็น 9 หมวด ดังนี้

1. หมวดไม้และผลิตภัณฑ์ไม้
2. หมวดซีเมนต์
3. หมวดผลิตภัณฑ์คอนกรีต
4. หมวดเหล็กและผลิตภัณฑ์เหล็ก
5. หมวดกระเบื้องและวัสดุประกอบ
6. หมวดวัสดุฉาบผิวอย่างหยาบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. หมวดเครื่องสุขภัณฑ์
8. หมวดอุปกรณ์ไฟฟ้าและประปา
9. หมวดวัสดุก่อสร้างอื่นๆ

เมื่อได้หมวดสินค้าแล้ว ก็จะต้องมากำหนดรายการสินค้าในแต่ละหมวดซึ่งจะมีสินค้าหลายตัวในแต่ละรายการก็ได้ หรือจะมีเพียงตัวเดียวก็ได้

จากการปรับปรุงดัชนีราคาวัสดุครั้งล่าสุดการแบ่งหมวดสินค้าในดัชนีชุดใหม่ยังคงใกล้เคียงกับของเดิม คือมี 9 หมวดใหญ่ แต่ได้เพิ่มการจัดหมวดย่อยขึ้นมา เพื่อความชัดเจนและนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น มีการเพิ่มรายการสินค้าใหม่ที่มีความสำคัญ 30 รายการ และตัดรายการสินค้าที่มีการใช้น้อยออกไป 27 รายการ เป็นผลให้รายการสินค้าในโครงสร้างปี 2538 มีทั้งสิ้น 123 รายการ จากเดิม (ปี 2528) มี 120 รายการ (ดัชนีเศรษฐกิจการค้า, 2546) รายละเอียดของรายการสินค้าอยู่ในภาคผนวก ข

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างนอกจากจะมีการแบ่งหมวดสินค้าเป็น 9 หมวดใหญ่แล้วยังมีการจัดทำเป็นดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง รวมทุกหมวดสินค้า ดัชนีนี้เป็นส่วนประกอบของ ดัชนีทั้ง 9 หมวดใหญ่ ตามสัดส่วนในปีฐาน พ.ศ.2538 ดังนี้

หมวดสินค้า	**สัดส่วน (ร้อยละ)**
ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้	10.10
ซีเมนต์	13.00
ผลิตภัณฑ์คอนกรีต	14.91
เหล็กและผลิตภัณฑ์จากเหล็ก	27.25
กระเบื้องและวัสดุประกอบ	5.65
วัสดุฉาบผิวอย่างหยาบ	1.83
สุขภัณฑ์	1.05
อุปกรณ์ไฟฟ้าและประปา	9.14
วัสดุก่อสร้างอื่นๆ	17.07
รวมทุกหมวด	**100.00**

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง รวมทุกหมวด เป็นดัชนีที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงของราคาวัสดุก่อสร้างในประเทศไทยทุกหมวดสินค้า ในงานวิจัยนี้ จึงได้เลือกที่จะพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีชนิดนี้ เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาดัชนีชนิดอื่นๆ ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเผยแพร่โดย ENR พบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการทางสถิติที่นำมาเปรียบเทียบทั้ง 3 วิธี จึงเป็นแนวทางที่ดี ที่จะนำรูปแบบของแบบจำลอง มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของประเทศไทย ซึ่งยังมิได้มีหน่วยงานได้จัดทำขึ้นอย่างเป็นทางการ โดยที่จะมีการพัฒนาแบบจำลอง และวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับวิธีทางสถิติอื่นๆ เช่นเดียวกัน

7.2.1 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

โดยปกติ สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า จะมีการเผยแพร่การเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างรายเดือนในทุกๆ สัปดาห์ที่ 1 ของทุกเดือน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของราคาที่เกิดขึ้นในเดือนที่แล้ว เช่น ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างที่เผยแพร่ในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนสิงหาคม จะเป็นค่าที่สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของราคาวัสดุในเดือนกรกฎาคม

ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน จะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของดัชนีถึงเดือนล่าสุด เพื่อที่พยากรณ์ดัชนีราคาของเดือนถัดไป เช่น ถ้าปัจจุบันเป็นสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนกรกฎาคม ก็จะใช้ข้อมูลดัชนีราคาถึงเดือนกรกฎาคม เพื่อที่จะพยากรณ์ค่าดัชนีราคาของซึ่งจะเผยแพร่ในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนสิงหาคมต่อไป

7.2.1.1 การวิเคราะห์หากลุ่มข้อมูลนำเข้า

การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน (m+1) เลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ที่ใช้หลักการอนุกรมเวลา มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 เดือนย้อนหลัง ซึ่งนับเดือนปัจจุบันด้วย (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5) ร่วมกับ ส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เป็น ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m-11) รวมเป็นข้อมูลนำเข้า 7 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้นจากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 2 เดือนย้อนหลัง ร่วมกับ ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m, m-1, m-11) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของเดือนก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 7 ตัว (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5, m-11)

จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 5 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 10 รูปแบบ

ตารางที่ 7.1 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

รูปแบบ	**กลุ่มข้อมูลนำเข้า**	RMSE
1.1	CMPI (m), CMPI (m-1), CMPI (m-11)	1.190
1.2	CMPI (m), CMPI (m-1), CMPI (m-2), CMPI (m-11)	1.205
1.3	CMPI (m), CMPI (m-1), CMPI (m-2), CMPI (m-3), CMPI (m-11)	1.253
1.4	CMPI (m), CMPI (m-1), CMPI (m-2), CMPI (m-3), CMPI (m-4), CMPI (m-11)	1.249
1.5	CMPI (m), CMPI (m-1), CMPI (m-2), CMPI (m-3), CMPI (m-4), CMPI (m-5), CMPI (m-11)	1.317
1.6	% CMPI (m), % CMPI (m-1), % CMPI (m-11)	**1.068**
1.7	% CMPI (m), % CMPI (m-1), % CMPI (m-2), % CMPI (m-11)	1.069
1.8	% CMPI (m), % CMPI (m-1), % CMPI (m-2), % CMPI (m-3), % CMPI (m-11)	1.078
1.9	% CMPI (m), % CMPI (m-1), % CMPI (m-2), % CMPI (m-3), % CMPI (m-4), % CMPI (m-11)	1.085
1.10	%CMPI(m), %CMPI(m-1), %CMPI(m-2), %CMPI(m-3), %CMPI(m-4), %CMPI(m-5), %CMPI(m-11)	1.070

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 1.6 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 1.068 ที่ข้อมูลนำเข้า 3 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 7.2

$$\% \text{ CMPI } (m+1) = \{\% \text{ CMPI } (m), \% \text{ CMPI } (m-1), \% \text{ CMPI } (m-11)\} \qquad (7.2)$$

ตารางที่ 7.2 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 7.2

%CMPI (m)	%CMPI (m-1)	%CMPI (m-11)
3.863	-1.981	-0.473
3.554	-0.970	-1.981
0.638	0.082	-0.970
0.079	-1.794	0.082

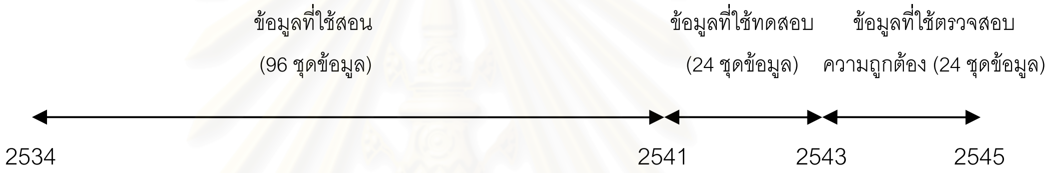
7.2.1.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือนได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

7.2.1.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 96 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2534 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2541

7.2.1.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2542 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2543

7.2.1.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 24 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2544 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2545



รูปที่ 7.1 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

7.2.2 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

ในการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี จะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของดัชนีถึงเดือนล่าสุด เพื่อที่พยากรณ์ดัชนีราคาของเดือนเดียวกันของปีถัดไป เช่น ถ้าปัจจุบันเป็นสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนกรกฎาคม ก็จะใช้ข้อมูลดัชนีราคาถึงเดือนกรกฎาคม เพื่อที่จะพยากรณ์ค่าดัชนีราคาของซึ่งจะเผยแพร่ในสัปดาห์ที่ 1 ของเดือนกรกฎาคมของปีถัดไป

7.2.2.1 การวิเคราะห์หากลุ่มข้อมูลนำเข้า

การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี (y+1) เลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ที่ใช้หลักการอนุกรมเวลา มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 ปีย้อนหลัง ซึ่งนับปีปัจจุบันด้วย (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) แต่ไม่มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เนื่องจากเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี จึงรวมเป็นข้อมูลนำเข้า 6 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้น

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 3 ปีย้อนหลัง (y, y-1, y-2) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของปีก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 6 ตัว (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 4 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 8 รูปแบบ

ตารางที่ 7.3 การวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

รูปแบบ	กลุ่มข้อมูลนำเข้า	RMSE
2.1	CMPI (y), CMPI (y-1), CMPI (y-2)	4.239
2.2	CMPI (y), CMPI (y-1), CMPI (y-2), CMPI (y-3)	4.239
2.3	CMPI (y), CMPI (y-1), CMPI (y-2), CMPI (y-3), CMPI (y-4)	4.271
2.4	CMPI (y), CMPI (y-1), CMPI (y-2), CMPI (y-3), CMPI (y-4), CMPI (y-5)	4.339
2.5	% CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2)	4.294
2.6	% CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2), % CMPI (y-3)	**4.227**
2.7	% CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2), % CMPI (y-3), % CMPI (y-4)	6.958
2.8	% CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2), % CMPI (y-3), % CMPI (y-4), % CMPI (y-5)	10.419

จากการวิเคราะห์รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าสำหรับ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี พบว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกลุ่มข้อมูลนำเข้ารูปแบบที่ 2.6 ซึ่งมีค่า RMSE ของชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเท่ากับ 4.227 ที่ข้อมูลนำเข้า 4 ตัว มีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมการที่ 7.3

% CMPI (y+1) = {% CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2), % CMPI (y-3)} (7.3)

ตารางที่ 7.4 ตัวอย่างการเรียงข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการสอน โครงข่ายประสาทเทียม ตามสมการที่ 7.3

%CMPI (y)	%CMPI (y-1)	%CMPI (y-2)	%CMPI (y-3)
-1.392	11.190	8.949	8.898
-1.268	10.773	6.750	12.994
-0.211	6.510	9.459	14.326
-1.040	8.090	8.935	11.460

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

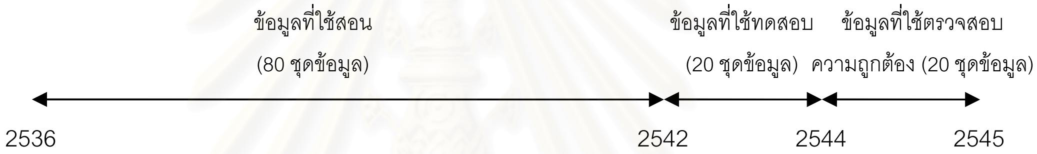
7.2.2.2 ชุดข้อมูลในการพัฒนา

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปีได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ

7.2.2.2.1 ข้อมูลที่ใช้สอน จำนวน 80 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ.2536 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2542

7.2.2.2.2 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ จำนวน 20 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนกันยายน พ.ศ. 2542 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ.2544

7.2.2.2.3 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จำนวน 20 ชุดข้อมูล ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ.2544 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ.2545



รูปที่ 7.2 การแบ่งชุดข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.3 ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA

7.2.3.1 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

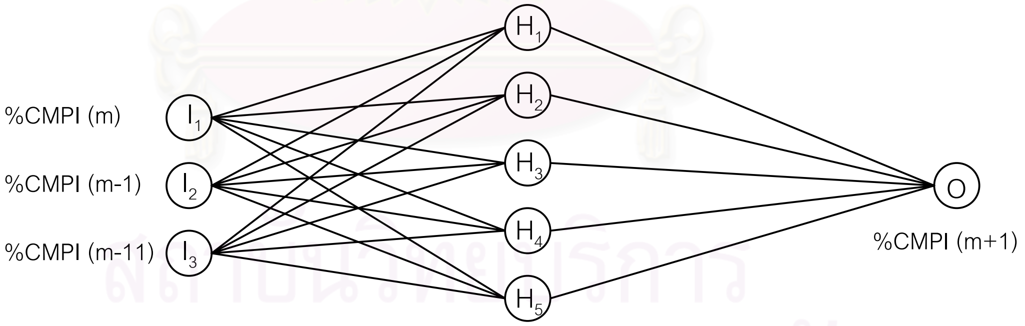
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 96 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 24 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 1.068 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

7.2.3.1.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย โนดของชั้นนำเข้า 3 โนด คือ %CMPI (m), %CMPI (m-1) และ %CMPI (m-11)

7.2.3.1.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วย ชั้นซ่อน1 ชั้น ซึ่งมี โนดของชั้นซ่อน 5 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบโลจิสติกซิกมอยด์ 4 โนด, ลีเนียร์ 1 โนด

7.2.3.1.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ %CMPI (m+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ซิกมอยด์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 7.3



<u>หมายเหตุ</u> : I_1 ถึง I_3 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 3, H_1 ถึง H_5 แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 ถึง 5 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 7.3 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.3.2 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

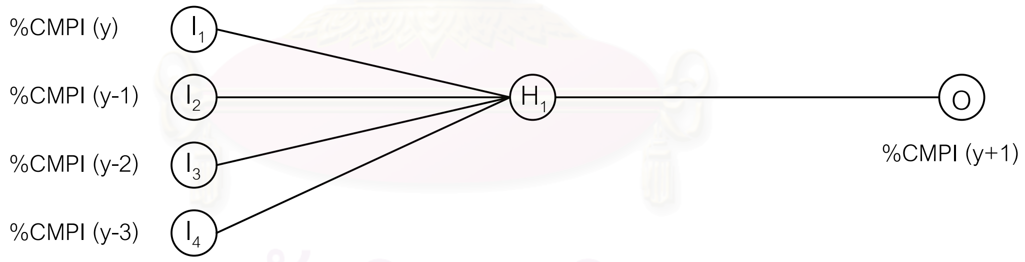
จากการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ชุดข้อมูลในการสอน 80 ชุดข้อมูล แล้วคัดเลือกแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดโดยใช้ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ 20 ชุดข้อมูล ผลการคัดเลือกได้แบบจำลองซึ่งมีค่า RMSE เท่ากับ 4.227 ซึ่งมีโครงสร้างของแบบจำลองดังนี้

7.2.3.2.1 โครงสร้างส่วนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย โนดของชั้นนำเข้า 4 โนด คือ %CMPI (y), %CMPI (y-1), %CMPI (y-2) และ %CMPI (y-3)

7.2.3.2.2 โครงสร้างส่วน ชั้นซ่อนประกอบด้วย ชั้นซ่อน1 ชั้น ซึ่งมี โนดของชั้นซ่อน 1 โนด โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบลีเนียร์ 1 โนด

7.2.3.2.3 โครงสร้างส่วนผลลัพธ์ ประกอบด้วย โนดของชั้นผลลัพธ์ 1 โนด คือ %CMPI (y+1) โดยมี ฟังก์ชันแปลงค่าแบบไฮเพอร์โบลิกแทนเจนท์ซิกมอยด์

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปโครงสร้างของแบบจำลองได้ดังรูปที่ 7.4



<u>หมายเหตุ</u> : I_1 ถึง I_4 แทนคำว่า โนดของชั้นนำเข้าที่ 1 ถึง 4, H_1 แทนคำว่า โนดของชั้นซ่อนที่ 1 และ O แทนคำว่า โนดของชั้นผลลัพธ์

รูปที่ 7.4 โครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี

7.2.4 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ

ในส่วนของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ได้เลือก การพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติ ที่เป็นการพยากรณ์เชิงปริมาณ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในทางธุรกิจ 3 วิธีคือ วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว มาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน และ 1 ปี

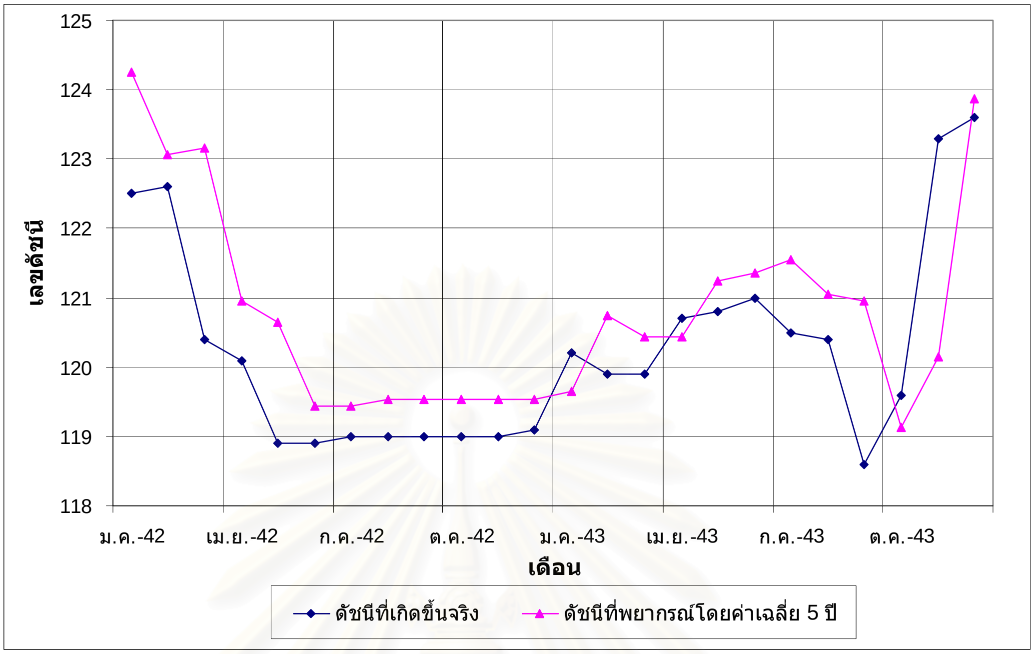
7.2.4.1 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

การพยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายเป็นการหาค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนหรือรายปีในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เพื่อนำไปใช้คำนวณหาค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะพิจารณา ในช่วงระยะเวลา 1 ถึง 5 ปี เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เพราะถ้าช่วงระยะเวลาที่พิจารณายาวกว่านี้ค่าเฉลี่ยที่ได้อาจจะไม่สะท้อน รูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีในปัจจุบัน การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน เป็นไปตามตารางที่ 7.5 ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี เป็นไปตามตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.5 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือน	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	0.514	0.968	0.804	1.251
2 ปี	0.868	1.275	1.060	1.510
3 ปี	0.579	1.020	0.847	1.292
4 ปี	0.523	0.975	0.810	1.256
5 ปี	**0.453**	**0.919**	**0.763**	**1.216**

จากตารางที่ 7.5 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 5 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 1.216

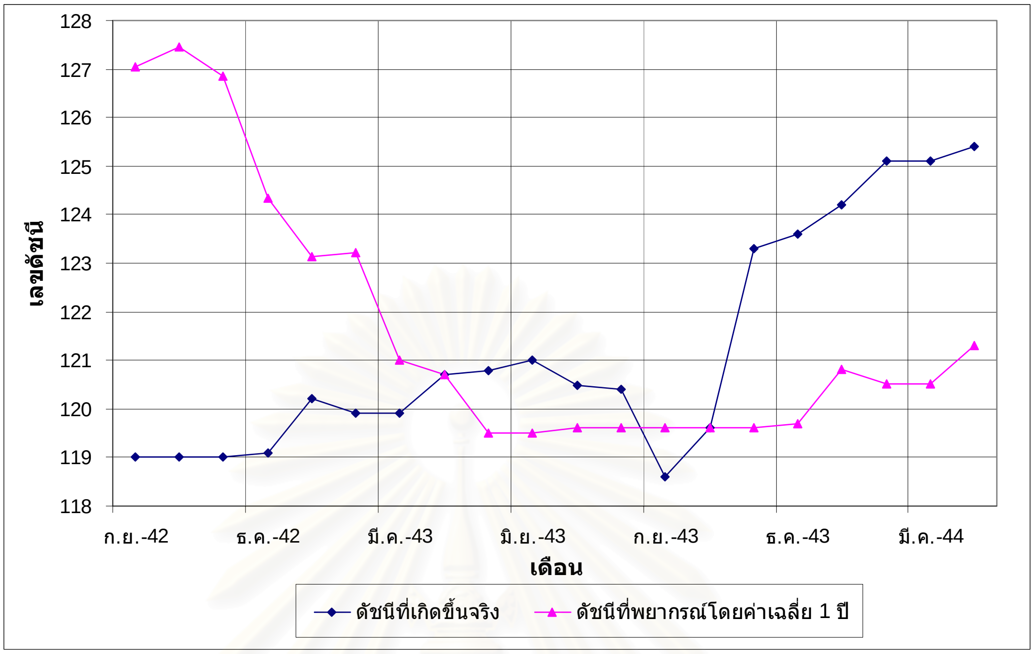


รูปที่ 7.5 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 5 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 7.6 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย

ช่วงระยะเวลา	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือน	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	**0.509**	**3.333**	**2.751**	**4.190**
2 ปี	9.947	11.888	9.864	12.670
3 ปี	6.939	8.246	6.858	9.306
4 ปี	5.851	6.928	5.770	8.148
5 ปี	5.303	6.266	5.223	7.585

จากตารางที่ 7.6 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีรายเดือนในช่วงระยะเวลา 1 ปี มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 4.190



รูปที่ 7.6 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่ายช่วงระยะเวลา 1 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

7.2.4.2 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

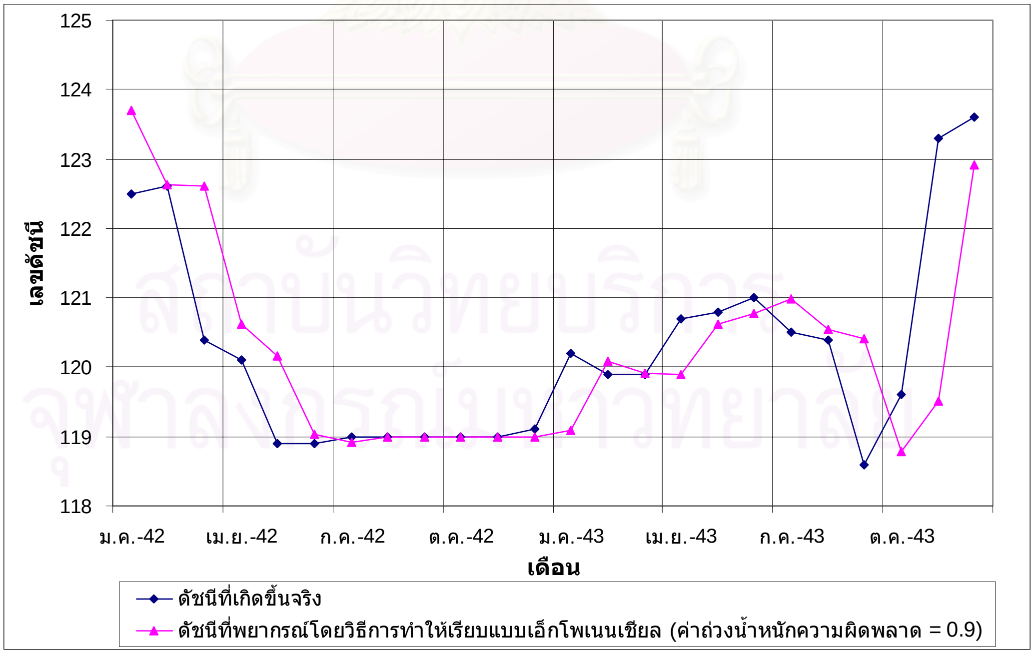
การพยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล เป็นการพยากรณ์โดย สมมติว่าค่าของข้อมูลในแต่ละช่วงเวลามีน้ำหนักไม่เท่ากัน โดยที่จะถ่วงน้ำหนักให้ข้อมูลที่เกิดขึ้นใกล้กับปัจจุบันมากกว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นนานมาแล้วในอดีต ค่าที่ใช้ในการถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด (α) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ไม่มีค่าที่แน่นอน ในการพยากรณ์นี้จึงได้ทดลองใช้ค่า α เป็นจำนวน 5 ค่าคือ 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 และเพื่อการวิเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์มีครอบคลุม จึงมีการพยากรณ์ทั้ง ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ เพื่อหาแบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ที่มีความสมบูรณ์ และเหมาะสมที่สุด วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลจะมีเฉพาะการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือน เพราะเป็นข้อจำกัดของวิธีการ ซึ่งการวิเคราะห์ผลก็เป็นไปดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล

ค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาด (α)	การพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง			การพยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ		
	MAD	MAPE	RMSE	MAD	MAPE	RMSE
0.1	1.757	1.463	2.143	1.189	0.987	1.461
0.3	1.162	0.963	1.516	0.870	0.719	1.205
0.5	0.884	0.731	1.291	0.878	0.725	1.223
0.7	0.736	0.608	1.171	0.928	0.766	1.291
0.9	**0.656**	**0.542**	**1.102**	1.006	0.832	1.382

(ค่า α แทนค่าในสมการ $F_{t+1} = F_t + \alpha (X_t - F_t)$ เพื่อนำไปใช้พยากรณ์ค่าที่ต้องการ)

จากตารางที่ 7.7 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.9 มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 1.102



รูปที่ 7.7 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.9 เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

7.2.4.3 การวิเคราะห์ผลการพยากรณ์โดย วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว

การพยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว เป็นการพยากรณ์โดย สมมติว่าแนวโน้มการผลการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างเป็นเส้นตรง โดยกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างผลการพยากรณ์ดัชนี กับระยะเวลาเป็นฟังก์ชันเส้นตรง ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกที่จะพิจารณา แนวโน้มในช่วงระยะเวลา 1 ถึง 5 ปี เนื่องจากคาดว่าน่าจะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมเพราะถ้าช่วงระยะเวลาที่พิจารณายาวกว่านี้ แนวโน้มที่ได้อาจจะไม่สะท้อนรูปแบบของอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีในปัจจุบัน เพื่อการวิเคราะห์หารูปแบบการพยากรณ์ที่สมบูรณ์ จึงมีการพยากรณ์ทั้ง ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว สำหรับการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 เดือนเป็นไปตามตารางที่ 7.8 และ 7.9 ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปีเป็นไปตามตารางที่ 7.10 และ 7.11

ตารางที่ 7.8 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = 0.1689(X+12) + 124.51	8.398	6.996	8.556
2 ปี	Y = 1.423(X+24) + 98.25	29.940	24.895	31.455
3 ปี	Y = 0.9728(X+36) + 93.081	20.012	16.644	21.065
4 ปี	Y = 0.6742(X+48) + 91.791	12.330	10.259	13.153
5 ปี	Y = 0.5389(X+60) + 89.468	8.302	6.910	9.075

