

รายงานการวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์  
พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

An Efficiency Comparison Prediction of Learning Achievement  
on General Physics Course of Undergraduate Students,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัย

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์  
พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

An Efficiency Comparison Prediction of Learning Achievement  
on General Physics Course of Undergraduate Students,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง

๖๐๐๒๖๓๔๗๘

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|          |                                                                                                                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| หัวข้อ   | การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน<br>ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร<br>ลาดกระบัง |
| ผู้วิจัย | รศ.สายชล สิ้นสมบูรณ์ทอง                                                                                                                                   |
| สาขา     | สถิติประยุกต์                                                                                                                                             |
| พ.ศ.     | 2559                                                                                                                                                      |

### บทคัดย่อ

ในการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทำความเข้าใจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่ม รวมทั้งเปรียบเทียบการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน วิธีการจำแนกกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลคือ วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมชนิด IBk วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจโดยใช้อัลกอริทึมชนิด J48 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้อัลกอริทึมชนิดเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนโดยใช้อัลกอริทึม SMO ชนิดโพลีโนเมียลเคอร์เนล วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิว เบย์ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี จะใช้ค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความถ่วงดุล โดยจะพิจารณาจากค่าเหล่านี้ที่มีค่ามากที่สุด ส่วนค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวกและค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบจะพิจารณาจากค่าน้อยที่สุด ในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ในการเปรียบเทียบ โดยพิจารณาจากค่า MAE และ MSE ที่มีค่าน้อยที่สุด

ผลการศึกษการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่มพบว่า วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึก และค่าความถ่วงดุลดีที่มากที่สุดคือ 91.7647%, 1, 0, 1 และ 0.957 ตามลำดับ ดังนั้นวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มดีที่ที่สุด นอกจากนี้จากการเปรียบเทียบการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนพบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0824 ส่วนวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0762 ตามลำดับ แต่วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมากกว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนอยู่พอสมควร ส่วนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่ที่สุด

**คำสำคัญ :** วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิว เบย์

|              |                                                                                                                                                                    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Thesis Title | An Efficiency Comparison Prediction of Learning Achievement on General Physics Course of Undergraduate Students, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| Researcher   | Assoc.Prof. Saichon Sinsomboonthong                                                                                                                                |
| Programme    | Applied Statistics                                                                                                                                                 |
| Year         | 2016                                                                                                                                                               |

### Abstract

In this study, an efficiency comparison prediction of learning achievement on general physics course of undergraduate students, King Mongkut's institute of technology Ladkrabang. The purposes are understand and compare efficiency the classification method and also compare prediction in learning achievement on general physics course. The classification methods to efficiency comparison and prediction are k-nearest neighbor method by IBk algorithm, decision tree method by J48 algorithm, artificial neural network method by multilayer perceptron algorithm, support vector machine method by polynomial kernel, SMO algorithm, binary logistic regression method and naïve Bayes method. In efficiency comparison of six classification methods by using the maximum of accuracy, true positive rate, true negative rate, precision, recall, F-Measure and the minimum of false positive rate and false negative rate. In prediction of six classification methods by using the minimum of mean absolute error (MAE) and mean square error (MSE).

The result of the study efficiency comparison the classification method demonstrated that decision tree method and support vector machine method has the best of accuracy, true positive rate, false negative rate, recall, and F-Measure, 91.764%, 1, 0, 1 and 0.957 respectively. Then, decision tree method and support vector machine method have the best efficiency. In addition, the prediction comparison of classification methods show that support vector machine method and decision tree method have the minimum MAE and MSE, 0.0824 and 0.0762 respectively, but decision tree method has more MAE than support vector machine method and support vector machine method has more a little MSE than decision tree method. Then, support vector machine method has the best prediction.