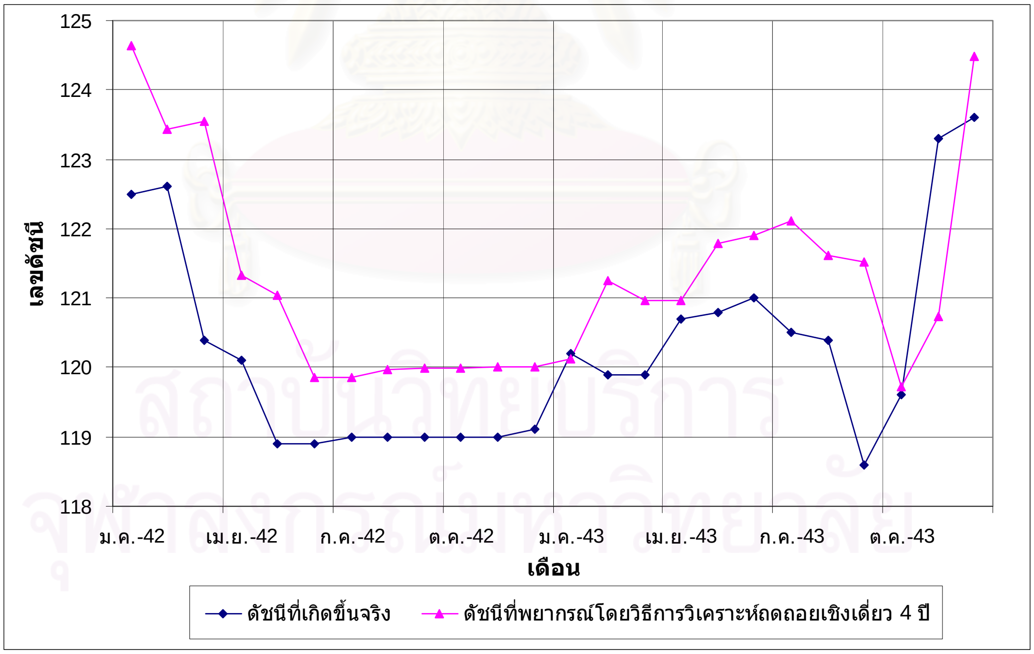
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 7.9 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -0.3623(X+12) + 2.869	8.739	7.156	9.819
2 ปี	Y = -0.062(X+24) + 1.642	1.427	1.165	1.800
3 ปี	Y = 0.013(X+36) + 0.3377	1.277	1.056	1.466
4 ปี	**Y = 0.0093(X+48) + 0.2944**	**1.146**	**0.947**	**1.366**
5 ปี	Y = 0.01(X+60) + 0.1483	1.165	0.963	1.380

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 7.8 และ 7.9 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 4 ปี พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 1.366



รูปที่ 7.8 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 4 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

ตารางที่ 7.10 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -0.8255(X+12) + 127.41	12.384	10.125	14.111
2 ปี	**Y = 0.0946(X+24) + 120.75**	**2.908**	**2.424**	**3.333**
3 ปี	Y = 0.7794(X+36) + 100.88	15.902	13.100	16.159
4 ปี	Y = 0.6618(X+48) + 95.543	13.038	10.745	13.235
5 ปี	Y = 0.5527(X+60) + 92.265	10.010	8.254	10.167

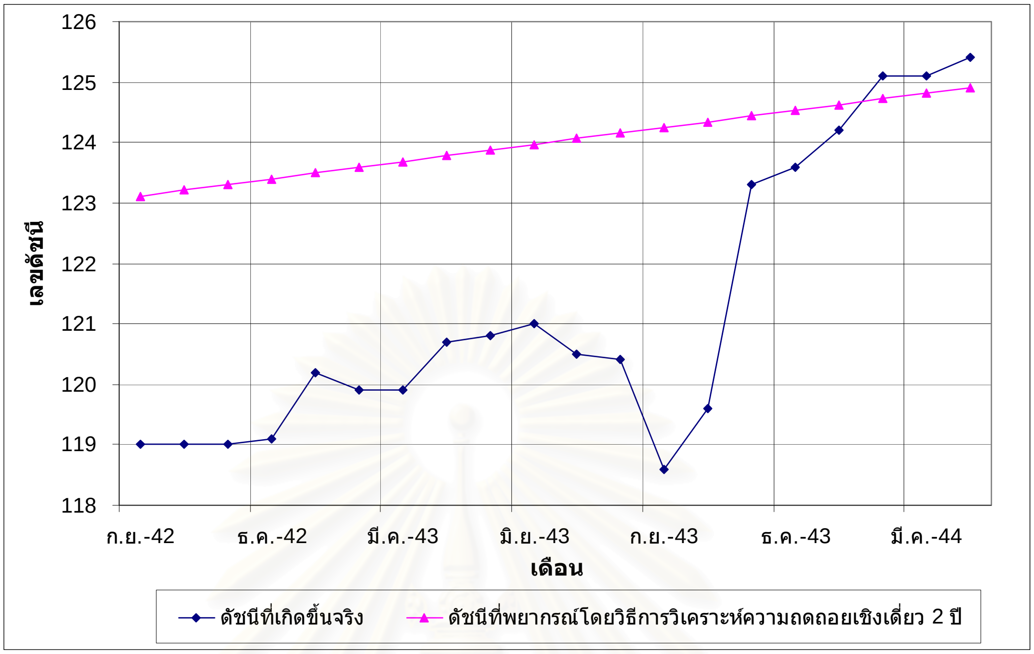
โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 7.11 การวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว พยากรณ์เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบ

ช่วงระยะเวลา	ฟังก์ชันความสัมพันธ์	MAD	MAPE	RMSE
1 ปี	Y = -1.9401(X+12) + 13.119	36.902	30.232	40.636
2 ปี	Y = -1.2993(X+24) + 26.189	22.571	18.462	25.922
3 ปี	Y = -0.0366(X+36) + 7.6174	7.011	5.842	8.348
4 ปี	Y = 0.0804(X+48) + 3.8803	10.228	8.487	10.922
5 ปี	Y = 0.0867(X+60) + 2.659	10.454	8.673	11.122

โดยที่ Y เป็นผลการพยากรณ์ X เป็นระยะเวลา (เดือน) เริ่มนับจากชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จากตารางที่ 7.10 และ 7.11 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว ในช่วงระยะเวลา 2 ปี พยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 3.333



รูปที่ 7.9 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี เปรียบเทียบกับดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบ)

จากการวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ ดัชนีราคางานก่อสร้างโดยวิธีทางสถิติทั้งสามวิธี ที่จะนำไปเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สามารถสรุปวิธีทางสถิติที่เหมาะสมได้ดังนี้

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือนด้วย แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล มีรูปแบบการพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.9 ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 11.241

วิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับ การพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปีด้วย แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม คือ วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี มีรูปแบบการพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง ซึ่งมีค่า RMSE น้อยที่สุดเท่ากับ 16.914

7.2.5 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนในการนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างด้วยวิธี NGA ไปใช้งาน

7.2.5.1 ผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง

ค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่พัฒนาเสร็จแล้วไปทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง โดยแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง

ล่วงหน้า 1 เดือน ทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 24 ชุดข้อมูล ส่วนแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี ทดสอบกับชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 20 ชุดข้อมูล ผลสรุปได้ว่า

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 1.079, MAPE เท่ากับ 0.871 % และ RMSE เท่ากับ 1.637

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 2.006, MAPE เท่ากับ 1.599 % และ RMSE เท่ากับ 2.484

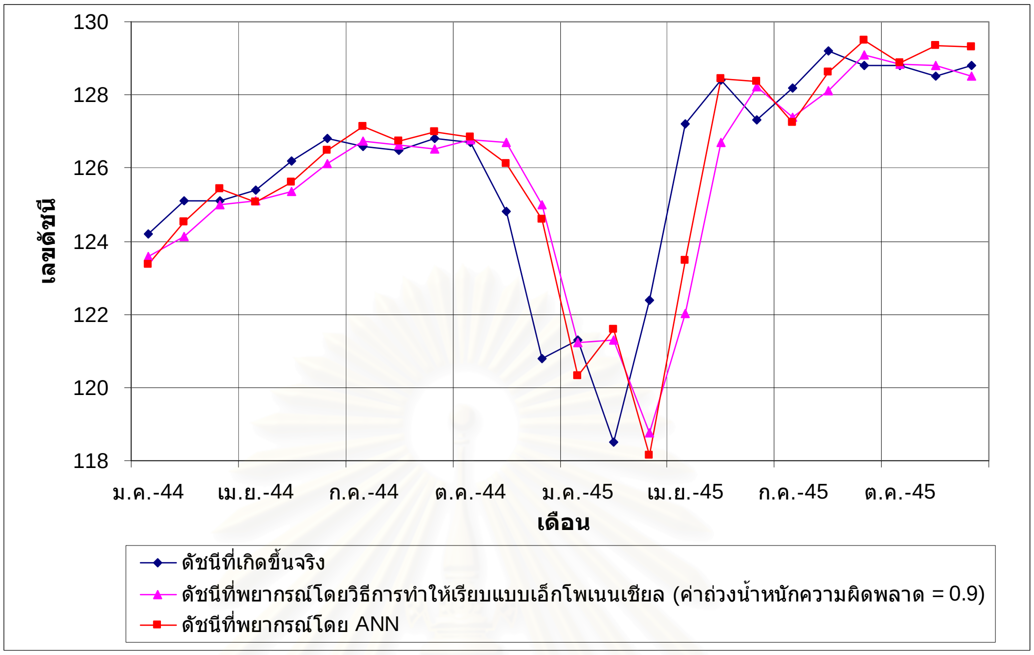
7.2.5.2 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ ระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ

ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม และแบบจำลองด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้ข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า

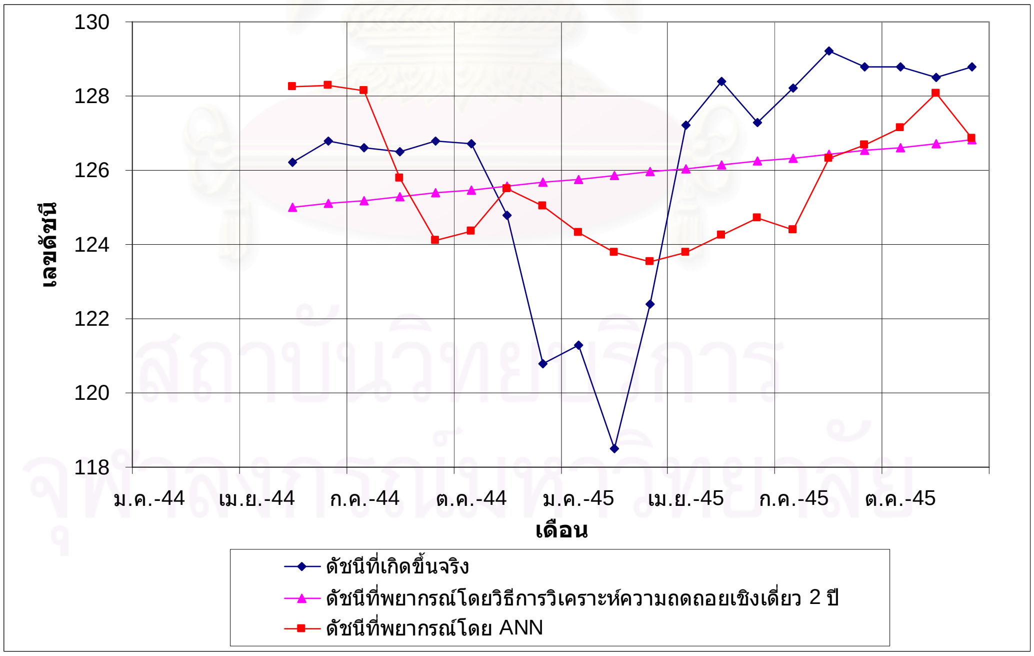
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 1.079, MAPE เท่ากับ 0.871 % และ RMSE เท่ากับ 1.637 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.9 มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 1.136, MAPE เท่ากับ 0.913 % และ RMSE เท่ากับ 1.795

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 2.006, MAPE เท่ากับ 1.599 % และ RMSE เท่ากับ 2.484 ในขณะที่ แบบจำลองพยากรณ์โดยวิธีทางสถิติที่เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ ใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี ซึ่งมีรูปแบบการพยากรณ์เป็นค่าดัชนีโดยตรง และค่าถ่วงน้ำหนักความผิดพลาดเท่ากับ 0.9 มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 2.326, MAPE เท่ากับ 1.869 % และ RMSE เท่ากับ 2.812

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม กับข้อมูลชุดตรวจสอบความถูกต้อง และเปรียบเทียบกับแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 2 ชนิดมีค่าความคลาดเคลื่อนทั้งสามชนิดต่ำกว่าแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม สามารถพยากรณ์ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างได้แม่นยำกว่าแบบจำลองโดยวิธีทางสถิติที่ใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ



รูปที่ 7.10 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียลด้วยค่า α = 0.9 และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)



รูปที่ 7.11 ผลของการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี เปรียบเทียบระหว่าง วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยวช่วงระยะเวลา 2 ปี และดัชนีที่เกิดขึ้นจริง (ชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง)

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำงานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ที่จะพัฒนา แบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงดัชนีราคางานก่อสร้าง ซึ่งเผยแพร่โดยนิตยสาร ENR เพื่อนำดัชนีราคาที่พยากรณ์ได้ไปใช้ ปรับราคางานก่อสร้าง ที่ได้จากการประมาณราคาเบื้องต้นให้เป็น ราคามีความใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น เนื่องจากเป็นการปรับราคา เพื่อให้สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของราคางานก่อสร้างที่ อาจจะเกิดขึ้นจาก ความผันผวนของเศรษฐกิจในอนาคต จึงเป็นสาเหตุให้ผู้รับเหมามีความจำเป็นที่จะต้อง ประมาณราคางานก่อสร้าง ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงให้มากที่สุด เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงราคางานก่อสร้างในอนาคตได้

จากการศึกษางานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา พบว่า ได้มีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยมีรูปแบบของแบบจำลอง รวมทั้งข้อดี ข้อเสีย แตกต่างกันไป ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบจำลองอนุกรมเวลา และแบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล

แบบจำลองอนุกรมเวลา ได้แก่ แบบจำลองของ Hanna และ Blair (1993) เป็นแบบจำลองที่ได้มีข้อดีคือสามารถพยากรณ์ได้อยู่ในขอบเขตความพอใจ 95% แต่ก็มีข้อเสียคือพยากรณ์ค่าดัชนี CCI ล่วงหน้าเพียงหนึ่งเดือน ไม่สามารถพยากรณ์ค่าล่วงหน้าในระยะยาวได้

ส่วนแบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล ได้แก่ แบบจำลองของ Hanna และ Chao (1994) เป็นแบบจำลองที่มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ อยู่ในระดับที่น่าพอใจ แต่ข้อเสียของแบบจำลองนี้คือ จะต้องมีการพยากรณ์ค่าของข้อมูลนำเข้าก่อนที่จะนำค่าไปใช้กับแบบจำลองเช่นเดียวกับแบบจำลองของ Sinha และ McKim (1997) ที่ความแม่นยำของแบบจำลอง ขึ้นอยู่กับความแม่นยำใน การพยากรณ์ข้อมูลนำเข้า ของผู้ใช้

อีกแบบจำลองซึ่งพัฒนาโดย Williams (1994) เป็นแบบจำลองที่ไม่ต้องประมาณหรือพยากรณ์ค่าข้อมูลนำเข้าก่อน เพราะใช้ข้อมูลนำเข้าที่มีค่าอยู่ในช่วงเวลาก่อนหน้าค่าดัชนีที่ต้องการพยากรณ์ แต่ข้อเสียที่ชัดเจนของแบบจำลองนี้คือ เมื่อนำค่าที่พยากรณ์ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์ทางสถิติคือ วิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว กับพบว่าผลการพยากรณ์โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่าวิธีการทางสถิติทั้งสอง

จากข้อดี ข้อเสีย ของแบบจำลองแต่ละประเภท จึงได้เลือกที่จะพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยเลือกรูปแบบที่ไม่ต้องมีการพยากรณ์ข้อมูลนำเข้า โดยใช้ข้อมูลนำเข้าแบบอนุกรมเวลา ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูลย้อนหลังในช่วงระยะเวลาต่างๆ ของค่าที่ต้องการพยากรณ์ เนื่องจากยังไม่มี งานวิจัยใดที่ พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลนำเข้าแบบอนุกรมเวลา การพัฒนาแบบจำลองจะเป็นการหารูปแบบ ของข้อมูลนำเข้า ที่มีผลต่อค่าพยากรณ์

ในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ขั้นตอนแรกได้วิเคราะห์หา กลุ่มของข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดสมมติฐาน จากแนวความคิดของ Lee และ Yum (1998) โดยแบ่งข้อมูลนำเข้าเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลต่อเนื่อง และส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล สำหรับการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน (m+1) เลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง โดยคาดการณ์ว่ากลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง ที่ใช้หลักการอนุกรมเวลา มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 เดือนย้อนหลัง ซึ่งนับเดือนปัจจุบันด้วย (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5) ร่วมกับ ส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เป็น ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m-11) รวมเป็นข้อมูลนำเข้า 7 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้นจากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 2 เดือนย้อนหลังร่วมกับ ข้อมูลเมื่อปีที่แล้วของค่าที่ต้องการพยากรณ์ (m, m-1, m-11) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของเดือนก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 7 ตัว (m, m-1, m-2, m-3, m-4, m-5, m-11) จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 5 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการพยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 10 รูปแบบ

ส่วนการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี (y+1) มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบต่อเนื่อง เป็นข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 6 ปีย้อนหลัง ซึ่งนับปีปัจจุบันด้วย (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) แต่ไม่มีส่วนที่สะท้อนรูปแบบข้อมูลแบบวงรอบฤดูกาล เนื่องจากเป็นการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี จึงรวมเป็นข้อมูลนำเข้า 6 ตัว โดยที่รูปแบบแรกจะเริ่มต้นจากข้อมูลของค่าที่ต้องการพยากรณ์ในช่วงเวลา 3 ปีย้อนหลัง (y, y-1, y-2) แล้วจึงเพิ่มข้อมูลของปีก่อนหน้าเข้าไปในรูปแบบต่อไปจนข้อมูลนำเข้าครบ 6 ตัว (y, y-1, y-2, y-3, y-4, y-5) จะได้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้า 4 รูปแบบ แต่จากการเลือกรูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าในลักษณะที่เป็นการ

พยากรณ์ค่าดัชนีโดยตรง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบของดัชนีราคางานก่อสร้าง ทำให้รูปแบบของกลุ่มข้อมูลนำเข้าเพิ่มเป็น 8 รูปแบบ

จากการวิเคราะห์หารูปแบบของกลุ่มขอมูลนำเข้า โดยเลือกรูปแบบที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด พบว่า กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %BCI (m), %BCI (m-1), %BCI (m-2), %BCI (m-3), %BCI (m-4), %BCI (m-5) และ %BCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 7 ตัวคือ %CCI (m), %CCI (m-1), %CCI (m-2), %CCI (m-3), %CCI (m-4), %CCI (m-5) และ CCI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ BCI (y), BCI (y-1) และ BCI (y-2)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัวคือ %CCI (y), %CCI (y-1) และ %CCI (y-2)

การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ในช่วงแรกได้พัฒนาโดยใช้วิธี BP โดยใช้หลักการของ Yeh (1998) ในการกำหนดการทดลองหาจำนวนโนดของชั้นซ่อน ที่เหมาะสม และแบ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาเป็น 3 ชุดคือ (1) ข้อมูลที่ใช้สอน (2) ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ และ (3) ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จากการพัฒนาแบบจำลองแล้วนำผลการพยากรณ์ของชุดข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง ไปเปรียบเทียบกับวิธีทางสถิติ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ 3 วิธีคือ การพยากรณ์โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยแบบง่าย การพยากรณ์แบบอนุกรมเวลาโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กโพเนนเชียล และการพยากรณ์แบบความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเดี่ยว โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินผลค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 3 ชนิด คือ ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย ร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย พบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี BP ที่ได้มีความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ชนิดสูงกว่าวิธีทางสถิติที่นำมาเปรียบเทียบ

จากการวิเคราะห์แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี BP พบว่าปัญหาที่เป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง คือการกำหนดการทดลองหาจำนวน โนดของชั้นซ่อน ที่มีขอบเขตจำกัดเพียง 4 รูปแบบการทดลอง แต่รูปแบบโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่เหมาะสมอาจจะอยู่นอกขอบเขตของการทดลองนั้น

ต่อมาผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อหาวิธีการเลือกโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น พบว่าวิธี NGA ซึ่งเป็นวิธีการผสมผสานระหว่าง โครงข่ายประสาทเทียม กับ GAs ช่วยในการคัดเลือกรูปแบบโครงสร้างส่วนชั้นซ่อน ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่มีความเหมาะสม โดยที่ GAs เป็นวิธีการคัดเลือก โดยอาศัยกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ และพันธุศาสตร์ และเมื่อนำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม วิธี NGA ที่พัฒนาได้ไปเปรียบเทียบกับ วิธีทางสถิติ รวมทั้งนำไปเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดย ENR ในส่วนของการพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี พบว่า

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 เดือน ด้วยวิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 12.339, MAPE เท่ากับ 0.343 % และ RMSE เท่ากับ 16.365

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 เดือน ด้วยวิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 22.646, MAPE เท่ากับ 0.351 % และ RMSE เท่ากับ 28.745

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI ล่วงหน้า 1 ปี ด้วยวิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 17.015, MAPE เท่ากับ 0.480 %และ RMSE เท่ากับ 20.744

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI ล่วงหน้า 1 ปี ด้วยวิธี NGA มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 30.648, MAPE เท่ากับ 0.485 % และ RMSE เท่ากับ 39.288

จากการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี NGA ที่พัฒนาได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธี BP และวิธีทางสถิติที่นำมาเปรียบเทียบทุกแบบจำลอง รวมทั้งมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดย ENR

ในส่วนของประเทศไทย ได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (รวมทุกหมวด) โดยใช้แนวทางเดียวกับการพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้างของ ENR ในการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลนำเข้าพบว่า กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 3 ตัว คือ % CMPI (m), %CMPI (m-1) และ % CMPI (m-11)

กลุ่มข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสมของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี ประกอบด้วยข้อมูลนำเข้า 4 ตัว คือ % CMPI (y), % CMPI (y-1), % CMPI (y-2) และ % CMPI (y-3) จากการพัฒนา พบว่า

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 เดือน มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 1.079, MAPE เท่ากับ 0.871 % และ RMSE เท่ากับ 1.637

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างล่วงหน้า 1 ปี มีค่าความคลาดเคลื่อน MAD เท่ากับ 2.006, MAPE เท่ากับ 1.599 % และ RMSE เท่ากับ 2.484

จากการเปรียบเทียบพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างที่ได้มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า วิธีทางสถิติที่นำมาเปรียบเทียบทุกแบบจำลอง

จากผลการพัฒนาแบบจำลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง และดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ที่พัฒนาได้ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ตามขอบเขต และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

8.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.2.1 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง มีสิ่งที่ควรระวังในการนำไปใช้งาน เนื่องจาก รูปแบบการวิเคราะห์แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่เป็นแบบอนุกรมเวลา จะสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของดัชนีราคาจากรูปแบบของชุดข้อมูลในอดีต ซึ่งถ้าในอนาคตเกิดเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงดัชนีราคา ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดขึ้น เช่น สงคราม โรคระบาด ฯลฯ ค่าที่พยากรณ์ได้ก็อาจจะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าปกติ

8.2.2 เนื่องจากข้อจำกัดของการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ที่จะต้องมีการแบ่งชุดข้อมูลเป็น ข้อมูลที่ใช้สอน ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ และข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง จึงทำให้สามารถทำการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ได้เพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจึงเป็นการเปรียบเทียบในช่วงระยะเวลาหนึ่งเช่นกัน จึงทำให้ไม่สามารถนำค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองไปใช้ อ้างอิงกับทุกๆ ช่วงระยะเวลาได้

8.2.3 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของไทยเป็นเพียงการนำเสนอแนวคิดโดยอาศัยแนวคิดจากการ พัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ดัชนีราคางานก่อสร้าง ENR แต่ดัชนีทั้งสองชนิดมีลักษณะ และความหมายที่แตกต่างกัน จึงควรที่จะมีการศึกษา เพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของไทย ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นต่อไป

8.2.4 การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างของไทย เป็นการพยากรณ์เพียงหมวดเดียว คือหมวดรวมสินค้า ซึ่งอาจจะไม่ได้สะท้อนการเปลี่ยนแปลงของ ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้างในหมวดอื่นๆ โดยละเอียด ดังนั้น ควรจะมีการพัฒนาแบบจำลองเพิ่มเติมจากที่ได้ศึกษาเป็นแนวทาง เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิกา ศิลานนท์. (2542). การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลของสายงานการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กุณฑลี รื่นรมย์. (2543). การพยากรณ์การขาย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจษฎา สารสินพิทักษ์. (2543). การศึกษาแนวทางการประมาณเนื้องานก่อสร้างอาคารด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ดัชนีเศรษฐกิจการค้า , สำนัก. (2546). คำชี้แจงการปรับปรุงการคำนวณดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. แหล่งที่มา: http://www.price.moc.go.th/csi/handbook/desc/handbook.htm [20 สิงหาคม 2546]

ดัชนีเศรษฐกิจการค้า , สำนัก. (2546). ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพฯ: สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า. แหล่งที่มา: http://www.price.moc.go.th/csi/index.asp [20 สิงหาคม 2546]

วันชัย จันไกรผล. และ วรวิทย์ ทายะติ. (2544). การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้าย่อยโดยใช้เครือข่ายประสาทร่วมกับหลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 9: 41-48.

สุธี คำแฝด. (2545). การวิเคราะห์ค่าความผันผวนเนื่องจากราคาวัสดุในการกำหนดราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุพล ดุรงค์วัฒนา. (2537). การพยากรณ์ทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เศรษฐกิจการพาณิชย์ , กรม. (2537). ดัชนีราคาของประเทศไทย ครึ่งศตวรรษของการพัฒนา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

อัจฉรา จันทร์ฉาย. (2544). การพยากรณ์เพื่อการตัดสินใจทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Bee-hua, G. (2000). Evaluating the performance of combining neural networks and genetic algorithms to forecast construction demand: the case of the Singapore residential sector. Construction Management and Economics 18: 209-217.

Fellows, R. F. (1991). Escalation management: Forecasting the effects of inflation on building projects. Construction Management and Economics 9: 187-204.

Ferry, D. J. (1984). Cost planning of buildings. Worcester: Billings & Sons.

Grogan, T. (2002). ENR'S Cost Indexes. Available from: http://enr.construction.com/cost/cost1.asp [2003, Aug 10]

Halpin, D. W. and Woodhead, R. W. (1998). Construction management. New York: John Wiley & Son.

Hamid, S. A. and Iqbal, Z. (2003). Using neural networks for forecasting volatility of S&P 500 Index futures prices. Journal of Business Research 5881: 1-10.

Hanna, A. S. and Blair, A. N. (1993). Computerized approach for forecasting the rate of cost escalation. Proceedings Congress on Computing in Civil and Building Engineering: 401-408.

Hanna, A. S. and Chao, L. (1994). Quantification of cost uncertainties using neural network technique. Proceedings Congress on Computing in Civil and Building Engineering: 41-46.

Kaastra, I. and Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. Neurocomputing 10: 215-236.

Lee, J. K. and Yum, C. S. (1998). Judgmental adjustment in time series forecasting using neural networks. Decision Support Systems 22: 135-154.

Lisi, F. and Schiavo, R. (1999). A comparison between neural networks and chaotic models for exchange rate prediction. Computational Statistics & Data Analysis 30: 87-102.

Ostwald, P. F. (2001). Construction cost analysis and estimating. New Jersey: Prentice Hall.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Peurifoy, R. L. and Oberlender, G. D. (2002). Estimating construction costs. New York: McGraw-Hill.

Renolt, P. (2000). Capital budget cost estimating guidelines 2001 - 2003. Available from: http://www.doa.state.wi.us/ [2003, Jan 22]

Ritz, G. J. (1994). Total construction project management. New York: McGraw-Hill.

Sinha, S. K. and McKim, R. A. (1997). Forecasting construction cost escalation using artificial neural networks. Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks 7: 829-835.

Wang, C. and Mei, Y. (1998). Model for forecasting construction cost indices in Taiwan. Construction Management & Economics 16: 147-157.

Williams, T. P. (1994). Predicting changes in construction cost indexes using neural networks. Journal of Construction Engineering and Management 120: 306-320.

Wilson, I. D.; Paris, S. D.; Ware, J. A.; and Jenkin, D. H. (2002). Residential property price time series forecasting with neural networks. Knowledge-Based Systems 15: 335-341.

Yeh, I. C. (1998). Quantity estimating of building with logarithm-Neuron Networks. Journal of Construction Engineering and Management 124: 374-380.

Yim, R. A. (1999). Unit costs, area cost factors, size adjustment factors and inflation rate guidance for department of defense facility construction for FY 2001 and FY 2002, Office of the Under Secretary of Defense. 2003.

Zhang, G.; Patuwo, B. E.; and Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: the state of the art. International Journal of Forecasting 14: 35-62.

Zhang, G. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. Neurocomputing 50: 159-175.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (เจษฎา, 2543)

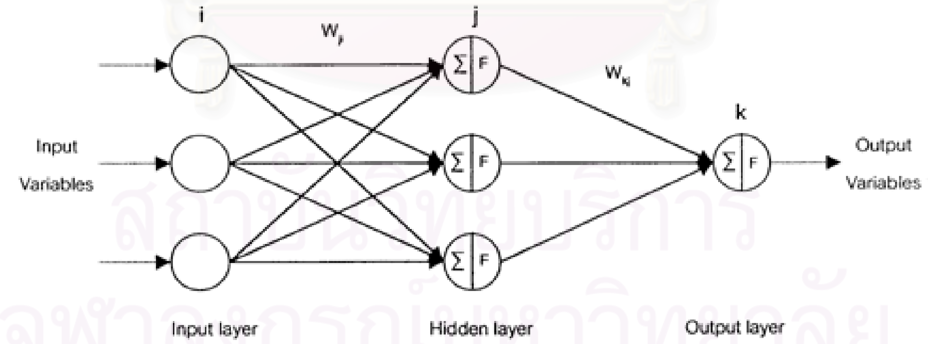
1.1 คำจำกัดความของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks ,ANN) คือการใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ในการจำลองกระบวนการคิดแก้ไขปัญหาตามแบบอย่างของสมองมนุษย์ โดยการสร้างระบบของหน่วยประมวลผล จำลองระบบของเซลประสาทของสมองมนุษย์ขึ้นมาเพื่อใช้ในการเรียนรู้ รูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีความซับซ้อน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน

การตัดสินใจ การวิเคราะห์ การพยากรณ์ หรือการแยกประเภท ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างของ โครงข่ายประสาทเทียม คือระบบโครงสร้างของหน่วยประมวลผล จำนวนมากที่มีความสัมพันธ์กันมีรูปแบบการจัดเรียงตัวของหน่วยประมวลผลเป็นชั้นๆ ดังรูปที่ ก-1 ซึ่งเรียกว่า “Multi-Layer Perceptrons Networks”



รูปที่ ก-1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างของ โครงข่ายประสาทเทียม ในรูปที่ ก-1 ประกอบด้วย

1) นิวรอนเทียม (Artificial Neurons) คือ หน่วยประมวลผลที่มีฟังก์ชันในการคำนวณอยู่ภายใน เป็นการจำลองเซลประสาท หน่วยประมวลผลจะทำหน้าที่รับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลอื่น นำข้อมูลที่ได้รับมาทำการคำนวณแล้วส่งของข้อมูลต่อไปยังหน่วยประมวลผลในชั้นถัดไป หน่วยประมวลผลสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะของการรับส่งข้อมูลดังนี้คือ
    - นิวรอนนำเข้า คือหน่วยประมวลผลที่ไม่มีการรับข้อมูล จากหน่วยประมวลผลอื่นๆ แต่มีการส่งข้อมูลออกไป หน่วยประมวลผลประเภทนี้จะจัดเรียงตัวอยู่ใน โครงข่ายประสาทเทียม เป็นชั้นแรกที่เรียกว่าชั้นนำเข้า
    - นิวรอนผลลัพธ์ คือหน่วยประมวลผลที่ไม่มีการส่งข้อมูลไปยังหน่วยประมวลผลอื่นอีก แต่มีการรับข้อมูลเข้ามาจัดเรียงตัวอยู่ใน โครงข่ายประสาทเทียม ชั้นหลังสุดเรียกว่า ชั้นผลลัพธ์
    - นิวรอนซ่อน คือหน่วยประมวลผลที่มีทั้งการส่งและรับข้อมูลกับหน่วยประมวลผลอื่นๆ หน่วยประมวลผลประเภทนี้จัดเรียงตัวอยู่ระหว่าง ชั้นนำเข้า กับ ชั้นผลลัพธ์ เรียกว่า ชั้นซ่อน

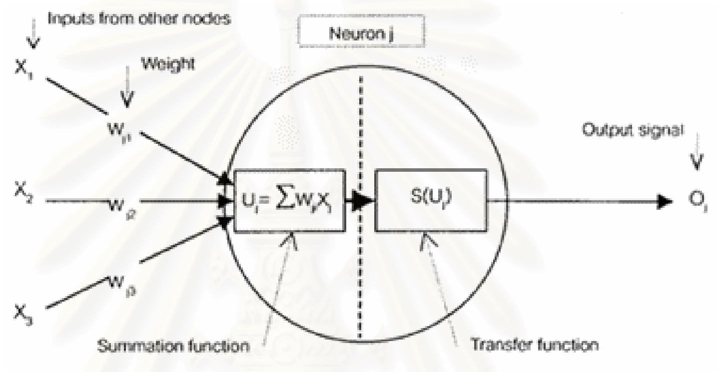
2) เส้นประสาทเทียม (Synapses Connection) คือ เส้นที่เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยประมวลผลสองหน่วย จำลองลักษณะของเส้นประสาทนั่นเอง มีหน้าที่ในการส่งสัญญาณข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลมี 2 ประเภท คือ การส่งสัญญาณไปข้างหน้า (Forward Connection) จะทำการส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผลใน ชั้นใดๆไปยัง ชั้นถัดไป และการส่งสัญญาณย้อนกลับ (Feedback Connection) จะส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผลใน ชั้นข้างหน้าย้อนกลับมาหน่วยประมวลผลใน ชั้นก่อนหน้านั้น

3) ค่าน้ำหนัก (Weights) คือ ค่าน้ำหนักที่ถูกกำหนดให้กับประสาทเทียม จะจำลองขนาดของเส้นประสาทของมนุษย์ที่แต่ละเส้นมีขนาดใหญ่เล็กไม่เท่ากัน ค่าน้ำหนักนี้จะแสดงถึงขนาดหรือระดับความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยประมวลผลแต่ละคู่ ในขั้นตอนแรกของการสร้างแบบจำลอง ค่าน้ำหนักนี้จะเป็นตัวแปรที่ถูกสุ่มค่าขึ้นเป็นค่าน้อยๆก่อน และระหว่างการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม ค่าน้ำหนักนี้จะจะถูกปรับค่าไปเรื่อยๆ ให้มีความเหมาะสมในทิศทางที่แบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม จะให้ผลลัพธ์มีค่าถูกต้องมากที่สุด ค่าน้ำหนักนี้สามารถเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 โครงสร้างภายในของหน่วยประมวลผล

โครงสร้างของหน่วยประมวลผลในชั้นซ่อนและ ชั้นผลลัพธ์ จะมีความแตกต่างจากหน่วยประมวลผลในชั้นนำเข้า ตรงที่หน่วยประมวลผลในชั้นซ่อนและ ชั้นผลลัพธ์ จะมีฟังก์ชัน การคำนวณอยู่ภายใน ในขณะที่หน่วยประมวลผลในชั้นนำเข้า จะเป็นเสมือนเพียงจุดรับข้อมูลจุดแรกและทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังชั้นถัดไปเท่านั้น



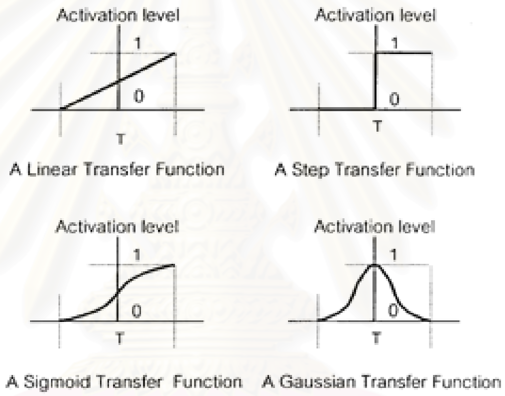
รูปที่ ก-2 โครงสร้างภายในของหน่วยประมวลผลในชั้นซ่อน และชั้นผลลัพธ์

โครงสร้างภายในและการส่งผ่านข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผล เส้นประสาทเทียม และค่าน้ำหนักเป็นดังรูปที่ ก-2 และสามารถอธิบายการคำนวณภายในได้ดังนี้

กำหนดให้หน่วยประมวลผลในรูปที่ ก-2 เป็นหน่วยประมวลที่ j ซึ่งได้รับข้อมูลจากหน่วยหน่วยประมวลผลอื่นๆในชั้นก่อนหน้ามันเป็นค่า X_1, X_2, และ X_3 ตามลำดับ ค่าข้อมูลนำเข้า เหล่านี้จะถูกคูณกับค่าน้ำหนักที่อยู่บนเส้นประสาทเทียมระหว่างหน่วยประมวลผลเหล่านั้นกับหน่วยประมวลผลที่ j ดังรูป ผลคูณเหล่านี้จะถูกรวมเข้าด้วยกันโดยฟังก์ชันผลรวม (Summation Function) กลายเป็นค่าผลรวมของข้อมูลนำเข้า (Summation Input หรือ Activation value, U) ที่เตรียมจะเข้าสู่การคำนวณ ในขั้นตอนต่อไป การคำนวณในขั้นตอนแรกนี้เป็นไปตามสมการ

$$U_j = \Sigma X_i W_{ij} + B_j \qquad ; Bj = \text{Bias Term} \qquad (ก\text{-}1)$$

- ในขั้นตอนถัดไป หน่วยประมวลผลจะนำ ค่าผลรวมของข้อมูลนำเข้า หรือ ค่า U ไปคำนวณต่อโดยฟังก์ชันแปลงค่า (Transfer Function หรือ Activation Function) ซึ่งลักษณะของฟังก์ชันมีอยู่หลายรูปแบบด้วยกันดังแสดงในรูปที่ ก-3 ฟังก์ชันแปลงค่านี้จะทำหน้าที่คำนวณว่าจะส่งค่าไฟริง (Firing) ของผลลัพธ์ออกมาเวลาใด และมีค่าเท่าใด การส่งข้อมูล ผลลัพธ์ออกมาจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อค่า U มีค่ามากกว่าค่าเทรสโอลด (Threshold) ที่ถูกกำหนดโดยรูปแบบของฟังชัน ในบางครั้งเพื่อป้องกันไม่ให้ค่า U ต่ำเกินไปจนไม่ส่งข้อมูลต่อ ค่า U อาจจะถูกเพิ่มด้วย ค่าไบแอสนำเข้า (Input Bias) ซึ่งเป็นค่าคงที่จำนวนน้อยๆที่ได้จากการสุ่ม กำหนดขึ้นมักจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง เพื่อช่วยให้ค่า U ถึงค่าเทรสโอลด ได้เร็วขึ้น



รูปที่ ก-3 ฟังก์ชันแปลงค่ารูปแบบต่างๆ

1.4 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ในปัจจุบันแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลากหลายรูปแบบ และมีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ต่อเนื่องอยู่เสมอเพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีนิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ โครงข่ายการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ เนื่องจากเป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดที่สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาได้หลากหลายประเภท

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ คือ “Multi-layer Feed-forward with Supervised Learning” กล่าวคือ เป็นโครงข่ายที่มีการเรียงตัวเป็นชั้นๆ หลายชั้น (Multi-layer) มีการส่งข้อมูลในทิศทางไปข้างหน้าทางเดียว (Feed-forward) และใช้วิธีการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยการเปรียบเทียบคำตอบจากแบบจำลองกับคำตอบจริง (Supervised Learning) สาเหตุที่แบบจำลองนี้มีชื่อต้นว่า “Back Propagation” ก็เป็นเพราะ

วิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของข้อมูล จะทำโดยการส่งข้อมูลความผิดพลาดจากการเปรียบเทียบ ผลลัพธ์ย้อนกลับมายังชั้นก่อนหน้านั้น เพื่อปรับค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียมอย่างต่อเนื่อง

เมื่อเริ่มขั้นตอนพัฒนาแบบจำลอง ค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียมทั้งหมดจะถูกสุ่มกำหนดขึ้นให้มีค่าน้อยๆ โดยค่าน้ำหนักในช่วงเริ่มต้น ควรกำหนดให้มีค่าอยู่ในช่วง -2/n ถึง 2/n สำหรับแบบจำลองที่มี ข้อมูลนำเข้าจำนวน n หน่วย ค่าน้ำหนักที่ถูกสุ่มกำหนดในตอนแรกนี้ไม่ควรมีค่าเท่ากัน เพราะหากเท่ากันจะเกิดผลกระทบทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักเกิดขึ้นด้วยอัตราที่ค่อนข้างช้า และผลรวมของค่าน้ำหนัก บนเส้นประสาทเทียมทุกเส้นรวมกันทั้งหมดควรมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์

เมื่อแบบจำลองได้รับข้อมูลเข้าสู่หน่วยประมวลผลนำเข้า ซึ่งไม่มีการคำนวณภายในสัญญาณข้อมูลก็จะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลในชั้นซ่อนซึ่งหน่วยประมวลผลในชั้นนี้จะรวมค่าข้อมูลนำเข้าทั้งหมดที่เข้าสู่ตัวมัน แล้วส่งค่าผลรวมหรือค่า U ที่ได้ไปยังส่วนถัดไปของหน่วยประมวลผลซึ่งจะมีฟังก์ชันแปลงค่า ทำหน้าที่แปลงค่าผลรวมดังกล่าวให้เป็นผลลัพธ์อยู่ การคำนวณในหน่วยประมวลผลแต่ละหน่วยจะเป็นไปตามลำดับข้างต้น แต่ถ้ามองในภาพรวมของ ชั้นทุกหน่วยประมวลผลในชั้นเดียวกันจะทำการ คำนวณไปพร้อมกัน (Parallel Execution)

จากสมการที่ ผ-1 ผลรวม ของค่าน้ำหนักนำเข้า ที่เข้าสู่ นิวรอนที่ j คือ

$$U_j = \sum X_i W_{ij} + B_j \qquad ; Bj = \text{Bias Term} \qquad (ก\text{-}2)$$

จากนั้น ฟังก์ชันแปลงค่า จะใช้ค่า U คำนวณค่าผลลัพธ์ (Output, O)

$$O = f(U_j) \qquad (ก\text{-}3)$$

ตัวอย่างเช่น ถ้า ฟังก์ชันแปลงค่า เป็นแบบซิกมอยด์

$$O = 1/(1+e^{-u}) \qquad (ก\text{-}4)$$

ค่าผลลัพธ์ จากชั้นซ่อนจะถูกส่งต่อเป็นค่านำเข้า สำหรับชั้นผลลัพธ์ ต่อไปและในชั้นผลลัพธ์ ก็จะมีขั้นตอนการคำนวณภายในหน่วยประมวลผลเช่นเดียวกัน เมื่อข้อมูลแต่ละชุดได้ถูกส่งผ่านเข้าไปในโครงข่าย ค่าผลลัพธ์สุดท้ายที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง จะถูกคำนวณออกมา

และถูกนำไปเปรียบเทียบกับ ผลลัพธ์ที่เกิดจริง (Actual Output) ซึ่งเป็นคำตอบจริงๆ ผลต่างของสองค่านี้เรียกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนดิบ (Raw Error) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนโดย ฟังก์ชันความคลาดเคลื่อน (Error Function) ให้กลายเป็น ค่าความคลาดเคลื่อนของการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ (Back-propagated Error) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการปรับค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียมทั้งหมดในโครงข่ายในทิศทางที่ทำให้ผลต่างระหว่าง ผลลัพธ์ที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง กับ ผลลัพธ์ที่เกิดจริง ลดลง ต่อไป

1.5 วิธีการปรับค่าน้ำหนักในการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

ขั้นตอนในการปรับค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียม ซึ่งจะทำให้ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองค่อยๆลดลงมีขั้นตอนเป็นดังนี้

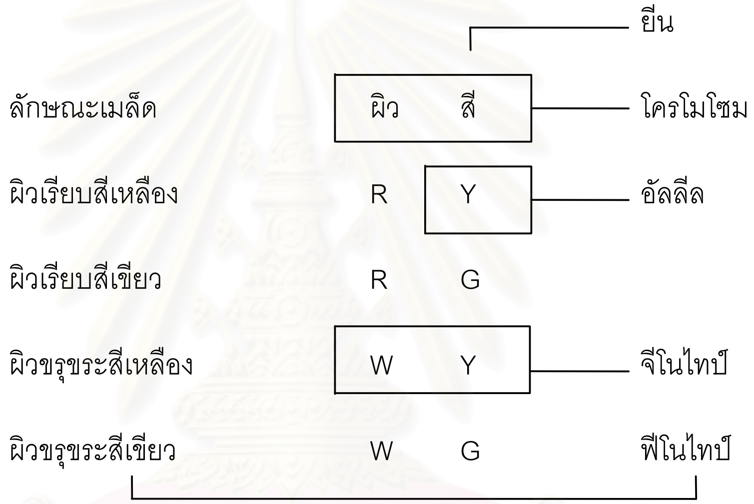
สมมติว่าข้อมูลมีอยู่ 4 ตัวอย่าง

1. ข้อมูลตัวอย่างแรกถูกนำเข้าสู่โครงข่ายทาง ชั้นนำเข้า
2. ค่าผลลัพธ์ ที่โนดของชั้นซ่อน และ โนดของชั้นผลลัพธ์ ทุกตัวถูกคำนวณออกมา
3. คำนวณความคลาดเคลื่อนระหว่าง ผลลัพธ์ที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง กับ ผลลัพธ์ที่เกิดจริง
4. ใช้สูตรปรับแก้ค่าน้ำหนัก ปรับแก้ค่าน้ำหนักของเส้นประสาทเทียมทุกเส้นที่อยู่ระหว่าง ชั้นผลลัพธ์ กับ ชั้นซ่อน (อีกนัยหนึ่งคือเส้นประสาทเทียมทุกเส้นที่เชื่อมกับโนดของชั้นผลลัพธ์ นั่นเอง)
5. คำนวณความคลาดเคลื่อนที่ โนดของชั้นซ่อน
6. ปรับแก้ค่าน้ำหนักที่เส้นประสาทเทียมทุกเส้นที่อยู่ระหว่างชั้นซ่อน กับ ชั้นนำเข้า โดยอาศัย อัลกอลิทึมการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ของ โครงข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้โดยการแพร่ย้อนกลับ
7. ทำขั้นตอนที่1ถึง6 สำหรับตัวอย่างชุดที่ 2 3 และ 4

เมื่อทำซ้ำจนครบตัวอย่างทั้ง 4 จะพบว่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองจะเริ่มลดลงเล็กน้อย หนึ่งรอบในการวนข้อมูลหนึ่งชุดเรียกว่า 1 รอบ (Iteration) ดังนั้น เพื่อที่จะทำให้แบบจำลองสามารถคำนวณ ผลลัพธ์ที่เป็นคำตอบของแบบจำลอง ได้ใกล้เคียงกับ ผลลัพธ์ที่เกิดจริง ได้ตามเกณฑ์ที่ต้องการ จะต้องวนข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายเป็นจำนวนหลายร้อยรอบหรืออาจถึงล้านรอบถ้าความสัมพันธ์ของข้อมูลซับซ้อนมาก

2.เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) (กรรณิกา ศิลานนท์, 2542)

Mendel บิดาแห่งวิชาพันธุ์ศาสตร์ ค้นพบว่าลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิต เช่น ลักษณะผิวของเมล็ดพืช สีของเมล็ดพืช ฯลฯ ที่ถูกถ่ายทอดไปยังลูกหลานนั้นถูกควบคุมโดยหน่วยควบคุมลักษณะที่เรียกว่ายีน (Gene) และลักษณะย่อยของยีนเรียกว่าอัลลีล (Allele) ซึ่งแต่ละยีนจะเรียงตัวอยู่บนโครโมโซม (Chromosome) ภายในเซลล์ ตำแหน่งของยีนแต่ละยีนบนโครโมโซมเรียกว่าโลกัส (Logus) และแต่ละแบบของชุดยีนเรียกว่า จีโนไทป์ (Genotype) ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ซึ่งเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) ดังรูปที่ ก-4



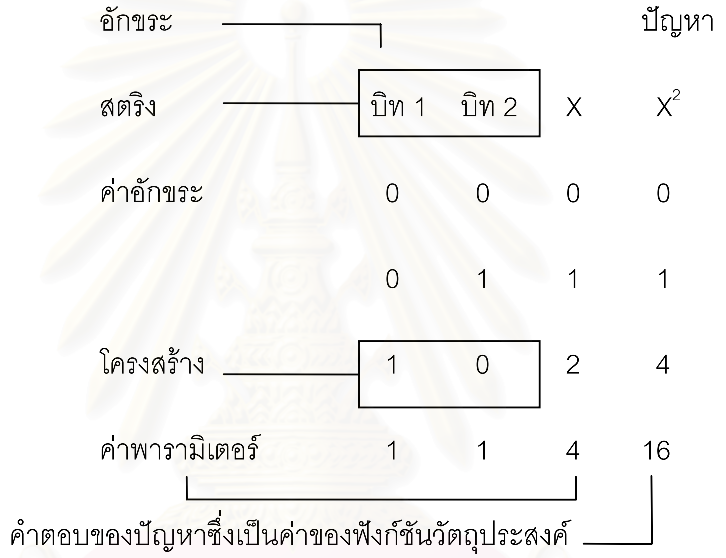
รูปที่ ก-4 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมียีนลักษณะของผิวเมล็ดคือ ลักษณะเรียบ (R) หรือ ขรุขระ (W) และยีนลักษณะสีของเมล็ดคือสีเหลือง (Y) สีเขียว (G)

การแก้ปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์ด้วย GAs พารามิเตอร์ต่างๆจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง (String) หรือโครโมโซมประกอบด้วยอักขระ (Character) หรือ (Bit) แต่ละตำแหน่งของโครโมโซมจะเก็บค่าอักขระที่แสดงโครงสร้างของแต่ละโครโมโซม ที่ให้คำตอบของปัญหาแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ GAs กับการแก้ปัญหาการหาค่าสูงสุดของ $f(x) = x^2$ โดยที่ x อยู่ในช่วง [0, 4] และสามารถสรุปความหมายทางพันธุศาสตร์เทียบกับ GAs ได้ดังตารางที่ ก-1

ชาล์ส ดาร์วิน ได้เสนอความคิด การเกิดสปีชีส์ของสิ่งมีชีวิต (The Origin of Species) โดยเสนอหลักการของการวิวัฒนาการที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติคือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีแนวโน้มที่จะถ่ายทอดลักษณะของมันไปสู่ลูกหลานของมัน
- ธรรมชาติทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะแตกต่างกัน
- สิ่งมีชีวิตมีความเหมาะสม ซึ่งมีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด มีแนวโน้มที่จะมีลูกหลานมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ประชากรอยู่รอดต่อไป
- เมื่อระยะเวลาผ่านไปยาวนาน จะเกิดการกลายพันธุ์ (Variation) ขึ้น และเกิดสปีชีส์ ใหม่ที่มีลักษณะเหมาะสมกับระบบนิเวศน์นั้น



รูปที่ ก-5 ลักษณะทางเจเนติกแสดงถึงการแก้ปัญหาในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0, 4] และค่าของ x ถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารี่สตริง

ตารางที่ ก-1 เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุ์ศาสตร์ และเจเนติกอัลกอริทึม

พันธุศาสตร์	เจเนติกอัลกอริทึม
โครโมโซม (Chromosome)	สตริง (String)
ยีน (Gene)	คุณลักษณะ (Character), บิท (Bit)
อัลลีล (Allele)	ค่าของคุณลักษณะ (Character Value), ค่าบิท (Bit Value)
โลกัส (Locus)	ตำแหน่ง (String Position)
จีโนไทป์ (Genotype)	โครงสร้าง (Structure)
ฟีโนไทป์ (Phenotype)	โครงสร้างคำตอบ (A Decode Structure)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 ความหมายของเจเนติกอัลกอริทึม

GAs เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และ กระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetics Selection) โดยการคัดเลือกสตริง (String) ที่มีความเหมาะสมจากกลุ่มของสตริงทั้งหมดด้วยวิธีการสุ่ม จากการนำสตริงเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการคัดเลือกสตริงที่มีความเหมาะสม ซึ่งสตริงที่มีความเหมาะสมนี้คือคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด GAs ไม่ใช่การสุ่มแบบง่ายๆ แต่มันเป็นการใช้ข้อมูลในอดีตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อพิจารณาจุดที่จะต้องค้นหาใหม่ โดยคาดหวังว่าสมรรถนะของการค้นหาจะดีขึ้น

GAs ถูกพัฒนาขึ้นโดย Holland และคณะ ในปี ค.ศ.1975 โดยมีเป้าหมายในการวิจัย 2 ข้อคือ ข้อแรก เพื่อสรุปและดัดแปลงการใช้กระบวนการทางธรรมชาติให้ถูกต้องมากที่สุด ข้อที่สอง เพื่อออกแบบและสร้างโปรแกรมที่รักษากลไกที่สำคัญของธรรมชาติ และ GAs แตกต่างกับวิธีการค้นหาและการทำ Optimization แบบอื่นๆ คือ

- GAs ทำงานโดยการเข้ารหัสสตริงเป็นชุดพารามิเตอร์
- GAs เป็นการค้นหาจากทั้งประชากรไม่ใช่ค้นหาจากเพียงตำแหน่งๆเดียว
- GAs ใช้ข่าวสารที่เป็นผลลัพธ์ (ฟังก์ชันเป้าหมาย) โดยไม่ใช้การอนุพันธ์หรือความรู้อื่นๆ
- GAs จะเป็นวิธี Probabilistic ไม่ใช่ Deterministic

2.2 เจเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms)

ขั้นตอนการทำ GAs อย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms: SGA) ดังรูปที่ ก-6 มีรายละเอียดดังนี้ต่อไปนี้