Keywords : k-nearest neighbor method, decision tree method, artificial neural network method, support vector machine method, binary logistic regression method, and naïve Bayes method

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน ดังนี้

ขอขอบพระคุณโครงการวิจัยที่เอื้อเฟื้อทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณนางสาวชนิษฐา ศรีอุไร นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ข้อมูลบางส่วน

ขอขอบคุณทุกท่านที่มีได้เอื้อนนามในที่นี้ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ และคอยเป็นกำลังใจให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



รศ.สายชล สีนสมบูรณ์ทอง  
(หัวหน้าโครงการวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                 | I         |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                              | II        |
| กิตติกรรมประกาศ                                 | III       |
| สารบัญ                                          | IV        |
| สารบัญตาราง                                     | VII       |
| สารบัญรูป                                       | XI        |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                             | <b>1</b>  |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา                   | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย                     | 2         |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย                           | 2         |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย        | 3         |
| 1.5 นิยามคำศัพท์                                | 3         |
| <b>บทที่ 2 ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b> | <b>6</b>  |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง                          | 5         |
| 2.1.1 วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด             | 5         |
| 2.1.2 วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ          | 6         |
| 2.1.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม                   | 8         |
| 2.1.4 วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                | 12        |
| 2.1.5 วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม           | 16        |
| 2.1.6 วิธีนาอ็ฟ เบย์                            | 16        |
| 2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                    | 17        |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย</b>               | <b>20</b> |
| 3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย                           | 20        |
| 3.1.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว                      | 20        |
| 3.1.2 อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม                | 20        |
| 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย                    | 20        |
| 3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล                       | 20        |
| 3.2.2 การบันทึกข้อมูล                           | 22        |
| 3.2.3 การแบ่งข้อมูล                             | 22        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                            | หน้า      |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                                           | 23        |
| 3.2.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล                                               | 23        |
| <b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>                                      | <b>25</b> |
| 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล                                                     | 25        |
| 4.1.1 วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด                                        | 25        |
| 4.1.1.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 25        |
| 4.1.1.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 27        |
| 4.1.1.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 28        |
| 4.1.2 วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ                                     | 31        |
| 4.1.2.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 31        |
| 4.1.2.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 33        |
| 4.1.2.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 35        |
| 4.1.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม                                              | 37        |
| 4.1.3.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 37        |
| 4.1.3.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 39        |
| 4.1.3.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 40        |
| 4.1.4 วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                           | 43        |
| 4.1.4.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 43        |
| 4.1.4.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 45        |
| 4.1.4.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 47        |
| 4.1.5 วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                      | 49        |
| 4.1.5.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 50        |
| 4.1.5.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 51        |
| 4.1.5.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 52        |
| 4.1.6 วิธีนาอูฟ เบย์                                                       | 55        |
| 4.1.6.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน               | 55        |
| 4.1.6.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน | 57        |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.6.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน  | 58        |
| 4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพและทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่ม | 61        |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>                    | <b>63</b> |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                            | 63        |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                                                | 64        |
| ภาคผนวก ก รายละเอียดและตัวอย่างข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์         | 65        |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูล                                  | 70        |
| ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณ                                    | 83        |
| เอกสารอ้างอิง                                                 | 89        |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