2.2.1 การเข้ารหัสและการสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม

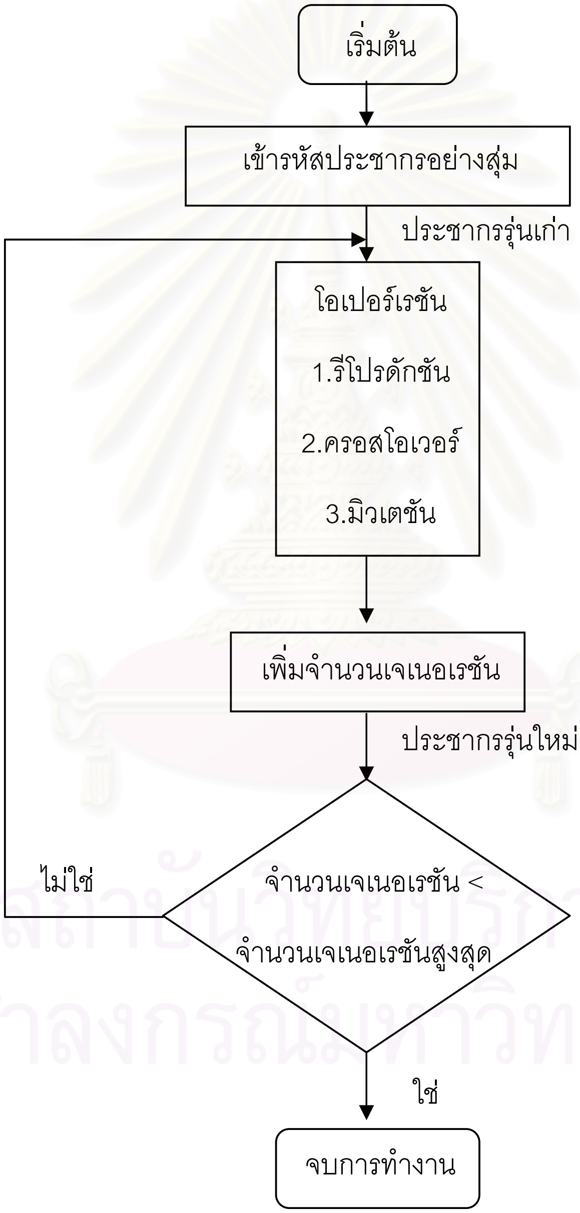
ขั้นตอนแรกของ GAs คือ การเข้ารหัสหรือแปลงค่าพารามิเตอร์ให้อยู่ในรูปของสตริงที่มีความยาวแน่นอน ซึ่งวิธีการเข้ารหัสนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหาแต่ละปัญหาสำหรับ SGA ใช้การเข้ารหัสแบบไบนารี่ (Binary Coding)

ตัวอย่างเช่น ต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ โดยที่ x มีค่าอยู่ระหว่าง [0, 31] ในที่นี้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ f(x) หรือ x^2 ซึ่งวิธีการเข้ารหัสแบบไบนารี่ โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ x ให้อยู่ในรูปไบนารี่ 5 บิทจะได้ ค่าพารามิเตอร์ของ x จะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 จนถึง 11111 (0 ถึง 31)

เมื่อกำหนดวิธีการเข้ารหัสแล้ว จำเป็นที่จะต้องสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) โดยวิธีการสุ่มเพื่อที่จะผ่านขั้นตอนของ SGA ต่อไป สมมุติว่าสุ่มประชากรเริ่มต้น 4 สตริงได้เป็น

01101 11000 01000 10011

ค่าสตริงของประชากรเริ่มต้นนี้ เกิดจากการสุ่มค่า ทั้งหมด 20 ครั้งหรือ สตริงแต่ละตัวทำการสุ่ม 5 ครั้ง



รูปที่ ก-6 ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย

2.2.2 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population)

ประชากรรุ่นเก่า คือ สตริงที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบสำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) โดยประชากรรุ่นเก่าชุดแรกคือประชากรเริ่มต้นนั่นเอง

2.2.3 การดำเนินการของ SGA

SGA ประกอบไปด้วยตัวการปฏิบัติการ 3 อย่างได้แก่ รีโปรดักชัน (Reproduction) การครอสโอเวอร์ (Crossover) และการมิวเตชัน (Mutation) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **รีโปรดักชัน** คือกระบวนการที่สตริงแต่ละตัวเลียนแบบค่าฟังก์ชันเป้าหมาย f(x) โดยที่ฟังก์ชันนี้อาจเป็นการวัด ผลตอบแทน ค่าอรรถประโยชน์ หรือสิ่งที่ต้องการให้เป็นค่าสูงสุด หรือค่าความเหมาะสม (Fitness) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงกว่าก็จะมีความน่าจะเป็นในการสนับสนุนลูกหลานรุ่นต่อไปสูงด้วย ตัวปฏิบัติการนี้เกิดขึ้นจากกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ ตามทฤษฎีผู้อยู่รอดที่มีความเหมาะสม (Survival of Fittest) ของ ชาล์ส ดาร์วิน ประชากรที่มีความเหมาะสมในธรรมชาติจะมีความสามารถในการรอดพ้นผู้ล่า โรคภัยไข้เจ็บ อุปสรรคอื่นๆที่ต่อต้านการเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่ และสามารถสืบพันธุ์ต่อไปได้ ส่วนฟังก์ชันเป้าหมายจะเป็นสิ่งที่ใช้พิจารณาว่าสตริงที่สร้างขึ้นจะมีชีวิตอยู่หรือตายจากไป

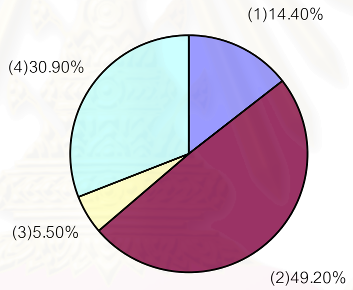
  ตัวปฏิบัติการรีโปรดักชันสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี วิธีที่ง่ายวิธีหนึ่งคือ สร้างจากวงล้อรูลเล็ทที่มีจำนวนช่องเท่ากับจำนวนประชากรสตริง และขนาดของช่องก็เป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม ดังรูปที่ ก-7 และค่าความเหมาะสมของฟังก์ชันเป้าหมายของประชากรทั้งสี่แสดงอยู่ในตารางที่ ก-2

  ค่าความเหมาะสมทั้งหมดโดยรวมจะได้ 1170 และค่ารายละเอียดต่างๆแสดงในตารางที่ 3 แสดงถึงวงล้อรูลเล็ทสำหรับการรีโปรดักชัน ซึ่งสร้างจากสัดส่วนของค่าฟิตเนสของสตริงทั้งหมด เช่นสตริงหมายเลข 1 มีค่าความเหมาะสมเป็น 169 หรือ 14.4% (169/1170) ของค่าฟิตเนสโดยรวมของทั้งประชากร ในการทำการรีโปรดักชันจะหมุนวงล้อเป็นจำนวน 4 ครั้งเท่ากับจำนวนสตริง เช่น สตริงหมายเลข 1 มีค่าเป็น 169 คิดเป็น 14.4% ของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อหมุนรูลเล็ท 1 ครั้งก็จะมีความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกเท่ากับ 0.144 ในการหมุนรูลเล็ทแต่ละครั้งจะได้ตัวแทนในการสืบพันธุ์ (Reproduction Candidate) สตริงที่มีความเหมาะสมสูงจะถูกคัดเลือกสำหรับการ

สืบพันธุ์การรีโปรดักชันสำหรับลูกหลานในรุ่นต่อไป เมื่อสตริงมีรูปร่างแน่นอนแล้วก็จะถูกส่งไปเข้า เมตติงพูล (Mating Pool) เพื่อที่จะผ่านกระบวนการของตัวปฏิบัติการอื่นต่อไป

ตารางที่ ก-2 กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม

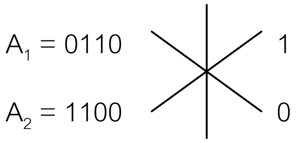
No.	สตริง	ค่าความเหมาะสม	% โดยรวม
1	01101	169	14.40
2	11000	576	49.20
3	01000	64	5.50
4	10011	361	30.90
รวม		1170	100.00



รูปที่ ก-7 การรีโปรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ททที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม

- **การครอสโอเวอร์** หลังจากประชากรทั้งหมดผ่านกระบวนการรีโปรดักชันแล้ว จะทำการจับคู่สมาชิกในเมตติงพูลหรือกลุ่มประชากรทั้งหมดอย่างสุ่มและทำการไขว้สลับค่าที่หลังตำแหน่งที่เลือกไว้จากการสุ่มหรือ ทำการแลกเปลี่ยนสวนกัน

การเลือกตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ จะทำโดยการสุ่มค่าที่เป็นจำนวนเต็มตำแหน่งที่ k ช่วงของสตริงที่เลือกจะอยู่ในช่วง [2, t-1] โดยที่ t คือตำแหน่งสุดท้ายของสตริงใหม่ทั้งสองก็จะมีการสลับอักขระตั้งแต่ตำแหน่งที่ k+1 จนถึง t ยกตัวอย่างเช่น พิจารณาสตริง A1,A2 จากประชากรเริ่มต้น



สมมุติว่าเลือกจำนวนสุ่มระหว่าง 1 ถึง 4 และได้ค่า k = 4 (แสดงโดยใช้สัญลักษณ์ “ | “ แทนการแยก) ผลของการครอสโอเวอร์สตริงที่เป็นประชากรรุ่นใหม่จะมีสัญลักษณ์ “ ‘ “

$A'_1 = 01100$

$A'_2 = 01100$

- **การมิวเตชัน** มิวเตชันเป็นสิ่งที่จำเป็นถึงแม้ว่ารีโปรดักชันและครอสโอเวอร์ช่วยให้การค้นหาเป็นไปอย่ามีประสิทธิภาพในบางครั้งก็มีการสูญเสียส่วนที่สำคัญไป (ค่า 1 หรือ 0 ในบางตำแหน่ง) การมิวเตชันจะป้องกันส่วนที่สูญเสียที่ไม่อาจเรียกคืนได้ (Irrecovery Loss) ในบางครั้งการหาคำตอบของ SGA คำตอบอาจติดอยู่ใน โลคอลอ็อปติมา (Local Optima) การมิวเตชันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้คำตอบสามารถหลุดออกจากโลคอลอ็อปติมา หรืออาจกล่าวได้ว่า โอเปอร์เรเตอร์ของการมิวเตชันเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าตำแหน่งสตริงแบบสุม จากปัญหาที่พิจารณาค่าจะเปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 โดยการเลือกตำแหน่งที่จะทำการมิวเตชันอย่างสุ่ม อัตราการมิวเตชันในธรรมชาติจะมีค่าค่อนข้างต่ำ ในการนำไปใช้งานจะต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม

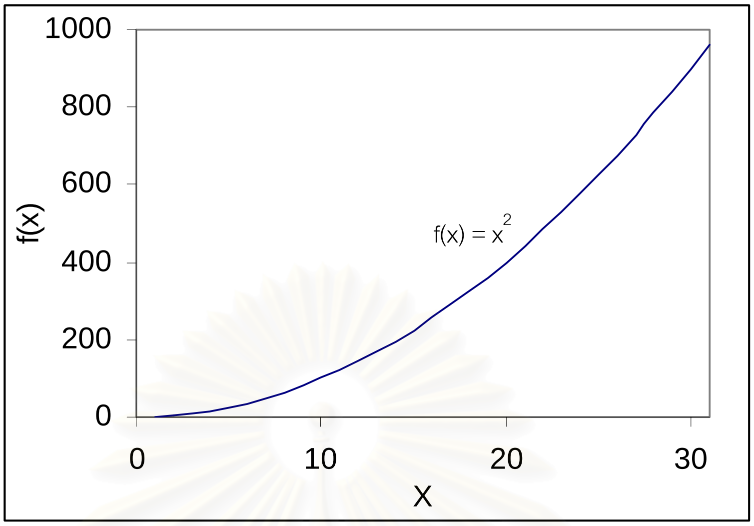
2.2.4 **ประชากรรุ่นใหม่** (New population)

สตริงทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการของ GAs เรียกว่าประชากรรุ่นใหม่หรือเจเนอเรชัน (Generation) รุ่นใหม่ซึ่งจะกลายเป็นประชากรรุ่นเก่า สำหรับการดำเนินการต่อไป กระบวนการของ SGA จะทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจำนวนเจเนอเรชัน จะมากกว่า จำนวนเจเนอเรชันที่กำหนดไว้สูงสุด

2.3 **ตัวอย่างการใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน**

เนื้อหาส่วนนี้เป็นการประยุกต์ใช้ GAs ในการแก้ปัญหา อ็อปติไมเซชัน (Optimization) หาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ทีละขั้นตอน โดย x เป็นตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 1 ถึง 31 ดังรูปที่ ก-8 แสดงถึงลักษณะฟังก์ชัน f(x) สำหรับปัญหานี้ตัวแปร x จะถูกเข้ารหัสให้เป็นไบนารี่ ที่มีความยาวสตริง 5 บิท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-8 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$

วิธีการทำเริ่มจากเลือกประชากรแรกขึ้นมาอย่างสุ่ม โดยประชากรเริ่มแรกจะได้มาจากการโยนเหรียญ 20 ครั้ง จากตารางที่ ก-3 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 3 ซึ่งมีค่าเป็น 01000 (นำมาเข้าแปลงเป็นเลขฐานสิบคือ 23 = 8) จากนั้นก็จะแปลงให้อยู่ในฟังก์ชันเป้าหมาย $f(x) = x^2$ จะได้ค่าเป็น 64 สำหรับค่า x และ f(x) อื่นๆก็คิดในลักษณะเดียวกัน

ตารางที่ ก-3 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ใน
ขั้นตอนการสุ่มสตริงเริ่มต้นและการรีโปรดักชัน

หมายเลขสตริง	ประชากรเริ่มต้น (สร้างขึ้นแบบสุ่ม)	ค่า x (Unsigned integer)	$f(x) = x^2$	Pselect $f_i / \Sigma f$	Expected count $f_i / \overline{f}$	Actual Count (จากวงล้อรูลเล็ท)
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
ผลรวม			1170	1.00	4.00	4.0
ค่าเฉลี่ย			293	0.25	1.00	1.0
ค่าสูงสุด			576	0.49	1.97	2.0

ตารางที่ ก-4 การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ใน

ขั้นตอนการครอสโอเวอร์

เมตติงพูลหลังจากการรีโปรดักชัน	สตริงจับคู่ (เลือกแบบสุ่ม)	ตำแหน่งครอสโอเวอร์ (เลือกแบบสุ่ม)	ประชากรใหม่	ค่า x	$f(x) = x^2$
0110 | 1	2	4	01100	12	144
1100 | 0	1	4	11001	25	625
11 | 000	4	2	11011	27	729
10 | 011	3	2	10000	16	256
ผลรวม					1754
ค่าเฉลี่ย					439
ค่าสูงสุด					729

หมายเหตุ

1.ประชากรเริ่มแรกทั้งสี่ตัว ในแต่ละตัวได้มาจากการสุ่มโยนเหรียญ 5 ครั้ง (มี 5 บิท)

2.รีโปรดักชันได้จากการหมุนวงล้อรูลเล็ท

3.ครอสโอเวอร์ได้จากการโยนเหรียญสองเหรียญแล้วทำการถอดรหัส (TT = 00 = 0 = ตำแหน่งที่ไขว้คือ 1, HH = 11 = 3 = ตำแหน่งที่ไขว้คือ 4)

4.ความน่าจะเป็นของครอสโอเวอร์กำหนดให้เป็นหนึ่ง $p_c = 1.0$

5.ความน่าจะเป็นของมิวเตชันเป็น 0.001, $p_m = 0.001$, ค่ามิวเตชันที่คาดหวัง (Expected Mutation) = 5*4*0.001 = 0.2 ไม่มีค่าค่ามิวเตชันที่คาดหวัง ระหว่างประชากรเดี่ยว

ประชากรรุ่นต่อไป จะเริ่มต้นกระบวนการรีโปรดักชันจากเมตติงพูล โดยการหมุนวงล้อรูลเล็ท 4 ครั้ง สตริงหมายเลข 1 และ 4 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 1 ครั้ง สตริงหมายเลข 2 ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไป 2 ครั้ง สตริงหมายเลข 3 ไม่ได้รับการคัดเลือกไปยังรุ่นต่อไปเลย เมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกที่คาดหวัง (Expected Count) (หาได้จาก $f_i / \bar{f}$) กับจำนวนครั้งที่ถูกคัดเลือกจริงจะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ค่าที่ดีที่สุดจะมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกมากกว่า ส่วนค่าที่ไม่ดีก็จะตายจากไป

ขั้นตอนต่อไปคือการครอสโอเวอร์ ซึ่งจะต้องมีการจับคู่กันระหว่างสตริง โดยมีสองขั้นตอน คือ 1)สตริงจะถูกจับคู่อย่างสุ่มโดยวิธีการโยนเหรียญจับคู่ 2)สตริงจะทำการครอสโอเวอร์โดยการโยนเหรียญเพื่อเลือกตำแหน่งที่จะไขว้ (Crossing Sites) เมื่อพิจารณาตารางที่ ก-4 อีกครั้ง จะเห็นได้ว่าจากการสุ่มจับคู่ในเมตติงพูล สตริงหมายเลข 2 จะจับคู่กับสตริงหมายเลข 1 และมีตำแหน่ง

การไขว้คือ 4 สตริงทั้งสองคือ 01101 และ 11000 เมื่อทำการไขว้จะได้สตริงตัวใหม่คือ 01100 และ 11001 สตริงที่เหลือในเมตติงพูลจะทำการไขว้กันในตำแหน่งที่สองดังแสดงในตารางที่ ก-4

ตัวปฏิบัติการสุดท้ายคือ มิวเตชันซึ่งจะเปลี่ยนค่าเป็นบิทต่อบิท สมมุติความน่าจะเป็นของการมิวเตชันในการทดสอบเป็น 0.001 ตำแหน่งที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมดมี 20 บิท (ได้จากจำนวนสตริง*จำนวนบิทของสตริงแต่ละตัว, 5*4 = 20) เพราะฉะนั้นตำแหน่งบิทที่จะมีการมิวเตชันของประชากรรุ่นนี้คือ 20*0.001 = 0.02 บิท จากการคำนวณจะเห็นได้ว่าไม่มีบิทใดต้องทำการมิวเตชัน สำหรับค่าความน่าจะเป็นนี้ นั่นก็คือไม่มีบิทใดที่จะต้องเปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 สำหรับประชากรรุ่นนี้ แต่สมมุติว่าถ้าตำแหน่งบิทที่จะมิวเตชันของประชากรรุ่นนี้คือ 5 ดังนั้นตำแหน่งบิทที่ 5 จะต้องทำการเปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0

หลังจากผ่านการรีโปรดักชัน ครอสโอเวอร์และมิวเตชัน ประชากรรุ่นใหม่ก็พร้อมที่จะถูกทดสอบ โดยทำการเข้ารหัสสตริงใหม่คำนวณหาค่า x และค่าฟังก์ชัน f(x) ตารางที่ ก-4 แสดงถึงผลจากการทดลองจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความน่าจะเป็นทำให้ค่าสมรรถนะดีขึ้น ค่าความเหมาะสมของประชากรโดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 293 เป็น 439 ในขณะที่ค่าความเหมาะสมสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 576 เป็น 729 ถึงแม้ว่ากระบวนการสุ่มจะช่วยทำให้ค่าต่างๆสูงขึ้นแต่ค่าต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นเหล่านี้ไม่ใช่ความบังเอิญ ค่าสตริงที่ดีที่สุดของประชากรเริ่มแรกคือ (11000) จะมีการเลียนแบบ 2 ครั้งเนื่องจากเป็นค่าที่สูงเกินกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อรวมกับค่าสตริงตัวต่อไป (10011) แบบสุ่มและทำการไขว้แบบสุ่มในตำแหน่งที่สอง ก็จะได้ผลลัพธ์เป็น (11011) ซึ่งก็จะเป็นค่าที่ดีเช่นกัน

ค่าพารามิเตอร์ของ SGA มีความสำคัญอย่างมาก ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในบางครั้งจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดี แต่ในบางครั้งก็ไม่อาจที่จะหาคำตอบที่ดีได้เนื่องจาก

1. การเข้ารหัสของปัญหาผิดพลาดทำให้ GAs หาคำตอบผิดพลาด

2.ขีดจำกัดของจำนวนประชากร ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

3.ขีดจำกัดของจำนวนเจเนอเรชัน ในทางทฤษฎีแล้วมีค่าเป็นอนันต์

ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถกำหนดให้เป็นอนันต์ได้ในทางปฏิบัติเนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ของคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ข.

ตารางประกอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

ค.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
1970	802	801	802	813	827	834	848	851	857	862	866	866	836
1971	875	877	905	913	933	946	959	970	996	997	1001	1005	948
1972	1011	1016	1022	1027	1039	1047	1053	1057	1067	1070	1082	1090	1048
1973	1102	1114	1123	1135	1140	1138	1137	1144	1150	1156	1155	1158	1138
1974	1156	1154	1155	1177	1177	1199	1233	1240	1238	1246	1239	1240	1205
1975	1242	1265	1265	1269	1287	1307	1317	1330	1333	1351	1349	1354	1306
1976	1362	1370	1378	1391	1398	1416	1425	1455	1467	1456	1479	1484	1423
1977	1489	1499	1504	1506	1507	1521	1539	1554	1587	1618	1604	1607	1545
1978	1609	1617	1620	1621	1652	1663	1696	1705	1720	1721	1732	1734	1674
1979	1740	1740	1750	1749	1753	1809	1829	1849	1900	1900	1901	1909	1819
1980	1895	1894	1915	1899	1888	1916	1950	1971	1976	1976	2000	2017	1941
1981	2015	2016	2014	2064	2076	2080	2106	2131	2154	2151	2181	2178	2097
1982	2184	2198	2192	2197	2199	2225	2258	2259	2263	2262	2268	2297	2234
1983	2311	2348	2352	2347	2351	2388	2414	2428	2430	2416	2419	2406	2384
1984	2402	2407	2412	2422	2419	2417	2418	2428	2430	2424	2421	2408	2417
1985	2410	2414	2406	2405	2411	2429	2448	2442	2441	2441	2446	2439	2428
1986	2440	2446	2447	2458	2479	2493	2499	2498	2504	2511	2511	2511	2483
1987	2515	2510	2518	2523	2524	2525	2538	2557	2564	2569	2564	2589	2541
1988	2574	2576	2586	2591	2592	2595	2598	2611	2612	2612	2616	2617	2598
1989	2615	2608	2612	2615	2616	2623	2627	2637	2660	2662	2665	2669	2634
1990	2664	2668	2673	2676	2691	2715	2716	2716	2730	2728	2730	2720	2702
1991	2720	2716	2715	2709	2723	2733	2757	2792	2785	2786	2791	2784	2751
1992	2784	2775	2799	2809	2828	2838	2845	2854	2857	2867	2873	2875	2834
1993	2886	2886	2915	2976	3071	3066	3038	3014	3009	3016	3029	3046	2996
1994	3071	3106	3116	3127	3125	3115	3107	3109	3116	3116	3109	3110	3111
1995	3112	3111	3103	3100	3096	3095	3114	3121	3109	3117	3131	3128	3111
1996	3127	3131	3135	3148	3161	3178	3190	3223	3246	3284	3304	3311	3203
1997	3332	3333	3323	3364	3377	3396	3392	3385	3378	3372	3350	3370	3364
1998	3363	3372	3368	3375	3374	3379	3382	3391	3414	3423	3424	3419	3391
1999	3425	3417	3411	3421	3422	3433	3460	3474	3504	3505	3498	3497	3456
2000	3503	3523	3536	3534	3558	3553	3545	3546	3539	3547	3541	3548	3539
2001	3545	3536	3542	3541	3547	3572	3625	3605	3597	3602	3596	3577	3574
2002	3581	3581	3597	3583	3612	3624	3652	3648	3655	3651	3654	3640	3623
2003	3648	3655	3649	3652	3660	3677							

(แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/features/conEco/costIndexes/bldIndexHist.asp)

ตารางที่ ข-2 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

ค.ศ.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
1970	1309	1311	1314	1329	1351	1375	1414	1418	1421	1434	1445	1445	1381
1971	1465	1467	1496	1513	1551	1589	1618	1629	1654	1657	1665	1672	1581
1972	1686	1691	1697	1707	1735	1761	1772	1777	1786	1794	1808	1816	1753
1973	1838	1850	1859	1874	1880	1896	1901	1902	1929	1933	1935	1939	1895
1974	1940	1940	1940	1961	1961	1993	2040	2076	2089	2100	2094	2101	2020
1975	2103	2128	2128	2135	2164	2205	2248	2274	2275	2293	2292	2297	2212
1976	2305	2314	2322	2327	2357	2410	2414	2445	2465	2478	2486	2490	2401
1977	2494	2505	2513	2514	2515	2541	2579	2611	2644	2675	2659	2660	2576
1978	2672	2681	2693	2698	2733	2753	2821	2829	2851	2851	2861	2869	2776
1979	2872	2877	2886	2886	2889	2984	3052	3071	3120	3122	3131	3140	3003
1980	3132	3134	3159	3143	3139	3198	3260	3304	3319	3327	3355	3376	3237
1981	3372	3373	3384	3450	3471	3496	3548	3616	3657	3660	3697	3695	3535
1982	3704	3728	3721	3731	3734	3815	3899	3899	3902	3901	3917	3950	3825
1983	3960	4001	4006	4001	4003	4073	4108	4132	4142	4127	4133	4110	4066
1984	4109	4113	4118	4132	4142	4161	4166	4169	4176	4161	4158	4144	4146
1985	4145	4153	4151	4150	4171	4201	4220	4230	4229	4228	4231	4228	4195
1986	4218	4230	4231	4242	4275	4303	4332	4334	4335	4344	4342	4351	4295
1987	4354	4352	4359	4363	4369	4387	4404	4443	4456	4459	4453	4478	4406
1988	4470	4473	4484	4489	4493	4525	4532	4542	4535	4555	4567	4568	4519
1989	4580	4573	4574	4577	4578	4599	4608	4618	4658	4658	4668	4685	4615
1990	4680	4685	4691	4693	4707	4732	4734	4752	4774	4771	4787	4777	4732
1991	4777	4773	4772	4766	4801	4818	4854	4892	4891	4892	4896	4889	4835
1992	4888	4884	4927	4946	4965	4973	4992	5032	5042	5052	5058	5059	4985
1993	5071	5070	5106	5167	5262	5260	5252	5230	5255	5264	5278	5310	5210
1994	5336	5371	5381	5405	5405	5408	5409	5424	5437	5437	5439	5439	5408
1995	5443	5444	5435	5432	5433	5432	5484	5506	5491	5511	5519	5524	5471
1996	5523	5532	5537	5550	5572	5597	5617	5652	5683	5719	5740	5744	5620
1997	5765	5769	5759	5799	5837	5860	5863	5854	5851	5848	5838	5858	5825
1998	5852	5874	5875	5883	5881	5895	5921	5929	5963	5986	5995	5991	5920
1999	6000	5992	5986	6008	6006	6039	6076	6091	6128	6134	6127	6127	6060
2000	6130	6160	6202	6201	6233	6238	6225	6233	6224	6259	6266	6283	6221
2001	6281	6273	6280	6286	6288	6319	6404	6389	6391	6397	6410	6390	6342
2002	6462	6462	6502	6480	6512	6532	6605	6592	6589	6579	6578	6563	6538
2003	6581	6640	6627	6635	6642	6694							

(แหล่งที่มา : http://enr.construction.com/features/conEco/costIndexes/constIndexHist.asp)

ตารางที่ ข-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ก) ปีค.ศ. 1970-1979

เดือน	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
ม.ค.		1.04%	0.60%	1.10%	-0.17%	0.16%	0.59%	0.34%	0.12%	0.35%
ก.พ.	-0.12%	0.23%	0.49%	1.09%	-0.17%	1.85%	0.59%	0.67%	0.50%	0.00%
มี.ค.	0.12%	3.19%	0.59%	0.81%	0.09%	0.00%	0.58%	0.33%	0.19%	0.57%
เม.ย.	1.37%	0.88%	0.49%	1.07%	1.90%	0.32%	0.94%	0.13%	0.06%	-0.06%
พ.ค.	1.72%	2.19%	1.17%	0.44%	0.00%	1.42%	0.50%	0.07%	1.91%	0.23%
มิ.ย.	0.85%	1.39%	0.77%	-0.18%	1.87%	1.55%	1.29%	0.93%	0.67%	3.19%
ก.ค.	1.68%	1.37%	0.57%	-0.09%	2.84%	0.77%	0.64%	1.18%	1.98%	1.11%
ส.ค.	0.35%	1.15%	0.38%	0.62%	0.57%	0.99%	2.11%	0.97%	0.53%	1.09%
ก.ย.	0.71%	2.68%	0.95%	0.52%	-0.16%	0.23%	0.82%	2.12%	0.88%	2.76%
ต.ค.	0.58%	0.10%	0.28%	0.52%	0.65%	1.35%	-0.75%	1.95%	0.06%	0.00%
พ.ย.	0.46%	0.40%	1.12%	-0.09%	-0.56%	-0.15%	1.58%	-0.87%	0.64%	0.05%
ธ.ค.	0.00%	0.40%	0.74%	0.26%	0.08%	0.37%	0.34%	0.19%	0.12%	0.42%

ตารางที่ ข-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ข) ปีค.ศ. 1980-1989

เดือน	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
ม.ค.	-0.73%	-0.10%	0.28%	0.61%	-0.17%	0.08%	0.04%	0.16%	-0.58%	-0.08%
ก.พ.	-0.05%	0.05%	0.64%	1.60%	0.21%	0.17%	0.25%	-0.20%	0.08%	-0.27%
มี.ค.	1.11%	-0.10%	-0.27%	0.17%	0.21%	-0.33%	0.04%	0.32%	0.39%	0.15%
เม.ย.	-0.84%	2.48%	0.23%	-0.21%	0.41%	-0.04%	0.45%	0.20%	0.19%	0.11%
พ.ค.	-0.58%	0.58%	0.09%	0.17%	-0.12%	0.25%	0.85%	0.04%	0.04%	0.04%
มิ.ย.	1.48%	0.19%	1.18%	1.57%	-0.08%	0.75%	0.56%	0.04%	0.12%	0.27%
ก.ค.	1.77%	1.25%	1.48%	1.09%	0.04%	0.78%	0.24%	0.51%	0.12%	0.15%
ส.ค.	1.08%	1.19%	0.04%	0.58%	0.41%	-0.25%	-0.04%	0.75%	0.50%	0.38%
ก.ย.	0.25%	1.08%	0.18%	0.08%	0.08%	-0.04%	0.24%	0.27%	0.04%	0.87%
ต.ค.	0.00%	-0.14%	-0.04%	-0.58%	-0.25%	0.00%	0.28%	0.20%	0.00%	0.08%
พ.ย.	1.21%	1.39%	0.27%	0.12%	-0.12%	0.20%	0.00%	-0.19%	0.15%	0.11%
ธ.ค.	0.85%	-0.14%	1.28%	-0.54%	-0.54%	-0.29%	0.00%	0.98%	0.04%	0.15%

ตารางที่ ข-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ค) ปีค.ศ. 1990-1999

เดือน	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ม.ค.	-0.19%	0.00%	0.00%	0.38%	0.82%	0.06%	-0.03%	0.63%	-0.21%	0.18%
ก.พ.	0.15%	-0.15%	-0.32%	0.00%	1.14%	-0.03%	0.13%	0.03%	0.27%	-0.23%
มี.ค.	0.19%	-0.04%	0.86%	1.00%	0.32%	-0.26%	0.13%	-0.30%	-0.12%	-0.18%
เม.ย.	0.11%	-0.22%	0.36%	2.09%	0.35%	-0.10%	0.41%	1.23%	0.21%	0.29%
พ.ค.	0.56%	0.52%	0.68%	3.19%	-0.06%	-0.13%	0.41%	0.39%	-0.03%	0.03%
มิ.ย.	0.89%	0.37%	0.35%	-0.16%	-0.32%	-0.03%	0.54%	0.56%	0.15%	0.32%
ก.ค.	0.04%	0.88%	0.25%	-0.91%	-0.26%	0.61%	0.38%	-0.12%	0.09%	0.79%
ส.ค.	0.00%	1.27%	0.32%	-0.79%	0.06%	0.22%	1.03%	-0.21%	0.27%	0.40%
ก.ย.	0.52%	-0.25%	0.11%	-0.17%	0.23%	-0.38%	0.71%	-0.21%	0.68%	0.86%
ต.ค.	-0.07%	0.04%	0.35%	0.23%	0.00%	0.26%	1.17%	-0.18%	0.26%	0.03%
พ.ย.	0.07%	0.18%	0.21%	0.43%	-0.22%	0.45%	0.61%	-0.65%	0.03%	-0.20%
ธ.ค.	-0.37%	-0.25%	0.07%	0.56%	0.03%	-0.10%	0.21%	0.60%	-0.15%	-0.03%

ตารางที่ ข-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ง) ปีค.ศ. 2000-2003

เดือน	2000	2001	2002	2003
ม.ค.	0.17%	-0.08%	0.11%	0.22%
ก.พ.	0.57%	-0.25%	0.00%	0.19%
มี.ค.	0.37%	0.17%	0.45%	-0.16%
เม.ย.	-0.06%	-0.03%	-0.39%	0.08%
พ.ค.	0.68%	0.17%	0.81%	0.22%
มิ.ย.	-0.14%	0.70%	0.33%	0.46%
ก.ค.	-0.23%	1.48%	0.77%	
ส.ค.	0.03%	-0.55%	-0.11%	
ก.ย.	-0.20%	-0.22%	0.19%	
ต.ค.	0.23%	0.14%	-0.11%	
พ.ย.	-0.17%	-0.17%	0.08%	
ธ.ค.	0.20%	-0.53%	-0.38%	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ก) ปีค.ศ. 1970-1979

เดือน	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
ม.ค.		1.38%	0.84%	1.21%	0.05%	0.10%	0.35%	0.16%	0.45%	0.10%
ก.พ.	0.15%	0.14%	0.30%	0.65%	0.00%	1.19%	0.39%	0.44%	0.34%	0.17%
มี.ค.	0.23%	1.98%	0.35%	0.49%	0.00%	0.00%	0.35%	0.32%	0.45%	0.31%
เม.ย.	1.14%	1.14%	0.59%	0.81%	1.08%	0.33%	0.22%	0.04%	0.19%	0.00%
พ.ค.	1.66%	2.51%	1.64%	0.32%	0.00%	1.36%	1.29%	0.04%	1.30%	0.10%
มิ.ย.	1.78%	2.45%	1.50%	0.85%	1.63%	1.89%	2.25%	1.03%	0.73%	3.29%
ก.ค.	2.84%	1.83%	0.62%	0.26%	2.36%	1.95%	0.17%	1.50%	2.47%	2.28%
ส.ค.	0.28%	0.68%	0.28%	0.05%	1.76%	1.16%	1.28%	1.24%	0.28%	0.62%
ก.ย.	0.21%	1.53%	0.51%	1.42%	0.63%	0.04%	0.82%	1.26%	0.78%	1.60%
ต.ค.	0.91%	0.18%	0.45%	0.21%	0.53%	0.79%	0.53%	1.17%	0.00%	0.06%
พ.ย.	0.77%	0.48%	0.78%	0.10%	-0.29%	-0.04%	0.32%	-0.60%	0.35%	0.29%
ธ.ค.	0.00%	0.42%	0.44%	0.21%	0.33%	0.22%	0.16%	0.04%	0.28%	0.29%

ตารางที่ ข-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ข) ปีค.ศ. 1980-1989

เดือน	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
ม.ค.	-0.25%	-0.12%	0.24%	0.25%	-0.02%	0.02%	-0.24%	0.07%	-0.18%	0.26%
ก.พ.	0.06%	0.03%	0.65%	1.04%	0.10%	0.19%	0.28%	-0.05%	0.07%	-0.15%
มี.ค.	0.80%	0.33%	-0.19%	0.12%	0.12%	-0.05%	0.02%	0.16%	0.25%	0.02%
เม.ย.	-0.51%	1.95%	0.27%	-0.12%	0.34%	-0.02%	0.26%	0.09%	0.11%	0.07%
พ.ค.	-0.13%	0.61%	0.08%	0.05%	0.24%	0.51%	0.78%	0.14%	0.09%	0.02%
มิ.ย.	1.88%	0.72%	2.17%	1.75%	0.46%	0.72%	0.65%	0.41%	0.71%	0.46%
ก.ค.	1.94%	1.49%	2.20%	0.86%	0.12%	0.45%	0.67%	0.39%	0.15%	0.20%
ส.ค.	1.35%	1.92%	0.00%	0.58%	0.07%	0.24%	0.05%	0.89%	0.22%	0.22%
ก.ย.	0.45%	1.13%	0.08%	0.24%	0.17%	-0.02%	0.02%	0.29%	-0.15%	0.87%
ต.ค.	0.24%	0.08%	-0.03%	-0.36%	-0.36%	-0.02%	0.21%	0.07%	0.44%	0.00%
พ.ย.	0.84%	1.01%	0.41%	0.15%	-0.07%	0.07%	-0.05%	-0.13%	0.26%	0.21%
ธ.ค.	0.63%	-0.05%	0.84%	-0.56%	-0.34%	-0.07%	0.21%	0.56%	0.02%	0.36%

ตารางที่ ข-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ค) ปีค.ศ. 1990-1999

เดือน	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ม.ค.	-0.11%	0.00%	-0.02%	0.24%	0.49%	0.07%	-0.02%	0.37%	-0.10%	0.15%
ก.พ.	0.11%	-0.08%	-0.08%	-0.02%	0.66%	0.02%	0.16%	0.07%	0.38%	-0.13%
มี.ค.	0.13%	-0.02%	0.88%	0.71%	0.19%	-0.17%	0.09%	-0.17%	0.02%	-0.10%
เม.ย.	0.04%	-0.13%	0.39%	1.19%	0.45%	-0.06%	0.23%	0.69%	0.14%	0.37%
พ.ค.	0.30%	0.73%	0.38%	1.84%	0.00%	0.02%	0.40%	0.66%	-0.03%	-0.03%
มิ.ย.	0.53%	0.35%	0.16%	-0.04%	0.06%	-0.02%	0.45%	0.39%	0.24%	0.55%
ก.ค.	0.04%	0.75%	0.38%	-0.15%	0.02%	0.96%	0.36%	0.05%	0.44%	0.61%
ส.ค.	0.38%	0.78%	0.80%	-0.42%	0.28%	0.40%	0.62%	-0.15%	0.14%	0.25%
ก.ย.	0.46%	-0.02%	0.20%	0.48%	0.24%	-0.27%	0.55%	-0.05%	0.57%	0.61%
ต.ค.	-0.06%	0.02%	0.20%	0.17%	0.00%	0.36%	0.63%	-0.05%	0.39%	0.10%
พ.ย.	0.34%	0.08%	0.12%	0.27%	0.04%	0.15%	0.37%	-0.17%	0.15%	-0.11%
ธ.ค.	-0.21%	-0.14%	0.02%	0.61%	0.00%	0.09%	0.07%	0.34%	-0.07%	0.00%

ตารางที่ ข-4 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ง) ปีค.ศ. 2000-2003

เดือน	2000	2001	2002	2003
ม.ค.	0.05%	-0.03%	1.13%	0.27%
ก.พ.	0.49%	-0.13%	0.00%	0.90%
มี.ค.	0.68%	0.11%	0.62%	-0.20%
เม.ย.	-0.02%	0.10%	-0.34%	0.12%
พ.ค.	0.52%	0.03%	0.49%	0.11%
มิ.ย.	0.08%	0.49%	0.31%	0.78%
ก.ค.	-0.21%	1.35%	1.12%	
ส.ค.	0.13%	-0.23%	-0.20%	
ก.ย.	-0.14%	0.03%	-0.05%	
ต.ค.	0.56%	0.09%	-0.15%	
พ.ย.	0.11%	0.20%	-0.02%	
ธ.ค.	0.27%	-0.31%	-0.23%	

ตารางที่ ข-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ก) ปีค.ศ. 1971-1980

เดือน	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
ม.ค.	9.10%	15.54%	9.00%	4.90%	7.44%	9.66%	9.32%	8.06%	8.14%	8.91%
ก.พ.	9.49%	15.85%	9.65%	3.59%	9.62%	8.30%	9.42%	7.87%	7.61%	8.85%
มี.ค.	12.84%	12.93%	9.88%	2.85%	9.52%	8.93%	9.14%	7.71%	8.02%	9.43%
เม.ย.	12.30%	12.49%	10.52%	3.70%	7.82%	9.61%	8.27%	7.64%	7.90%	8.58%
พ.ค.	12.82%	11.36%	9.72%	3.25%	9.35%	8.62%	7.80%	9.62%	6.11%	7.70%
มิ.ย.	13.43%	10.68%	8.69%	5.36%	9.01%	8.34%	7.42%	9.34%	8.78%	5.91%
ก.ค.	13.09%	9.80%	7.98%	8.44%	6.81%	8.20%	8.00%	10.20%	7.84%	6.62%
ส.ค.	13.98%	8.97%	8.23%	8.39%	7.26%	9.40%	6.80%	9.72%	8.45%	6.60%
ก.ย.	16.22%	7.13%	7.78%	7.65%	7.67%	10.05%	8.18%	8.38%	10.47%	4.00%
ต.ค.	15.66%	7.32%	8.04%	7.79%	8.43%	7.77%	11.13%	6.37%	10.40%	4.00%
พ.ย.	15.59%	8.09%	6.75%	7.27%	8.88%	9.64%	8.45%	7.98%	9.76%	5.21%
ธ.ค.	16.05%	8.46%	6.24%	7.08%	9.19%	9.60%	8.29%	7.90%	10.09%	5.66%

ตารางที่ ข-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ข) ปีค.ศ. 1981-1990

เดือน	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
ม.ค.	6.33%	8.39%	5.82%	3.94%	0.33%	1.24%	3.07%	2.35%	1.59%	1.87%
ก.พ.	6.44%	9.03%	6.82%	2.51%	0.29%	1.33%	2.62%	2.63%	1.24%	2.30%
มี.ค.	5.17%	8.84%	7.30%	2.55%	-0.25%	1.70%	2.90%	2.70%	1.01%	2.34%
เม.ย.	8.69%	6.44%	6.83%	3.20%	-0.70%	2.20%	2.64%	2.70%	0.93%	2.33%
พ.ค.	9.96%	5.92%	6.91%	2.89%	-0.33%	2.82%	1.82%	2.69%	0.93%	2.87%
มิ.ย.	8.56%	6.97%	7.33%	1.21%	0.50%	2.63%	1.28%	2.77%	1.08%	3.51%
ก.ค.	8.00%	7.22%	6.91%	0.17%	1.24%	2.08%	1.56%	2.36%	1.12%	3.39%
ส.ค.	8.12%	6.01%	7.48%	0.00%	0.58%	2.29%	2.36%	2.11%	1.00%	3.00%
ก.ย.	9.01%	5.06%	7.38%	0.00%	0.45%	2.58%	2.40%	1.87%	1.84%	2.63%
ต.ค.	8.86%	5.16%	6.81%	0.33%	0.70%	2.87%	2.31%	1.67%	1.91%	2.48%
พ.ย.	9.05%	3.99%	6.66%	0.08%	1.03%	2.66%	2.11%	2.03%	1.87%	2.44%
ธ.ค.	7.98%	5.46%	4.75%	0.08%	1.29%	2.95%	3.11%	1.08%	1.99%	1.91%

ตารางที่ ข-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ค) ปีค.ศ. 1991-2000

เดือน	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ม.ค.	2.10%	2.35%	3.66%	6.41%	1.34%	0.48%	6.56%	0.93%	1.84%	2.28%
ก.พ.	1.80%	2.17%	4.00%	7.62%	0.16%	0.64%	6.45%	1.17%	1.33%	3.10%
มี.ค.	1.57%	3.09%	4.14%	6.90%	-0.42%	1.03%	6.00%	1.35%	1.28%	3.66%
เม.ย.	1.23%	3.69%	5.95%	5.07%	-0.86%	1.55%	6.86%	0.33%	1.36%	3.30%
พ.ค.	1.19%	3.86%	8.59%	1.76%	-0.93%	2.10%	6.83%	-0.09%	1.42%	3.97%
มิ.ย.	0.66%	3.84%	8.03%	1.60%	-0.64%	2.68%	6.86%	-0.50%	1.60%	3.50%
ก.ค.	1.51%	3.19%	6.78%	2.27%	0.23%	2.44%	6.33%	-0.29%	2.31%	2.46%
ส.ค.	2.80%	2.22%	5.61%	3.15%	0.39%	3.27%	5.03%	0.18%	2.45%	2.07%
ก.ย.	2.01%	2.59%	5.32%	3.56%	-0.22%	4.41%	4.07%	1.07%	2.64%	1.00%
ต.ค.	2.13%	2.91%	5.20%	3.32%	0.03%	5.36%	2.68%	1.51%	2.40%	1.20%
พ.ย.	2.23%	2.94%	5.43%	2.64%	0.71%	5.53%	1.39%	2.21%	2.16%	1.23%
ธ.ค.	2.35%	3.27%	5.95%	2.10%	0.58%	5.85%	1.78%	1.45%	2.28%	1.46%

ตารางที่ ข-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ง) ปีค.ศ. 2001-2003

เดือน	2001	2002	2003
ม.ค.	1.20%	1.02%	1.87%
ก.พ.	0.37%	1.27%	2.07%
มี.ค.	0.17%	1.55%	1.45%
เม.ย.	0.20%	1.19%	1.93%
พ.ค.	-0.31%	1.83%	1.33%
มิ.ย.	0.53%	1.46%	1.46%
ก.ค.	2.26%	0.74%	
ส.ค.	1.66%	1.19%	
ก.ย.	1.64%	1.61%	
ต.ค.	1.55%	1.36%	
พ.ย.	1.55%	1.61%	
ธ.ค.	0.82%	1.76%	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ก) ปีค.ศ. 1971-1980

เดือน	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
ม.ค.	11.92%	15.09%	9.02%	5.55%	8.40%	9.61%	8.20%	7.14%	7.49%	9.05%
ก.พ.	11.90%	15.27%	9.40%	4.86%	9.69%	8.74%	8.25%	7.03%	7.31%	8.93%
มี.ค.	13.85%	13.44%	9.55%	4.36%	9.69%	9.12%	8.23%	7.16%	7.17%	9.46%
เม.ย.	13.84%	12.82%	9.78%	4.64%	8.87%	8.99%	8.04%	7.32%	6.97%	8.91%
พ.ค.	14.80%	11.86%	8.36%	4.31%	10.35%	8.92%	6.70%	8.67%	5.71%	8.65%
มิ.ย.	15.56%	10.82%	7.67%	5.12%	10.64%	9.30%	5.44%	8.34%	8.39%	7.17%
ก.ค.	14.43%	9.52%	7.28%	7.31%	10.20%	7.38%	6.84%	9.38%	8.19%	6.82%
ส.ค.	14.88%	9.09%	7.03%	9.15%	9.54%	7.52%	6.79%	8.35%	8.55%	7.59%
ก.ย.	16.40%	7.98%	8.01%	8.29%	8.90%	8.35%	7.26%	7.83%	9.44%	6.38%
ต.ค.	15.55%	8.27%	7.75%	8.64%	9.19%	8.07%	7.95%	6.58%	9.51%	6.57%
พ.ย.	15.22%	8.59%	7.02%	8.22%	9.46%	8.46%	6.96%	7.60%	9.44%	7.15%
ธ.ค.	15.71%	8.61%	6.77%	8.35%	9.33%	8.40%	6.83%	7.86%	9.45%	7.52%

ตารางที่ ข-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ข) ปีค.ศ. 1981-1990

เดือน	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
ม.ค.	7.66%	9.85%	6.91%	3.76%	0.88%	1.76%	3.22%	2.66%	2.46%	2.18%
ก.พ.	7.63%	10.52%	7.32%	2.80%	0.97%	1.85%	2.88%	2.78%	2.24%	2.45%
มี.ค.	7.12%	9.96%	7.66%	2.80%	0.80%	1.93%	3.03%	2.87%	2.01%	2.56%
เม.ย.	9.77%	8.14%	7.24%	3.27%	0.44%	2.22%	2.85%	2.89%	1.96%	2.53%
พ.ค.	10.58%	7.58%	7.20%	3.47%	0.70%	2.49%	2.20%	2.84%	1.89%	2.82%
มิ.ย.	9.32%	9.12%	6.76%	2.16%	0.96%	2.43%	1.95%	3.15%	1.64%	2.89%
ก.ค.	8.83%	9.89%	5.36%	1.41%	1.30%	2.65%	1.66%	2.91%	1.68%	2.73%
ส.ค.	9.44%	7.83%	5.98%	0.90%	1.46%	2.46%	2.51%	2.23%	1.67%	2.90%
ก.ย.	10.18%	6.70%	6.15%	0.82%	1.27%	2.51%	2.79%	1.77%	2.71%	2.49%
ต.ค.	10.01%	6.58%	5.79%	0.82%	1.61%	2.74%	2.65%	2.15%	2.26%	2.43%
พ.ย.	10.19%	5.95%	5.51%	0.60%	1.76%	2.62%	2.56%	2.56%	2.21%	2.55%
ธ.ค.	9.45%	6.90%	4.05%	0.83%	2.03%	2.91%	2.92%	2.01%	2.56%	1.96%

ตารางที่ ข-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ค) ปีค.ศ. 1991-2000

เดือน	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
ม.ค.	2.07%	2.32%	3.74%	5.23%	2.01%	1.47%	4.38%	1.51%	2.53%	2.17%
ก.พ.	1.88%	2.33%	3.81%	5.94%	1.36%	1.62%	4.28%	1.82%	2.01%	2.80%
มี.ค.	1.73%	3.25%	3.63%	5.39%	1.00%	1.88%	4.01%	2.01%	1.89%	3.61%
เม.ย.	1.56%	3.78%	4.47%	4.61%	0.50%	2.17%	4.49%	1.45%	2.12%	3.21%
พ.ค.	2.00%	3.42%	5.98%	2.72%	0.52%	2.56%	4.76%	0.75%	2.13%	3.78%
มิ.ย.	1.82%	3.22%	5.77%	2.81%	0.44%	3.04%	4.70%	0.60%	2.44%	3.30%
ก.ค.	2.53%	2.84%	5.21%	2.99%	1.39%	2.43%	4.38%	0.99%	2.62%	2.45%
ส.ค.	2.95%	2.86%	3.93%	3.71%	1.51%	2.65%	3.57%	1.28%	2.73%	2.33%
ก.ย.	2.45%	3.09%	4.22%	3.46%	0.99%	3.50%	2.96%	1.91%	2.77%	1.57%
ต.ค.	2.54%	3.27%	4.20%	3.29%	1.36%	3.77%	2.26%	2.36%	2.47%	2.04%
พ.ย.	2.28%	3.31%	4.35%	3.05%	1.47%	4.00%	1.71%	2.69%	2.20%	2.27%
ธ.ค.	2.34%	3.48%	4.96%	2.43%	1.56%	3.98%	1.98%	2.27%	2.27%	2.55%

ตารางที่ ข-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ง) ปีค.ศ. 2000-2003

เดือน	2001	2002	2003
ม.ค.	2.46%	2.88%	1.84%
ก.พ.	1.83%	3.01%	2.75%
มี.ค.	1.26%	3.54%	1.92%
เม.ย.	1.37%	3.09%	2.39%
พ.ค.	0.88%	3.56%	2.00%
มิ.ย.	1.30%	3.37%	2.48%
ก.ค.	2.88%	3.14%	
ส.ค.	2.50%	3.18%	
ก.ย.	2.68%	3.10%	
ต.ค.	2.20%	2.85%	
พ.ย.	2.30%	2.62%	
ธ.ค.	1.70%	2.71%	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-7 รายการวัสดุก่อสร้างแต่ละหมวดของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง

หมวดวัสดุก่อสร้าง	รายการวัสดุก่อสร้าง		
1.หมวดไม้และผลิตภัณฑ์ไม้	ไม้สัก	ไม้ยาง	ไม้ตะเคียนทอง
	ไม้แดง	ไม้ตะแบก	ไม้กระบาก
	ไม้มะค่า	ไม้เต็งรัง	ไม้อัดยาง(บางนา)
	ไม้อัดสัก/ยาง(บางนา)	ไม้ปาร์เก้	บานประตูไม้
	วงกบประตู	บานหน้าต่าง	วงกบหน้าต่าง
	เสาเข็มไม้		
2.หมวดซีเมนต์	ปูนซีเมนต์ผสม	คอนกรีตผสมเสร็จ	ปูนซีเมนต์ขาว
	ปูนฉาบสำเร็จรูป	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	
3.หมวดผลิตภัณฑ์คอนกรีต	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง	เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก
	เสารั้วคอนกรีตเสริมเหล็ก	ท่อน้ำซีเมนต์	ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก
	ซีเมนต์บล็อก	คอนกรีตมวลเบา	คอนกรีตเสริมใยแก้ว
	แผ่นคอนกรีตปูทางเท้า	บล็อกประดับพื้นสีเทา	พื้นสำเร็จรูป ซี. เอ็ม.
	บ่อซีเมนต์สำเร็จรูป		
4.หมวดเหล็ก และผลิตภัณฑ์จากเหล็ก	เหล็กเส้นกลม	เหล็กข้ออ้อย	ลวดเหล็กเสริมคอนกรีตอัดแรง
	เหล็กรูปตัว ซี	เหล็กแผ่นเรียบ	เหล็กแท่งสี่เหลี่ยม
	เหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	สังกะสีลูกฟูกมุงหลังคา	แผ่นเหล็กอาบสังกะสี
	เหล็กฉาก	ลวดเชื่อมไฟฟ้า	ตะปูตอกไม้
	ประตูเหล็กม้วน (พับ)	ประตูเหล็กยืด	เหล็กดัด
	เหล็กรางน้ำ	บานพับเหล็ก	
5.หมวดกระเบื้องและวัสดุประกอบ	กระเบื้องลอนคู่	กระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก	กระเบื้องซีแพคโมเนีย
	ครอบกระเบื้องลอนคู่	ครอบกระเบื้องซีแพคโมเนีย	กระเบื้องแผ่นเรียบตีฝ้า
	กระเบื้องแผ่นเรียบกั้นฝา	กระเบื้องโมเสคผิวมัน	กระเบื้องปูพื้นเคลือบ
	กระเบื้องเคลือบปูผนัง	กระเบื้องยาง	
6.หมวดวัสดุฉาบผิวอย่างหยาบ	สีรองพื้น (พลาสติก)	สีน้ำมัน	สีพลาสติกภายใน
	สีพลาสติกภายนอก	สีกันสนิม	แลกเกอร์
	น้ำมันวานิช	เชลแล็ก	ทินเนอร์
	น้ำมันผสมสี	น้ำมันเคลือบแข็งยูริเทน	นำยากันซึม