|               |                                                                                                                                                       |    |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตารางที่ 4.17 | ผลในส่วนของการทำงานนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ                                                                | 35 |
| ตารางที่ 4.18 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ                              | 36 |
| ตารางที่ 4.19 | ผลในส่วนของ ความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ   | 37 |
| ตารางที่ 4.20 | ผลในส่วนของ เมตริกซ์ความสับสนจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ                      | 37 |
| ตารางที่ 4.21 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                                          | 38 |
| ตารางที่ 4.22 | ผลในส่วนของ ความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม               | 38 |
| ตารางที่ 4.23 | ผลในส่วนของ เมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                                  | 38 |
| ตารางที่ 4.24 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                            | 39 |
| ตารางที่ 4.25 | ผลในส่วนของ ความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม | 39 |
| ตารางที่ 4.26 | ผลในส่วนของ เมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                    | 40 |
| ตารางที่ 4.27 | ผลในส่วนของ การทำงานนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                                                                        | 40 |
| ตารางที่ 4.28 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                                       | 42 |
| ตารางที่ 4.29 | ผลในส่วนของ ความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม            | 43 |
| ตารางที่ 4.30 | ผลในส่วนของ เมตริกซ์ความสับสนจากการทำงานนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีโครงข่ายประสาทเทียม                               | 43 |
| ตารางที่ 4.31 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                       | 44 |
| ตารางที่ 4.32 | ผลในส่วนของ ความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน            | 44 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                                                                                | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 4.33 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียน<br>วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                           | 45   |
| ตารางที่ 4.34 ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์<br>ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                    | 45   |
| ตารางที่ 4.35 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบ<br>ความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธี<br>ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน      | 46   |
| ตารางที่ 4.36 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ<br>ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                             | 46   |
| ตารางที่ 4.37 ผลในส่วนของ การทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีซัพพอร์ต<br>เวกเตอร์แมชชีน                                                                                   | 47   |
| ตารางที่ 4.38 ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์<br>พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                                  | 48   |
| ตารางที่ 4.39 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบ<br>ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                        | 49   |
| ตารางที่ 4.40 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียน<br>วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                                           | 49   |
| ตารางที่ 4.41 ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์<br>พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                             | 50   |
| ตารางที่ 4.42 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบ<br>ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                   | 50   |
| ตารางที่ 4.43 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียน<br>วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                      | 51   |
| ตารางที่ 4.44 ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์<br>ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                               | 51   |
| ตารางที่ 4.45 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบ<br>ความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการ<br>ถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม | 52   |
| ตารางที่ 4.46 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ<br>ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                        | 52   |
| ตารางที่ 4.47 ผลในส่วนของ การทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีการถดถอย<br>โลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                                                              | 52   |
| ตารางที่ 4.48 ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์<br>พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                             | 54   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 54 ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตารางที่ 4.49 | ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                                                                                                                                         | 55 |
| ตารางที่ 4.50 | ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม                                                                                                                                                                            | 55 |
| ตารางที่ 4.51 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                                    | 55 |
| ตารางที่ 4.52 | ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                          | 56 |
| ตารางที่ 4.53 | ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                             | 56 |
| ตารางที่ 4.54 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                      | 57 |
| ตารางที่ 4.55 | ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                            | 57 |
| ตารางที่ 4.56 | ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                               | 58 |
| ตารางที่ 4.57 | ผลในส่วนของ การทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                                                                     | 58 |
| ตารางที่ 4.58 | ผลในส่วนของ การสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                                    | 60 |
| ตารางที่ 4.59 | ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                          | 60 |
| ตารางที่ 4.60 | ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนารีฟ เบย์                                                                                                                                                                                             | 60 |
| ตารางที่ 4.61 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานทั้ง 6 วิธี โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกลับ และค่าความถ่วงดุล | 61 |
| ตารางที่ 4.62 | ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานทั้ง 6 วิธี โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย                                                                                                      | 62 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

หน้า

|            |                                                  |    |
|------------|--------------------------------------------------|----|
| รูปที่ 2.1 | ตัวอย่างของวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด         | 5  |
| รูปที่ 2.2 | ส่วนประกอบของแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ        | 6  |
| รูปที่ 2.3 | โครงข่ายของเซลล์ประสาท                           | 9  |
| รูปที่ 2.4 | ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า  | 10 |
| รูปที่ 2.5 | ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบมีการย้อนกลับ        | 11 |
| รูปที่ 2.6 | ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น | 11 |
| รูปที่ 2.7 | การขยายตัวของเส้นขอบ                             | 13 |
| รูปที่ 2.8 | เส้นขอบและเส้นแบ่งเมื่อแทนด้วยสมการเส้นตรง       | 14 |
| รูปที่ 2.9 | รูปแบบการวางตัวที่ไม่สามารถแบ่งด้วยเส้นตรงได้    | 15 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปเป็นวิชาพื้นฐานที่มีความจำเป็นเพื่อเป็นพื้นฐานของวิชาอื่น ๆ ในคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและประกอบอาชีพในอนาคต ในระดับปริญญาตรีหลายคณะและหลายสาขามีการจัดการเรียนการสอนในวิชานี้ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปเป็นวิชาพื้นฐานวิชาหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ของการศึกษาในระดับอุดมศึกษา

สำหรับการจัดการเรียนการสอนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังนั้น คณะที่มีวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปเป็นวิชาพื้นฐาน ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ เคมีอุตสาหกรรม เคมีสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ฟิสิกส์ประยุกต์ และสถิติประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมการวัดคุม วิศวกรรมอัตโนมัติ วิศวกรรมระบบควบคุม วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมชีวการแพทย์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเกษตร วิศวกรรมปิโตรเคมี วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมอาหาร วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหกรรม วิศวกรรมขนส่งทางราง และวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาประมง สัตวศาสตร์ และพัฒนาการเกษตร และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม และวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ซึ่งจะเห็นได้ว่านักศึกษาที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปเป็นวิชาพื้นฐานมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากทั้งในด้านความรู้และทักษะทางฟิสิกส์ เนื่องจากนักศึกษามาจากโรงเรียนที่มีแผนการเรียนการสอนที่ต่างกันไป และนักศึกษาส่วนใหญ่มีความรู้สึกที่ว่าวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปเป็นวิชาที่ยากแก่การเข้าใจเพราะต้องใช้การคำนวณค่อนข้างมาก อีกทั้งยังมีบทปฏิบัติการ จึงทำให้เกิดปัญหาและเป็นอุปสรรคต่อการเรียนวิชานี้ ซึ่งเห็นได้จากมีนักศึกษาทำการเพิกถอนเมื่อสอบกลางภาคไปแล้ว นักศึกษาที่ได้เกรด F และนักศึกษาที่มีความเสี่ยงคือได้เกรด D และ D+ มีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ

ด้วยสาเหตุดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแล้วว่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำและมีความแตกต่างกันอย่างมาก ทั้งนี้การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น เพศ อายุ คณะ สาขาวิชา วิธีผ่านการสอบคัดเลือก จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลิกส์ทั่วไป คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คะแนน GAT/PAT 1, 2 คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานหรือฟิลิกส์ทั่วไป และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานหรือฟิลิกส์ทั่วไป เป็นต้น จากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานของนักศึกษา ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอ็ฟ เบย์ เพื่อหาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานหรือฟิลิกส์ทั่วไปที่เหมาะสมต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานและฟิลิกส์ทั่วไป ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์ แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอ็ฟ เบย์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานและฟิลิกส์ทั่วไป ระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอ็ฟ เบย์

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิลิกส์พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้อัลกอริทึมชนิด IBk วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ โดยใช้อัลกอริทึมชนิด J48 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้อัลกอริทึมชนิดเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น โดยกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้เป็น 0.1 ค่าโมเมนตัมเป็น 0.9 จำนวนรอบการสอน 20,000 รอบ และชั้นซ่อน 1 ชั้น วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ใช้อัลกอริทึม SMO ชนิดโพลีโนเมียลเคอร์เนล วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอ็ฟ เบย์ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี ใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก (TP Rate) ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ (TN Rate) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F-Measure) โดยพิจารณาจากค่าเหล่านี้ที่มีค่ามากที่สุด ส่วนค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (FP Rate) และค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ (FN Rate) จะพิจารณาจากค่าน้อยที่สุด จะทำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ในการเปรียบเทียบ โดยพิจารณาจากค่า MAE และ MSE ที่มีค่าต่ำที่สุด จะทำให้การทำนายผลดีที่สุดในทำการศึกษา 2558 ในขณะที่เรียนวิชาฟิลิกส์ทั่วไป ฟิลิกส์ทั่วไป 1 ฟิลิกส์พื้นฐาน และ

ฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ เคมีอุตสาหกรรม เคมีสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม ฟิสิกส์ประยุกต์ สถิติประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมโทรคมนาคม วิศวกรรมการวัดคุม วิศวกรรมอัตโนมัติ วิศวกรรมระบบควบคุม วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมชีวการแพทย์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเกษตร วิศวกรรมปิโตรเคมี วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมอาหาร วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมอุตสาหกรรม วิศวกรรมขนส่งทางราง และวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตร สาขาประมง สัตวศาสตร์ และพัฒนาการเกษตร และคณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม และวิศวกรรมแปรรูปอาหาร ทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรอิสระซึ่งประกอบด้วยเพศ อายุ ชั้นปี คณะ สาขาวิชา วิธีผ่านการสอบคัดเลือก จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คะแนน GAT/PAT 1, 2 คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป และตัวแปรตามประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนักศึกษาที่ได้เกรด C, C+, B, B+ และ A (กลุ่ม 1 ผ่าน : yes) และ 2) กลุ่มที่ไม่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนักศึกษาที่ได้เกรด W, F, D และ D+ (กลุ่ม 2 ไม่ผ่าน : no) รวมระยะเวลาดำเนินโครงการ 1 ปี

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 สามารถนำผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปไปใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีจำแนกกลุ่มที่เหมาะสม

1.4.2 สามารถนำผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปไปใช้ในการทำนายผลการเรียนของนักศึกษา

1.4.3 สามารถนำผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณารับนักศึกษาเข้าศึกษาต่อในคณะวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร

#### 1.5 นิยามคำศัพท์

**ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน** หมายถึง ขนาดของความสำเร็จ พบว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปของเกรดเฉลี่ยสะสม ซึ่งให้ผลที่เชื่อถือได้

**วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 1** หมายถึง เวกเตอร์ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ แรงและกฎการเคลื่อนที่ พลังงานและโมเมนตัม วัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่แบบหมุน กลศาสตร์ของไหล การเคลื่อนที่แบบแกว่งกวัด กลศาสตร์ของคลื่น คลื่นเสียง ความร้อนและทฤษฎีจลน์ของก๊าซ อุณหพลศาสตร์

**วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน 2** หมายถึง ไฟฟ้าสถิต ไฟฟ้ากระแสตรง แม่เหล็กสถิต ไฟฟ้ากระแสสลับ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสมการแมกซ์เวลล์ คลื่นแสง ทัศนศาสตร์ทางแสง ทฤษฎีสัมพัทธภาพ กลศาสตร์ควอนตัม โครงสร้างอะตอม ฟิสิกส์นิวเคลียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**วิชาฟิสิกส์ทั่วไป** หมายถึง วิชาเกี่ยวกับแรงและการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบหมุนและวัตถุแข็งเกร็ง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกและการสั่น คลื่น ของไหล อุณหพลศาสตร์ ไฟฟ้าแม่เหล็ก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสง และฟิสิกส์ยุคใหม่เน้นการเรียนเชิงบรรยาย

**วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (K-Nearest Neighbor (KNN) Method)** เป็นวิธีที่ไม่มีการสร้างตัวแบบจากข้อมูลฝึกหัดเก็บไว้ ทำนายข้อมูลใหม่โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝึกหัดจำนวน  $k$  ตัว ที่อยู่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ใช้คำตอบของข้อมูลฝึกหัดที่อยู่ใกล้เคียงกันมากที่สุด  $k$  ตัว ที่พบมากที่สุดเป็นคำตอบ วิธีนี้ทำนายได้เฉพาะข้อมูลเชิงกลุ่ม (nominal data) เท่านั้น

**วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree Method)** เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดโดยการนำข้อมูลมาสร้างตัวแบบการพยากรณ์