ตารางที่ ข-7 รายการวัสดุก่อสร้างแต่ละหมวดของดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ต่อ)

หมวดวัสดุก่อสร้าง	รายการวัสดุก่อสร้าง		
7.หมวดเครื่องสุขภัณฑ์	โถส้วมธรรมดา	โถส้วมชักโครก	ที่ปัสสาวะ
	อ่างล้างหน้าเคลือบขาว	อ่างอาบน้ำ	ฝักบัว
	ถังส้วมไฟเบอร์กลาสสำเร็จรูป		
8.หมวดอุปกรณ์ไฟฟ้า และประปา	ถังเก็บน้ำเหล็กอาบสังกะสี	ถังเก็บน้ำไฟเบอร์กลาสพี.พี.ลายเส้น	หลอกไฟฟ้า
	หลอดฟลูออเรสเซนต์	สวิตซ์ไฟฟ้า	สวิตซ์อัตโนมัติ
	เครื่องตัดไฟอัตโนมัติ	สายไฟฟ้า	บัลลาสต์
	สตาร์ทเตอร์	เต้ารับและปลั๊ก	ก๊อกน้ำทองเหลือง
	ถังบำบัดน้ำเสีย	ท่อน้ำ พี.วี.ซี.	ท่อ พี.อี.
	ปั๊มน้ำ	ถังเก็บน้ำเหล็ก	ก๊อกน้ำ
9.หมวดวัสดุก่อสร้างอื่นๆ	มุ้งลวดอลูมิเนียม	กุญแจลูกบิดชเลชผิวโครมียมมัน	กุญแจฝังในยูเนียน
	มือจับเหล็กชุบ	วงกบอลูมิเนียม	กระจกใส
	กระจกสีเทา (สีชา)	ทรายหยาบ	ทรายถมที่
	ทรายละเอียด	หินย่อย 1	หินย่อย 2
	หินอ่อน	หินแกรนิต	อิฐมอญ
	อิฐกลวง (รับน้ำหนัก)	อิฐกลวง (ไม่รับน้ำหนัก)	บล๊อกแก้ว
	แผ่นกันซึม	ฉนวนกันความร้อน	ประตู พี.วี.ซี. สำเร็จรูป
	แผ่นอลูมิเนียม	แอสฟัลต์	ดิน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ก) หมวดดัชนีรวม

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	63.2	63.5	63.5	63.6	63.9	63.9	64.2	64.4	64.3	64.2	64.0	63.9	63.9
2529	63.9	63.7	63.8	63.6	63.6	63.5	63.1	63.1	63.1	63.1	62.5	62.6	63.3
2530	62.6	63.0	63.1	64.1	66.7	66.8	66.8	67.0	67.1	67.3	68.8	68.9	66.0
2531	70.8	70.8	71.2	73.3	73.4	74.9	74.7	75.2	74.5	75.1	75.4	75.3	73.7
2532	77.1	80.0	81.4	81.7	82.8	83.1	83.8	84.2	84.0	83.7	83.8	84.2	82.5
2533	84.0	85.4	89.1	89.0	88.1	87.7	87.7	88.3	89.8	93.9	93.4	93.6	89.1
2534	93.4	94.6	94.9	96.2	96.5	94.9	94.8	93.1	92.9	91.4	91.2	91.1	93.7
2535	92.1	93.4	94.7	95.2	94.9	94.3	93.9	92.8	92.5	92.2	91.9	91.8	93.3
2536	92.5	93.0	93.5	94.0	94.4	94.8	94.8	95.0	94.6	94.9	94.9	94.7	94.3
2537	95.4	95.5	95.8	96.2	95.9	96.0	96.5	96.9	96.7	97.1	96.6	96.7	96.3
2538	97.5	98.4	99.6	99.8	100.0	100.0	100.2	100.5	100.4	101.4	101.4	100.9	100.0
2539	101.1	101.0	101.1	101.4	101.1	101.1	101.4	101.1	101.2	101.2	101.3	100.9	101.2
2540	100.8	100.8	101.6	101.4	101.5	101.6	102.7	109.6	112.0	113.2	115.9	116.5	106.5
2541	121.0	125.3	126.1	126.2	125.8	125.6	127.5	126.7	126.4	126.8	126.2	123.7	125.6
2542	122.5	122.6	120.4	120.1	118.9	118.9	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.1	119.8
2543	120.2	119.9	119.9	120.7	120.8	121.0	120.5	120.4	118.6	119.6	123.3	123.6	120.7
2544	124.2	125.1	125.1	125.4	126.2	126.8	126.6	126.5	126.8	126.7	124.8	120.8	125.4
2545	121.3	118.5	122.4	127.2	128.4	127.3	128.2	129.2	128.8	128.8	128.5	128.8	126.5
2546	131.8	134.5	136.8	136.4	135.9	135.5	135.8						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ข) หมวดไม้และผลิตภัณฑ์ไม้

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	32.6	32.6	32.6	32.6	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.2
2529	33.5	32.7	32.7	32.7	32.7	32.6	33.1	33.1	33.1	33.1	31.5	31.9	32.7
2530	31.9	33.2	33.2	35.9	42.8	42.9	42.9	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5	40.0
2531	47.6	47.6	47.7	49.8	48.6	48.6	48.7	48.7	48.7	48.7	48.7	48.7	48.5
2532	52.9	59.5	61.7	60.8	59.6	58.1	58.9	59.6	59.1	58.6	59.5	60.0	59.0
2533	60.1	61.3	63.4	64.3	64.3	64.5	64.3	64.3	65.2	65.6	65.6	66.0	64.1
2534	66.1	66.1	66.1	67.0	69.4	69.4	69.4	69.1	69.6	69.1	69.1	69.1	68.3
2535	69.8	70.4	72.1	72.1	72.1	73.5	73.5	74.3	74.3	74.3	73.9	73.9	72.8
2536	75.2	77.1	77.1	77.6	79.1	79.1	80.5	81.1	81.1	82.1	82.1	83.0	79.6
2537	84.3	84.4	85.4	88.3	88.8	89.6	91.4	93.0	93.0	93.5	93.5	93.5	89.9
2538	94.0	94.0	94.6	94.8	95.5	98.7	100.9	104.4	104.7	105.1	106.7	106.7	100.0
2539	108.6	108.7	110.1	110.1	110.1	110.1	111.0	111.4	111.4	111.4	111.4	111.4	110.5
2540	111.4	109.6	109.6	110.2	110.2	110.2	110.2	112.7	113.1	113.7	113.7	113.9	111.5
2541	113.5	115.6	115.1	115.0	113.7	113.6	113.9	113.9	113.9	113.9	113.9	113.7	114.1
2542	113.2	113.0	111.2	110.4	110.4	112.1	113.1	113.1	113.1	113.7	114.0	114.0	112.6
2543	115.2	116.3	116.6	116.6	116.6	116.6	116.6	116.6	116.6	116.6	116.7	116.7	116.5
2544	119.7	122.3	121.0	120.9	120.7	120.5	120.7	120.8	121.7	121.8	121.8	121.8	121.1
2545	122.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.4	123.2	123.3	123.3
2546	123.3	127.6	127.6	127.6	129.2	129.2	129.2						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ค) หมวดซีเมนต์

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	94.1	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	93.2	92.8	92.8	92.8	93.6
2529	92.8	92.8	92.8	91.5	91.7	91.7	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.3	89.3
2530	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3	86.0	85.6	85.6	85.6	85.6	85.6	86.0
2531	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.5	87.5	87.5	86.5	87.4
2532	87.1	87.1	87.1	87.2	87.2	91.4	91.9	91.9	91.9	91.9	93.8	95.9	90.4
2533	95.9	100.9	120.0	115.7	108.1	101.9	100.1	102.6	107.9	136.5	132.9	132.9	112.9
2534	126.8	138.5	143.4	153.7	153.7	137.7	135.4	122.1	122.1	116.1	116.1	118.5	132.0
2535	115.9	117.6	118.2	120.5	120.5	114.0	110.7	109.6	106.8	103.7	103.7	103.7	112.1
2536	103.7	101.0	101.0	101.0	101.0	101.4	101.2	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	101.3
2537	100.9	100.9	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.9	99.9	99.8	99.8	100.0
2538	100.2	100.2	100.2	100.2	100.2	100.2	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	99.8	100.0
2539	100.6	100.6	100.7	100.9	100.9	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	101.1	100.9	100.9
2540	100.6	100.6	100.6	100.8	100.8	100.8	100.8	112.4	112.7	112.7	125.1	125.1	107.8
2541	129.2	132.1	135.0	136.0	136.0	139.9	142.8	146.4	146.4	152.5	152.5	151.1	141.7
2542	150.5	156.6	145.6	146.1	146.1	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.0	144.2	146.1
2543	150.5	149.6	149.6	149.6	149.6	147.0	141.9	141.9	128.9	134.9	157.1	158.0	146.6
2544	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	157.9	148.0	118.0	153.8
2545	117.6	91.9	117.9	150.7	159.4	147.8	144.2	146.5	145.3	145.3	145.3	146.9	138.2
2546	161.5	163.6	163.1	163.1	161.5	161.5	161.5						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ง) หมวดคอนกรีต

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	76.4	75.5	75.7	75.7	75.5	76.3	83.1	83.3	83.3	83.3	83.1	83.1	79.6
2529	83.3	83.3	83.7	83.7	83.7	83.5	83.5	83.5	83.1	83.1	83.1	83.1	83.4
2530	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.1	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3	83.2
2531	83.4	83.4	83.5	83.8	84.3	84.3	84.3	84.3	85.2	87.0	87.3	88.2	85.0
2532	87.7	87.5	87.5	87.5	88.5	94.0	94.1	94.7	94.7	94.7	94.7	94.5	91.6
2533	94.3	94.3	101.7	105.2	105.6	106.7	106.9	112.9	113.6	114.0	114.4	114.4	107.0
2534	126.4	130.8	130.8	130.8	130.8	130.8	130.8	128.0	128.0	115.8	115.8	115.8	126.2
2535	119.9	124.0	124.0	124.0	124.0	124.0	124.0	114.3	114.3	113.8	113.8	113.8	119.5
2536	113.8	113.8	113.8	113.8	113.8	113.8	104.4	104.4	104.4	104.4	104.4	104.4	109.1
2537	104.4	104.4	104.4	102.4	102.5	102.5	100.6	97.5	97.1	97.1	97.1	97.1	100.6
2538	99.4	99.6	99.6	99.6	99.6	99.6	100.2	100.2	100.2	100.6	100.6	100.6	100.0
2539	100.6	100.6	101.0	101.0	101.0	101.1	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	102.2	101.5
2540	102.2	102.8	103.7	103.7	103.7	103.7	103.7	111.4	115.9	115.9	116.8	116.8	108.4
2541	120.9	123.5	127.8	128.6	128.6	130.5	132.3	132.3	133.9	134.8	134.8	134.8	130.2
2542	134.8	129.5	128.3	129.0	128.5	128.5	128.5	128.5	128.5	128.5	128.7	128.7	129.2
2543	129.2	127.9	126.9	126.9	126.9	128.6	129.7	129.7	129.4	129.4	129.7	129.7	128.7
2544	135.3	135.3	135.3	135.3	135.3	135.3	135.3	135.3	137.3	137.3	137.3	136.8	135.9
2545	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8
2546	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	136.8	138.1						

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(จ) หมวดเหล็กและผลิตภัณฑ์จากเหล็ก

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	71.5	71.7	71.7	72.4	71.9	71.6	71.5	71.5	70.8	70.8	69.7	69.2	71.2
2529	69.2	69.4	69.4	69.4	69.3	69.2	69.2	69.2	69.2	68.9	68.6	68.7	69.2
2530	68.8	68.8	69.2	69.2	69.2	69.2	69.3	69.3	69.7	70.9	75.0	75.5	70.3
2531	73.9	74.4	75.7	80.6	83.3	88.0	86.5	88.1	85.7	88.2	88.5	88.2	83.5
2532	89.5	90.2	93.2	96.3	100.7	102.2	102.8	103.1	103.1	101.9	101.2	100.9	98.8
2533	99.7	101.2	103.7	102.8	101.9	102.1	102.5	102.3	106.1	106.8	105.6	104.9	103.3
2534	103.1	102.8	101.0	100.7	99.1	98.0	97.5	96.4	95.1	94.4	93.4	93.2	97.9
2535	96.1	98.1	99.9	100.7	99.0	97.3	96.6	95.1	94.4	93.1	92.2	91.8	96.2
2536	93.9	94.2	96.6	97.6	99.4	101.3	103.3	103.1	101.4	101.1	101.1	99.2	99.4
2537	98.9	99.4	98.7	97.9	97.5	97.4	98.2	97.8	96.8	97.4	96.7	96.8	97.8
2538	96.7	98.9	103.1	103.6	103.3	100.5	100.0	99.3	98.9	98.8	98.0	98.9	100.0
2539	97.7	98.0	98.0	97.7	97.0	96.6	96.4	96.2	96.1	95.1	95.2	94.7	96.6
2540	95.1	95.8	96.3	96.4	96.2	96.9	100.7	112.2	117.2	120.9	120.2	123.2	105.9
2541	131.1	143.1	141.8	141.3	137.5	134.0	135.7	131.1	128.6	125.9	123.4	115.2	132.4
2542	113.6	114.0	112.5	111.6	109.6	109.8	110.1	109.8	109.9	110.5	110.1	110.0	111.0
2543	110.8	110.8	110.8	112.1	112.5	113.7	113.5	113.5	114.1	114.5	115.7	116.1	113.2
2544	114.2	116.8	117.2	118.6	119.8	122.1	123.0	122.0	120.9	120.3	118.4	118.1	119.3
2545	120.2	122.6	124.1	125.8	125.9	126.9	130.3	132.0	131.2	131.4	130.4	130.6	127.6
2546	134.6	141.5	148.4	147.0	143.7	142.4	142.8						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ฉ) หมวดกระเบื้องและวัสดุประกอบ

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	89.8	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	94.0	94.0	94.0	94.0	92.5
2529	94.1	94.3	94.3	94.3	94.3	94.3	93.9	93.9	93.9	93.6	93.6	93.6	94.0
2530	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	93.8
2531	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	93.9	93.9	94.3	94.5	94.4	94.4	94.4	94.2
2532	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	96.9	96.6	96.2	96.6	97.1	97.1	95.7
2533	97.1	97.1	97.1	96.8	96.8	96.8	96.8	96.8	96.8	97.0	97.0	97.0	96.9
2534	97.4	97.4	99.4	100.1	100.6	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	100.2
2535	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.4	101.4	101.4	101.6
2536	101.4	103.4	103.4	103.4	103.4	102.6	102.3	102.3	102.3	102.3	102.3	102.3	102.6
2537	102.3	102.3	102.4	102.4	100.6	100.6	100.6	100.6	100.6	100.6	100.1	100.1	101.1
2538	99.6	99.5	99.6	99.7	99.7	100.3	100.2	100.2	100.2	100.3	100.3	100.3	100.0
2539	101.0	101.0	99.5	99.5	99.5	99.6	99.6	99.6	97.9	97.9	97.9	97.9	99.2
2540	97.9	97.6	97.7	97.4	97.4	97.4	97.4	99.8	100.0	100.2	100.3	100.3	98.6
2541	110.9	110.9	114.9	114.8	114.8	116.8	116.8	116.8	116.8	116.8	116.8	116.8	115.3
2542	116.8	116.8	116.8	116.2	116.2	116.3	116.3	116.3	116.3	116.3	116.3	116.3	116.4
2543	115.8	115.8	114.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4	115.4
2544	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.8	114.7	114.7	114.7	114.7	114.8
2545	114.7	114.7	115.5	115.5	115.5	115.5	115.5	114.6	114.6	114.6	114.6	114.6	115.0
2546	114.6	114.6	114.6	114.6	114.6	114.4	114.1						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ช) หมวดวัสดุฉาบผิวอย่างหยาบ

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	82.7	83.1	83.1	83.2	84.1	84.1	84.2	85.2	85.4	85.4	85.4	85.4	84.3
2529	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.7	85.7	85.7	85.5
2530	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.8	86.8	86.2
2531	86.8	86.8	87.4	85.8	85.9	86.0	86.3	86.3	86.3	86.2	86.2	86.2	86.3
2532	86.5	86.5	86.5	86.5	86.1	86.1	86.1	86.1	86.2	86.2	86.2	86.5	86.3
2533	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	89.0	86.7
2534	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1	90.2
2535	91.1	91.1	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	97.9	97.9	97.9	94.5
2536	97.9	98.0	98.1	98.1	98.1	98.1	98.1	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9	98.0
2537	97.9	97.9	98.4	98.4	97.9	97.9	97.9	98.0	98.7	98.7	98.7	98.7	98.2
2538	98.8	98.8	98.9	99.2	99.2	100.8	100.7	100.7	100.7	100.7	100.7	100.7	100.0
2539	100.9	101.0	101.8	101.8	101.8	102.2	102.2	102.2	102.2	102.5	102.5	102.5	102.0
2540	102.5	102.5	102.5	102.7	102.7	102.7	102.7	106.4	106.9	108.8	109.9	111.1	105.1
2541	112.0	112.0	111.9	114.1	114.6	117.6	117.6	117.6	117.9	117.9	117.9	117.9	115.8
2542	117.9	118.2	118.2	120.2	120.2	120.2	120.2	120.2	120.2	120.3	120.3	120.3	119.7
2543	123.5	123.3	127.1	127.1	127.1	127.7	127.7	127.7	128.0	128.0	128.0	128.0	126.9
2544	130.0	129.5	129.5	132.0	132.0	131.4	131.4	131.4	136.9	137.9	137.9	137.9	133.2
2545	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0
2546	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0	138.0						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ซ) หมวดเครื่องสุขภัณฑ์

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9
2529	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9
2530	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9	79.9
2531	79.9	80.3	80.3	83.0	83.0	83.0	83.0	83.0	77.2	77.2	77.2	77.2	80.4
2532	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	77.2	83.3	77.6
2533	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	95.2	95.3	95.3	86.7
2534	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.3	95.4	95.4	95.4	95.3
2535	95.4	95.4	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	100.6
2536	101.6	102.2	102.3	102.3	102.3	103.4	103.4	103.4	103.4	103.4	103.4	103.4	102.9
2537	103.4	103.4	103.4	103.4	100.3	100.3	100.3	101.5	101.5	101.5	101.5	101.5	101.8
2538	102.0	102.0	102.0	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	99.3	100.0
2539	99.3	99.3	99.3	104.2	104.2	104.2	104.5	104.6	103.0	103.0	103.0	103.0	102.6
2540	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	108.7	108.8	108.9	108.9	108.9	105.4
2541	108.9	108.9	109.8	111.2	111.0	110.8	110.8	110.8	110.8	111.4	111.4	111.4	110.6
2542	111.4	111.3	111.7	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	100.4	103.7	103.7	105.6
2543	103.9	103.9	103.8	103.8	103.8	103.8	103.8	103.8	100.2	100.2	100.2	100.2	102.6
2544	100.2	100.2	100.2	100.8	101.4	100.9	100.6	100.6	100.6	100.6	99.2	99.2	100.4
2545	99.2	99.2	99.2	100.4	100.4	100.4	100.4	100.4	100.9	100.9	100.9	100.9	100.3
2546	100.9	100.9	100.6	100.6	100.6	100.6	99.5						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ฌ) หมวดไฟฟ้าและประปา

ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	68.7
2529	69.1	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.9	70.8	70.8	70.7
2530	70.8	70.8	70.7	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	71.3	84.0	84.1	73.3
2531	84.1	84.1	84.1	84.7	85.1	85.6	85.6	85.6	85.6	87.3	89.2	89.2	85.8
2532	89.2	89.3	89.3	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	83.2	83.2	88.4
2533	83.2	83.2	83.4	83.4	83.8	83.8	83.8	84.0	84.0	84.0	84.0	84.0	83.7
2534	84.2	84.2	84.5	84.5	85.2	85.2	85.4	85.5	85.8	85.8	85.8	85.8	85.2
2535	84.9	84.9	84.9	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	88.0
2536	89.0	89.3	89.3	91.6	91.6	91.6	91.6	91.9	92.4	92.4	92.4	92.6	91.3
2537	93.3	93.3	93.0	93.0	93.1	93.1	93.1	95.9	95.9	96.5	96.5	96.5	94.4
2538	97.0	99.1	99.1	99.1	101.0	101.0	100.8	100.6	100.6	100.3	100.7	100.7	100.0
2539	100.5	100.5	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	102.7	100.9
2540	102.7	101.5	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	104.1	104.4	104.4	112.4	112.4	104.2
2541	114.6	114.6	114.6	114.6	114.6	113.4	119.4	119.4	119.4	119.7	119.7	119.7	117.0
2542	119.7	119.7	119.7	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.1	120.1	119.9
2543	120.3	120.3	120.3	120.7	120.7	120.8	120.8	120.8	120.3	120.3	120.3	120.3	120.5
2544	120.3	120.6	120.6	120.9	120.9	120.7	120.7	122.0	121.8	121.8	121.8	121.8	121.2
2545	121.8	118.3	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	118.7	119.3	119.3	119.3	119.3	119.1
2546	119.3	119.3	119.3	119.3	119.3	119.3	119.4						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-8 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง (ปีฐาน 2538 = 100)

(ญ) หมวดวัสดุก่อสร้างอื่น

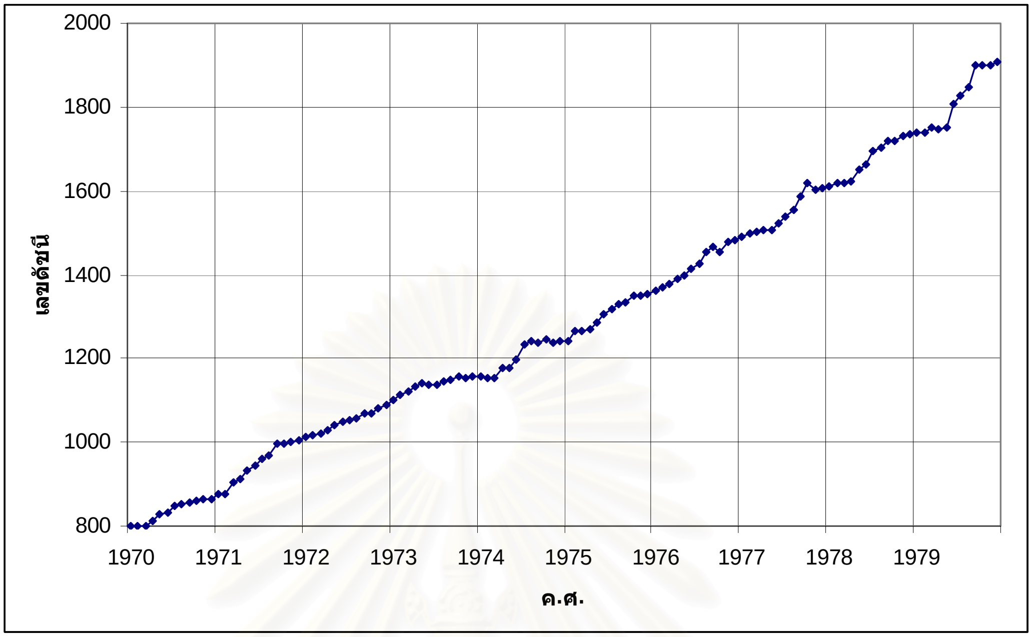
ปี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
2528	61.9	62.4	62.2	62.2	62.2	62.2	62.4	62.7	62.7	61.9	62.1	62.1	62.2
2529	62.1	62.1	62.1	61.6	61.4	61.2	61.2	61.2	61.5	62.1	61.9	61.9	61.7
2530	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5	61.5
2531	65.5	65.5	65.9	68.8	68.8	73.8	74.1	75.1	73.0	73.0	73.9	74.1	70.9
2532	74.1	76.0	76.0	76.9	81.2	81.2	81.2	81.9	81.9	81.9	81.9	81.9	79.7
2533	81.9	83.1	84.6	84.8	84.8	85.7	86.5	86.5	86.5	91.8	92.4	93.8	86.9
2534	92.4	92.4	93.0	94.1	94.1	94.1	95.5	94.7	94.5	94.5	94.5	92.5	93.8
2535	93.9	96.4	97.2	96.1	96.1	96.5	96.5	95.1	95.0	95.8	95.8	95.8	95.8
2536	95.3	95.1	95.1	95.0	92.6	92.6	92.6	92.6	92.4	93.1	93.2	93.2	93.5
2537	95.7	95.7	97.6	97.6	97.1	97.1	97.1	97.1	97.1	97.4	95.9	96.3	96.8
2538	96.4	96.8	96.8	97.1	97.2	99.2	99.8	100.7	100.8	106.5	106.4	102.4	100.0
2539	103.5	101.9	101.6	103.8	103.3	103.3	104.0	102.1	103.6	105.3	105.3	103.1	103.4
2540	102.2	102.5	105.5	103.6	104.4	104.4	104.4	106.9	108.0	108.5	110.6	109.2	105.9
2541	111.9	112.0	111.6	111.7	115.7	115.6	116.8	116.5	117.2	118.8	118.8	118.8	115.5
2542	114.8	115.0	115.0	114.6	110.9	110.9	110.9	110.9	110.9	110.2	110.2	110.5	112.1
2543	109.2	109.2	109.6	111.6	111.6	111.3	111.4	111.3	110.2	110.6	113.5	113.4	111.1
2544	113.8	113.0	113.0	112.2	115.3	115.7	113.0	113.0	113.7	113.7	113.5	113.5	113.6
2545	113.5	114.0	114.5	114.5	115.0	115.6	117.9	119.9	119.2	119.3	119.2	119.2	116.8
2546	119.2	120.0	122.5	122.5	125.1	125.2	125.2						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

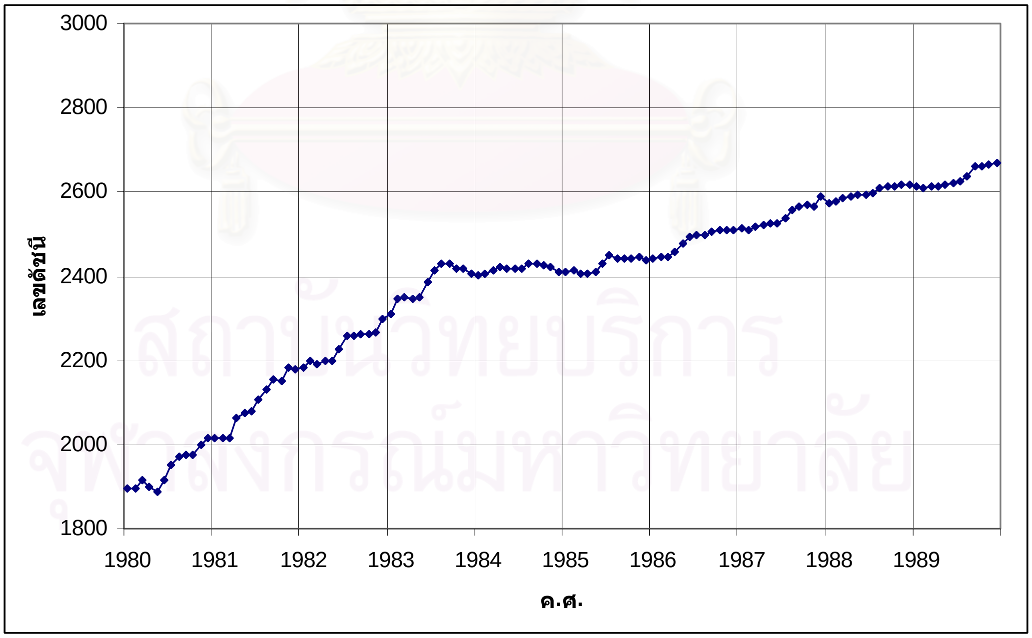
รูปประกอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



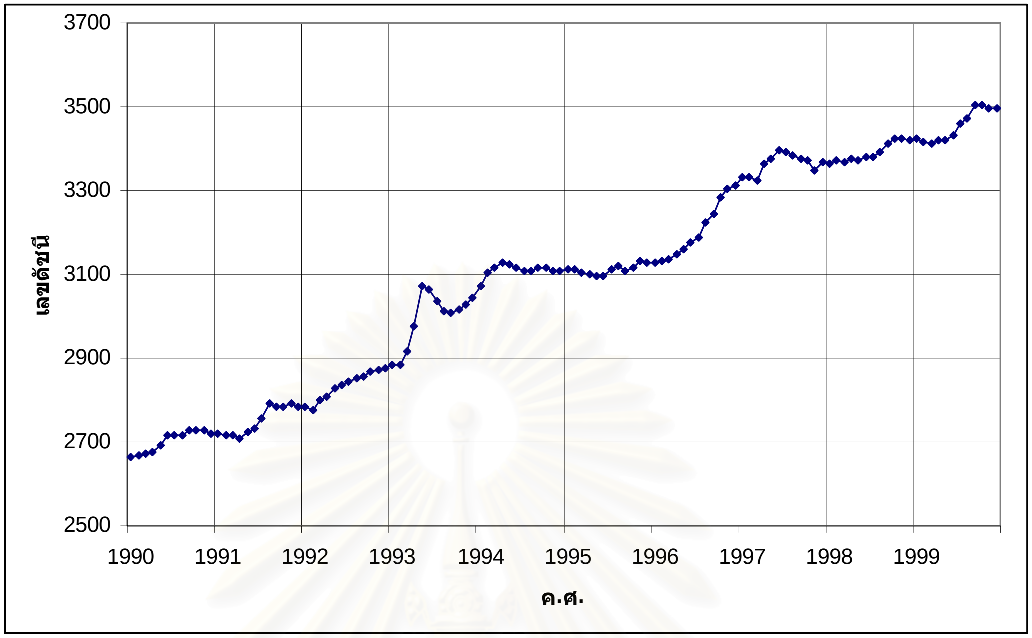
รูปที่ ค-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ก) ปี ค.ศ. 1970-1979



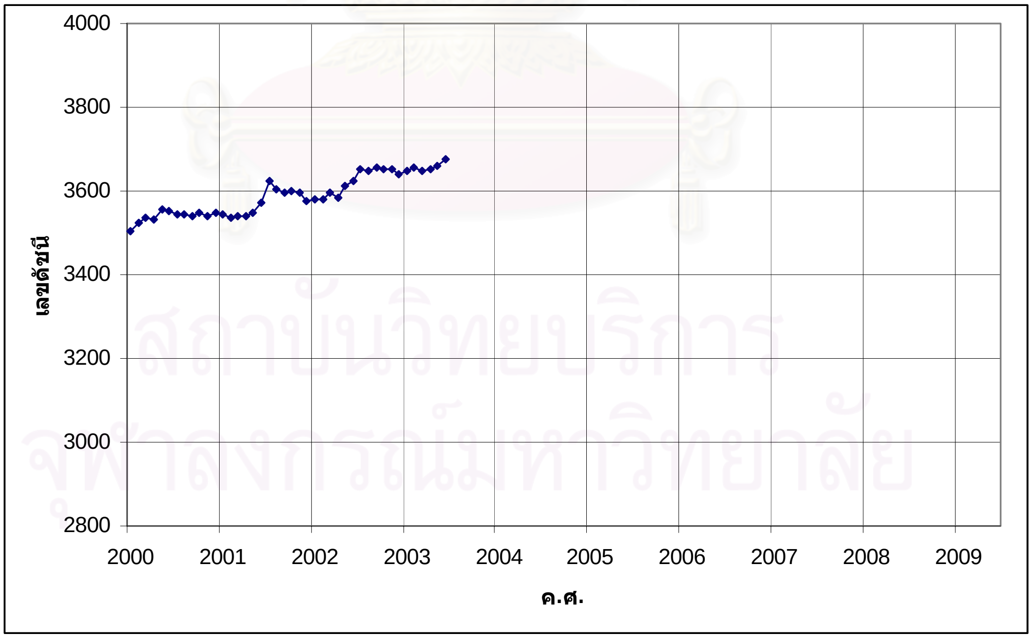
รูปที่ ค-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ข) ปี ค.ศ. 1980-1989



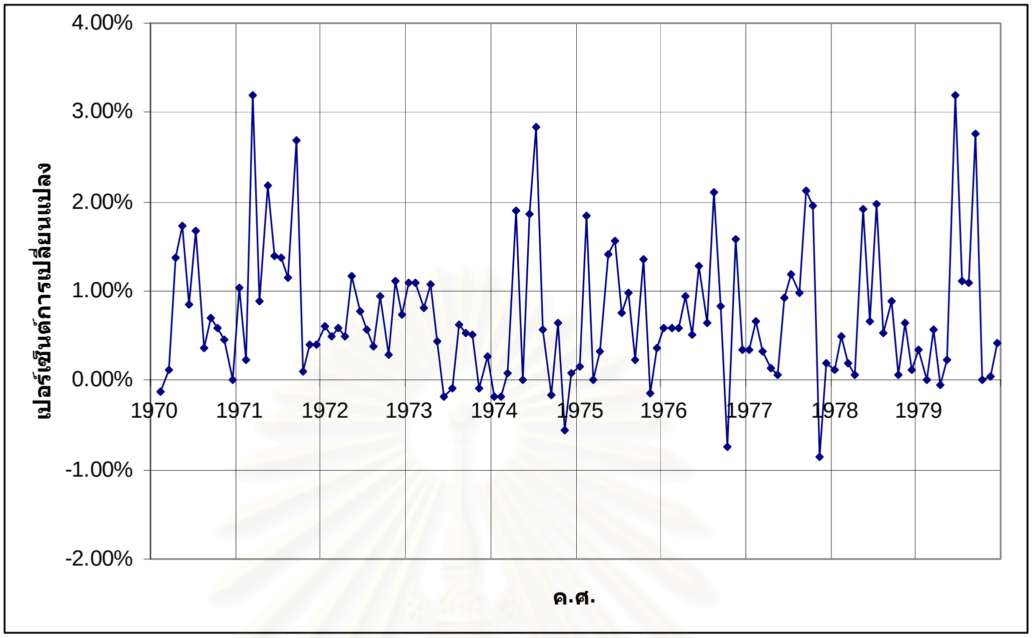
รูปที่ ค-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ค) ปี ค.ศ. 1990-1999



รูปที่ ค-1 ดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

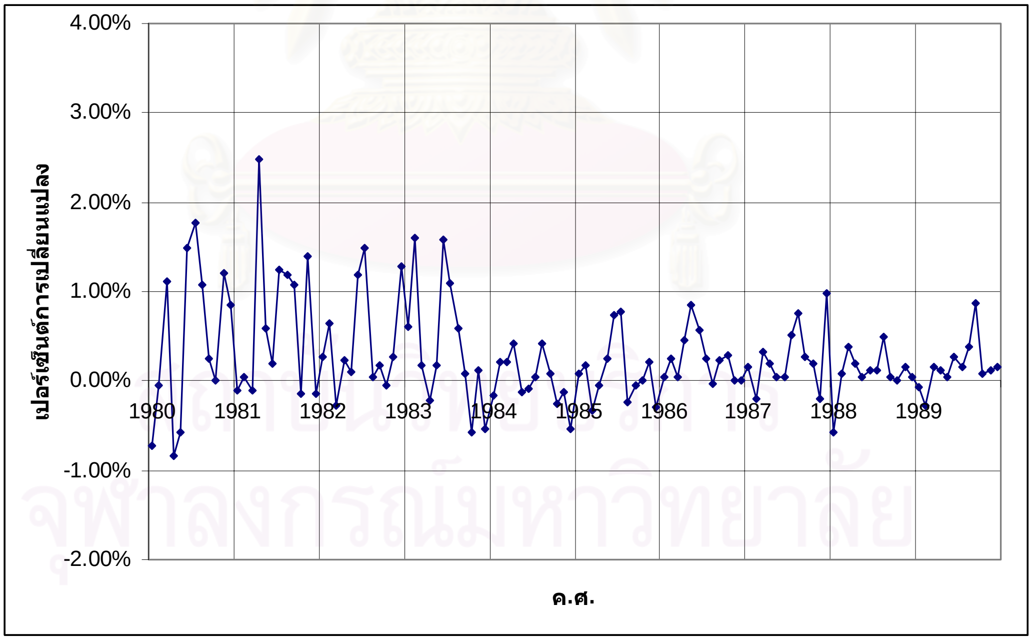
(ง) ปี ค.ศ. 2000-2003



รูปที่ ค-2 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

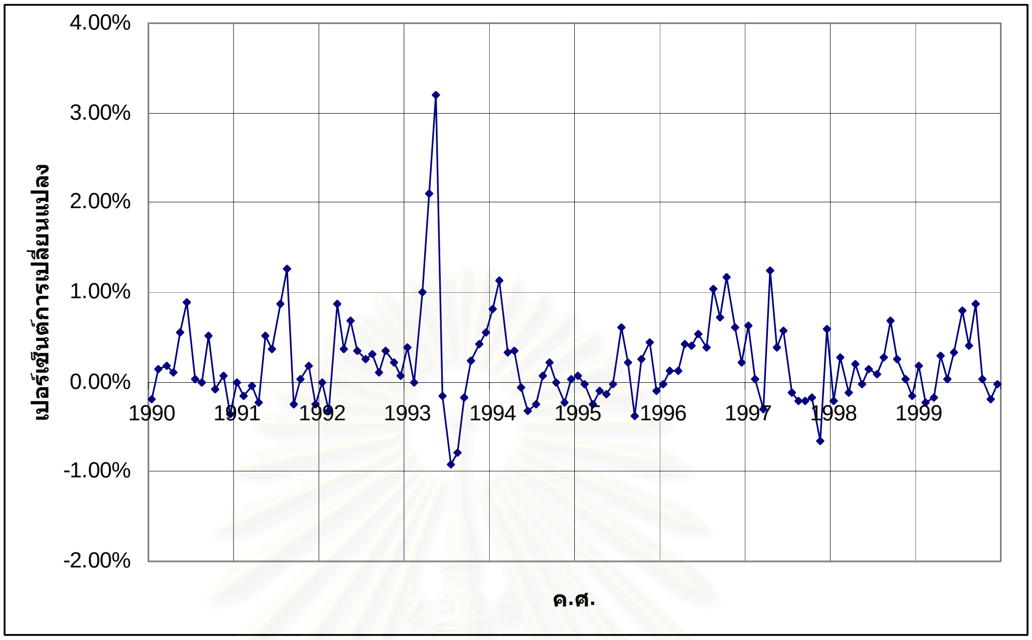
(ก) ปี ค.ศ. 1970-1979



รูปที่ ค-2 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

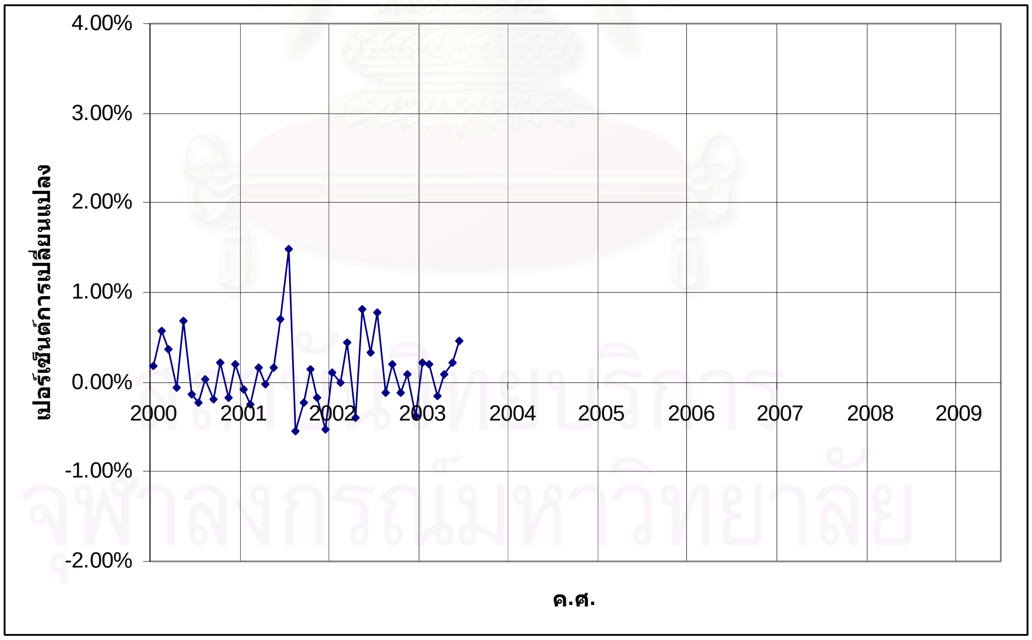
(ข) ปี ค.ศ. 1980-1989



รูปที่ ค-2 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

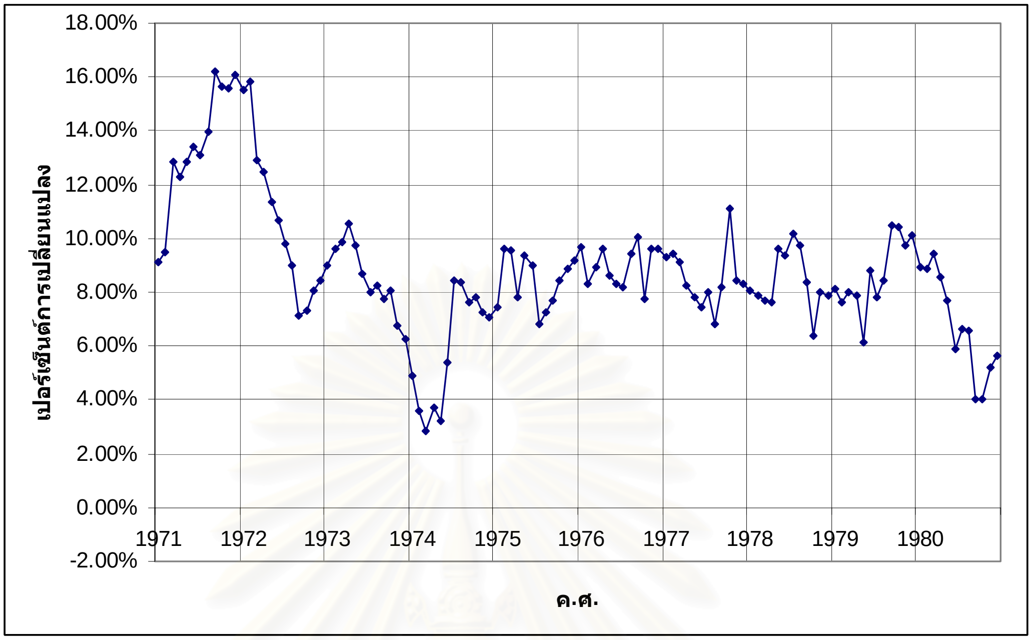
(ค) ปี ค.ศ. 1990-1999



รูปที่ ค-2 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ง) ปี ค.ศ. 2000-2003



รูปที่ ค-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

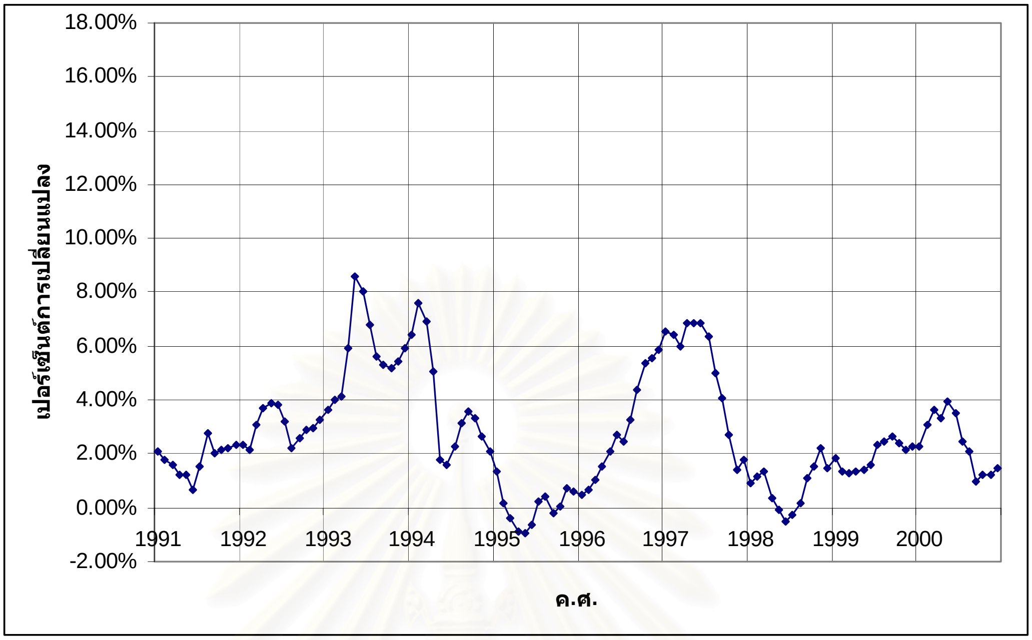
ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ก) ปี ค.ศ. 1971-1980

รูปที่ ค-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

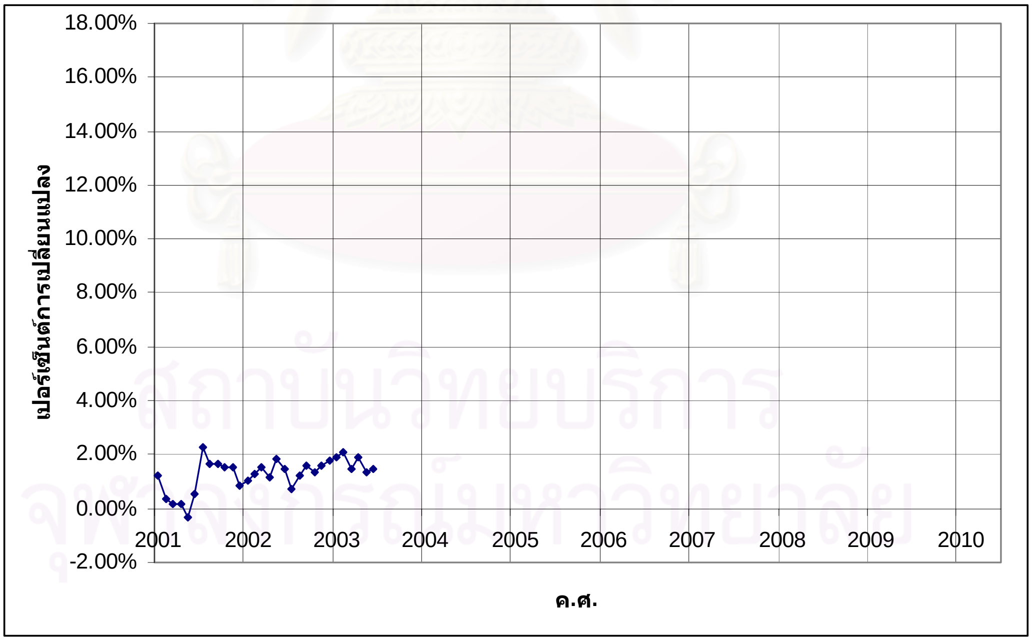
(ข) ปี ค.ศ. 1981-1990



รูปที่ ค-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

(ค) ปี ค.ศ. 1991-2000

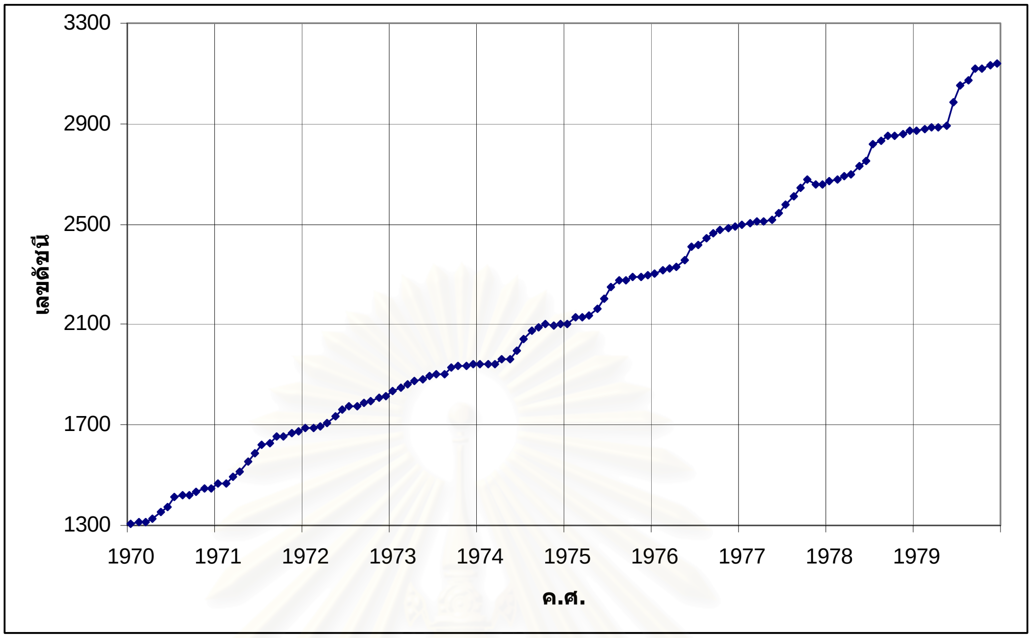


รูปที่ ค-3 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง BCI

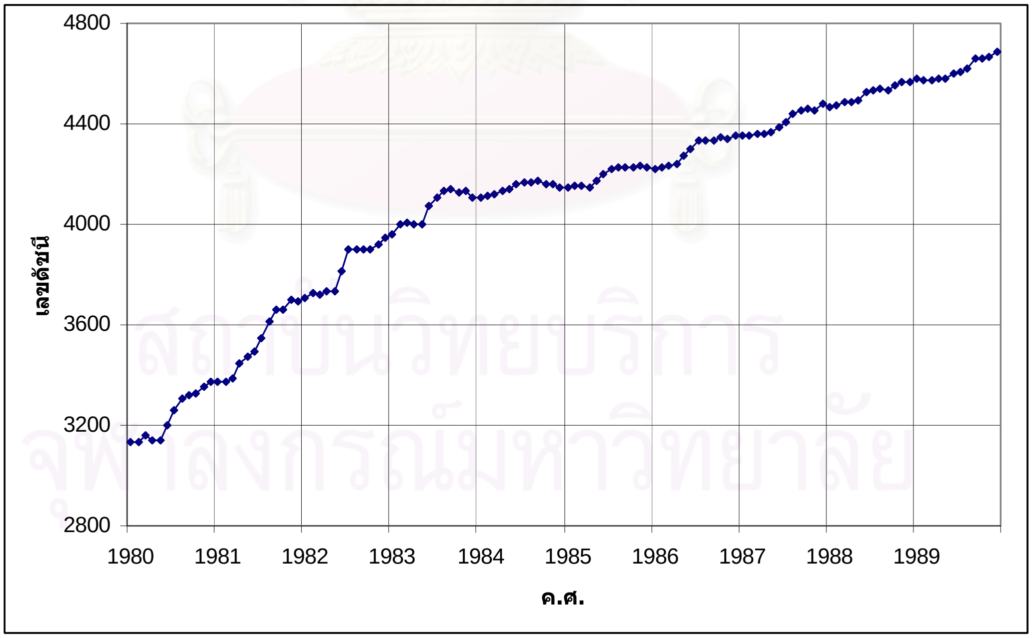
(ง) ปี ค.ศ. 2001-2003

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



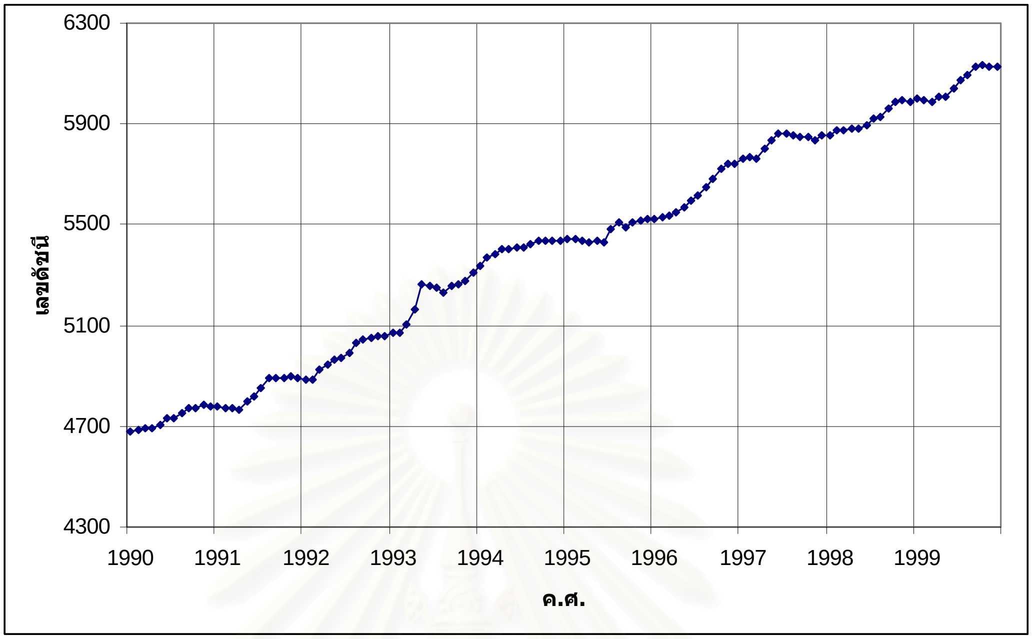
รูปที่ ค-4 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ก) ปี ค.ศ. 1970-1979



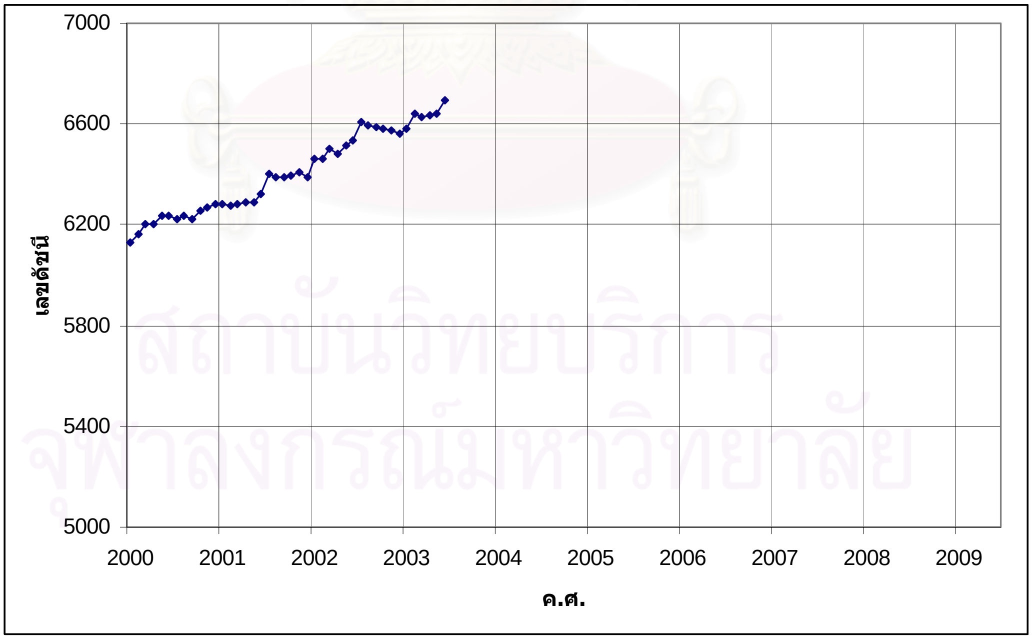
รูปที่ ค-4 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ข) ปี ค.ศ. 1980-1989



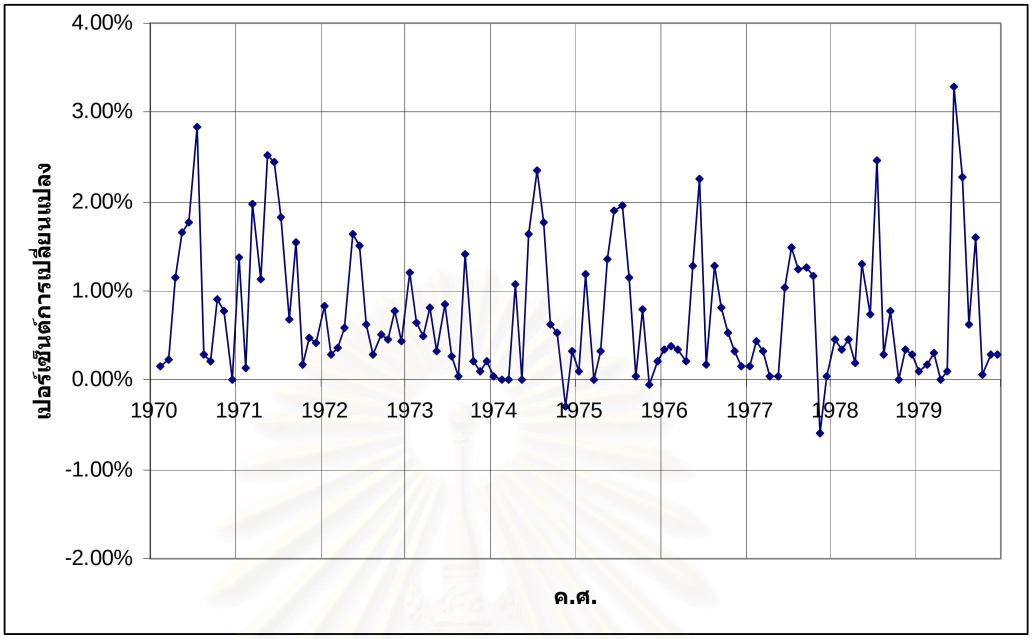
รูปที่ ค-4 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ค) ปี ค.ศ. 1990-1999



รูปที่ ค-4 ดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

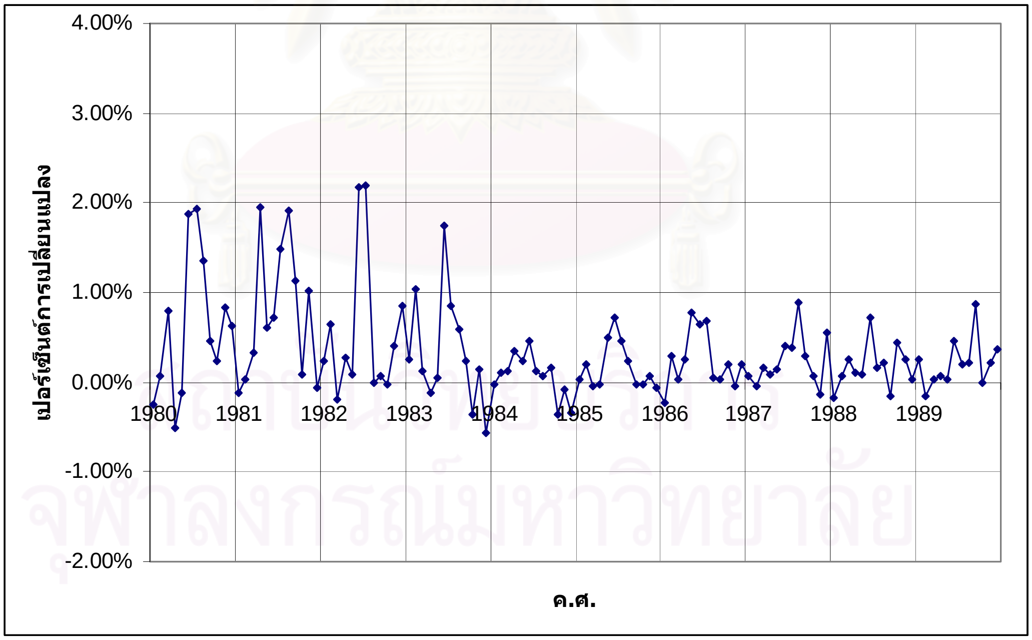
(ง) ปี ค.ศ. 2000-2003



รูปที่ ค-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

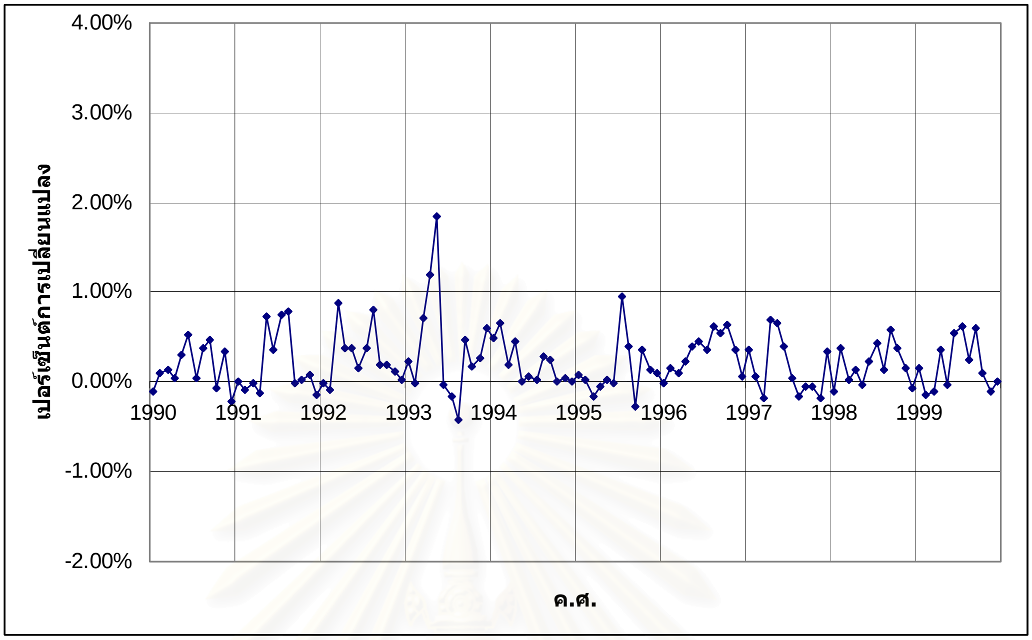
(ก) ปี ค.ศ. 1970-1979



รูปที่ ค-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

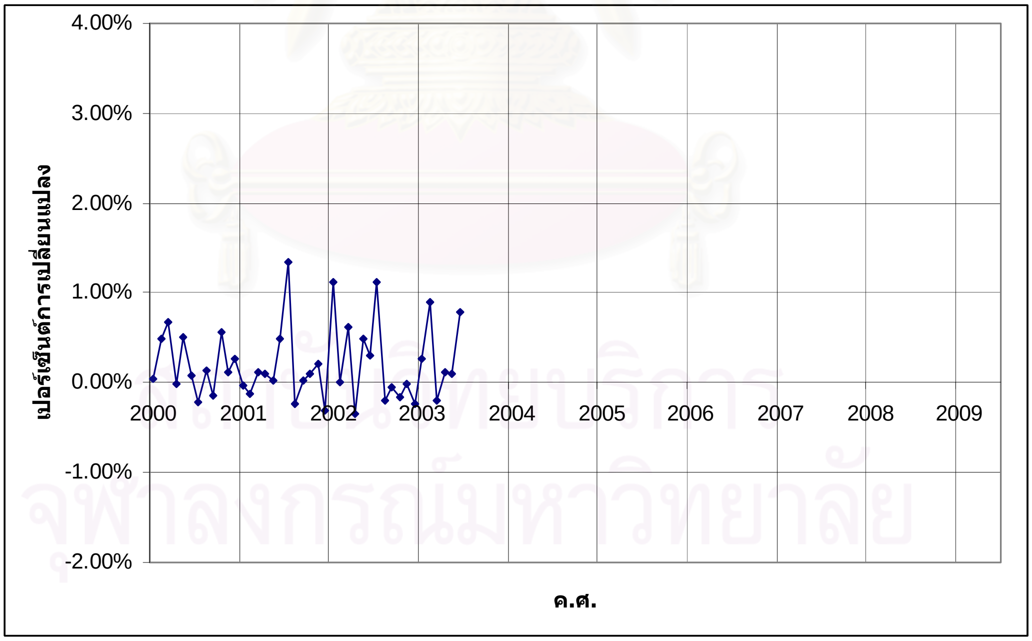
(ข) ปี ค.ศ. 1980-1989



รูปที่ ค-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

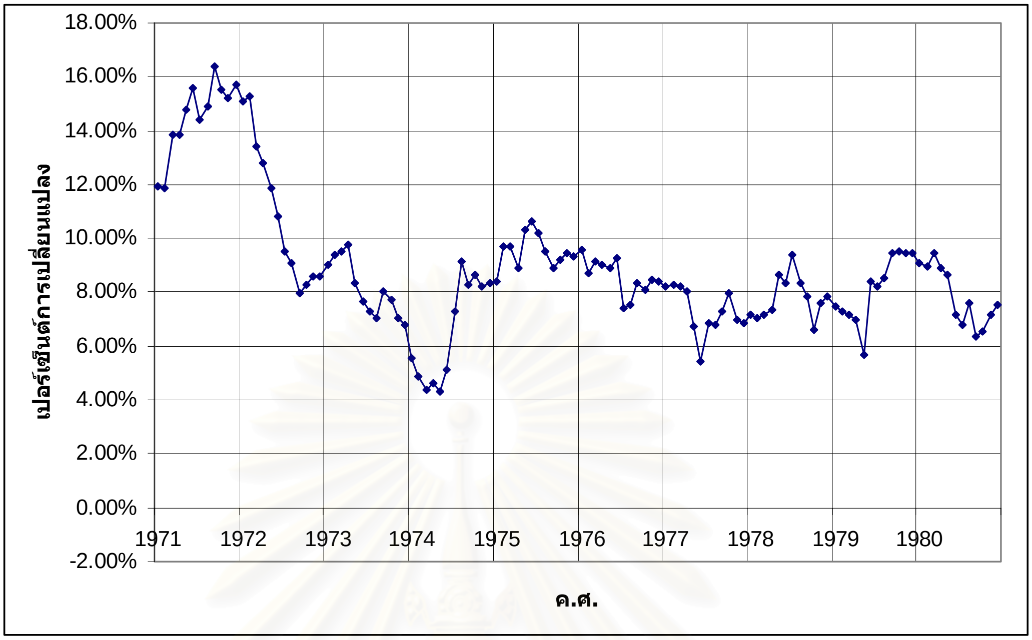
(ค) ปี ค.ศ. 1990-1999



รูปที่ ค-5 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ง) ปี ค.ศ. 2000-2003



รูปที่ ค-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

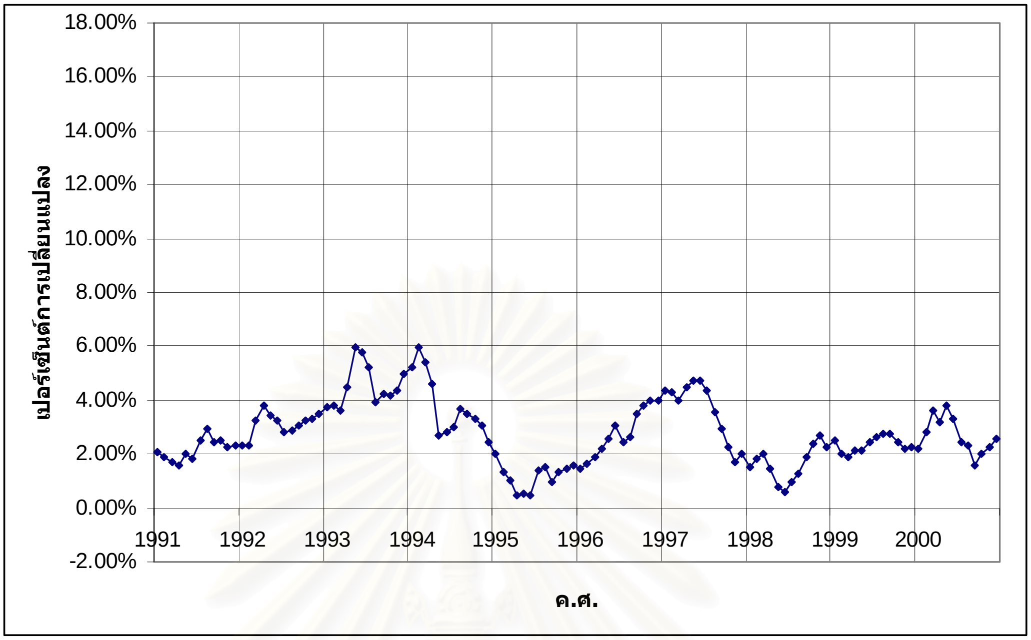
ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ก) ปี ค.ศ. 1971-1980

รูปที่ ค-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

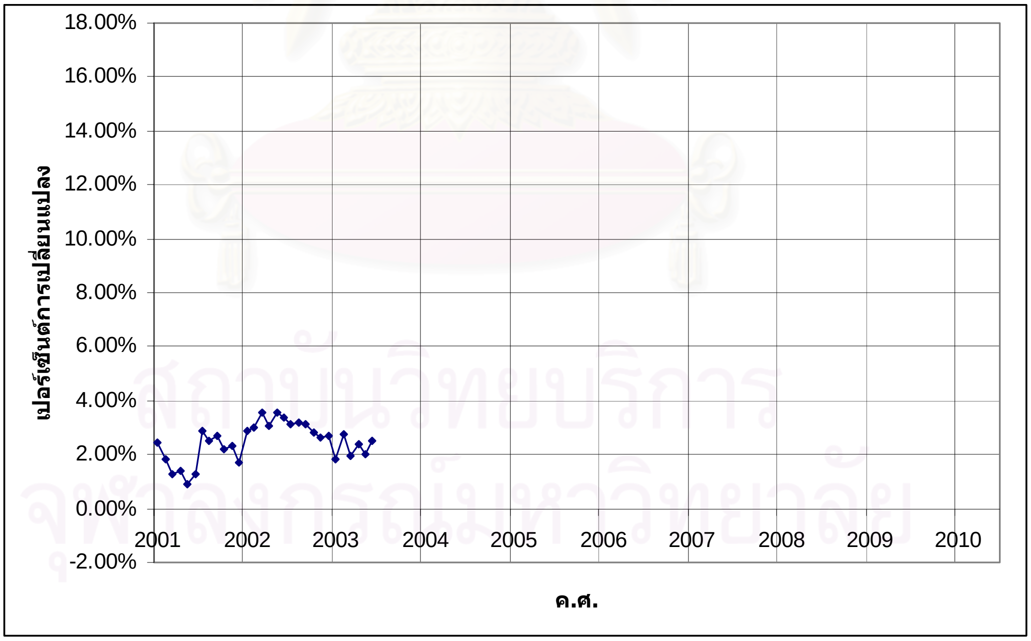
(ข) ปี ค.ศ. 1981-1990



รูปที่ ค-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ค) ปี ค.ศ. 1991-2000

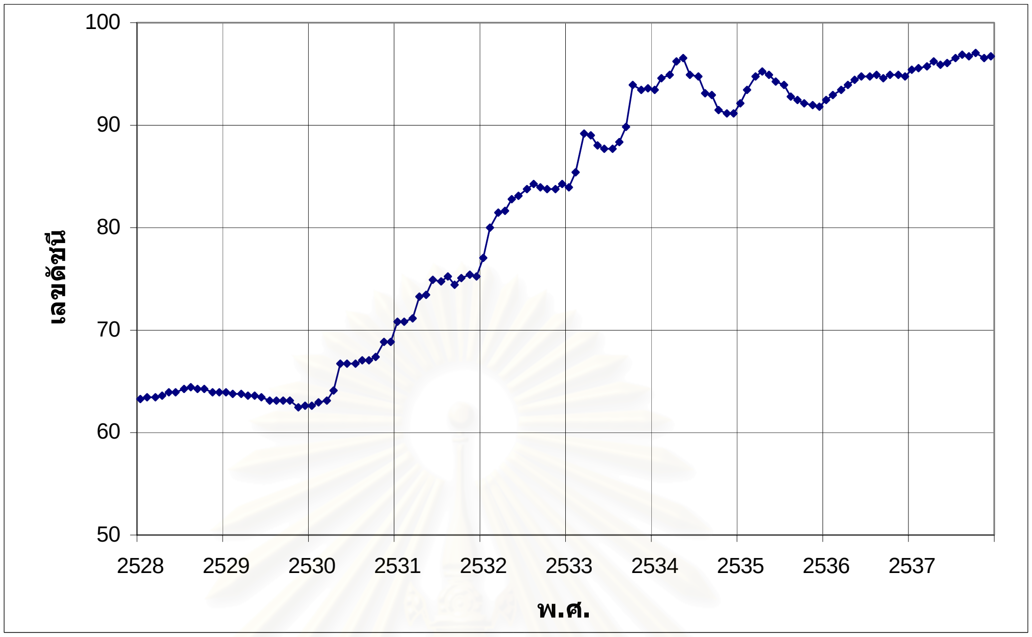


รูปที่ ค-6 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ค่าดัชนีราคางานก่อสร้าง CCI

(ง) ปี ค.ศ. 2001-2003

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

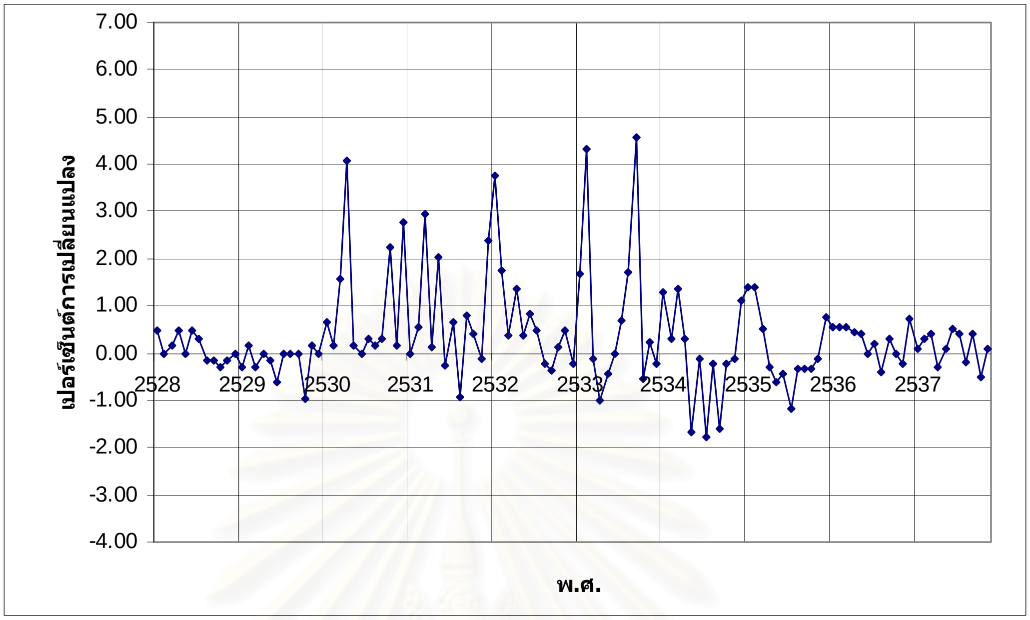


รูปที่ ค-7 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

(ก) ปี พ.ศ. 2528 - 2537

รูปที่ ค-7 ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

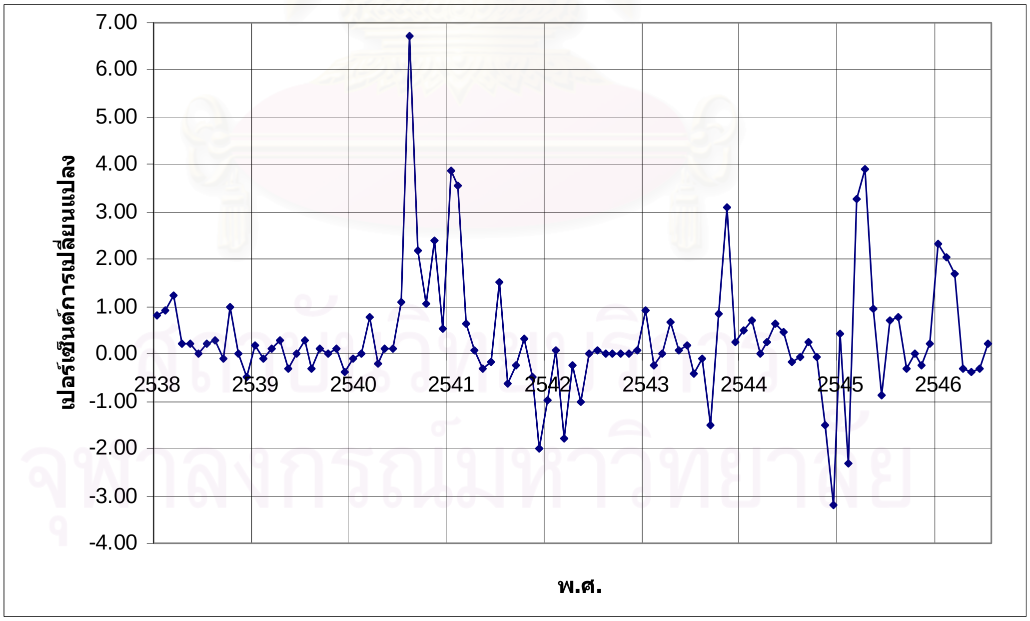
(ข) ปี พ.ศ. 2538 - 2546



รูปที่ ค-8 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

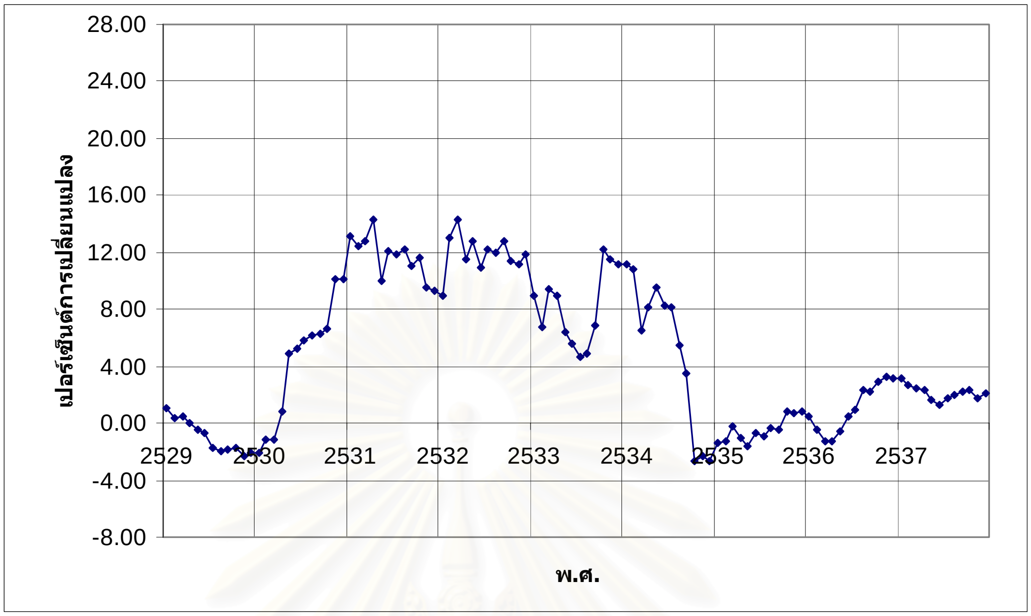
(ก) ปี พ.ศ. 2528 – 2537



รูปที่ ค-8 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจากเดือนก่อนหน้าของ

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

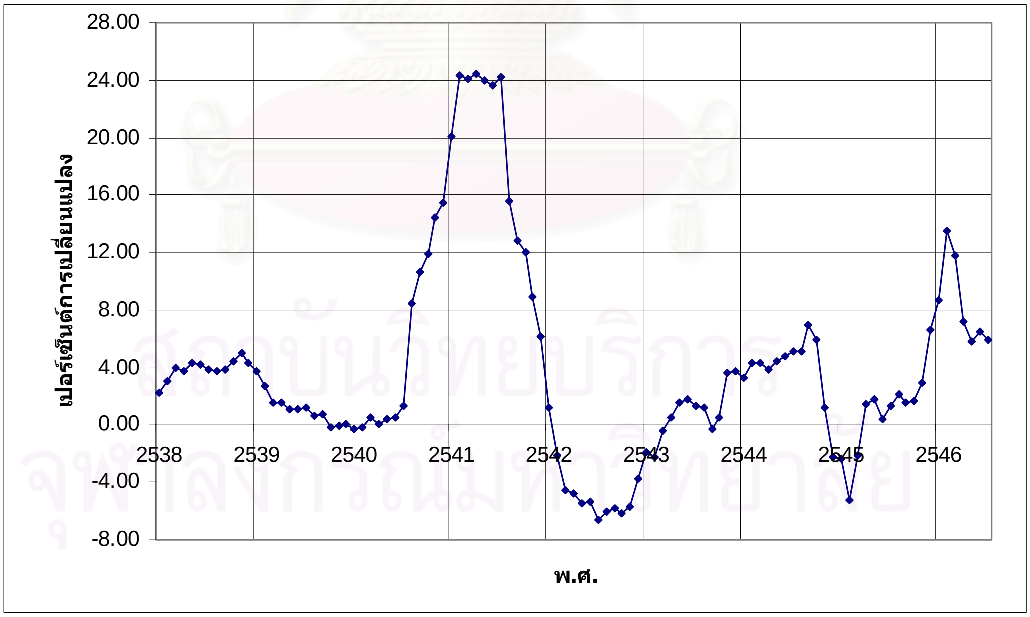
(ข) ปี พ.ศ. 2538 - 2546



รูปที่ ค-9 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

(ก) ปี พ.ศ. 2528 – 2537



รูปที่ ค-9 อัตราการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบจาก 12 เดือนก่อนหน้าของ

ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง หมวดดัชนีรวม

(ข) ปี พ.ศ. 2538 - 2546

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐชาต คำศิริตระกูล เกิดวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ.2523 ที่จังหวัด ขอนแก่น สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2543 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ.2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย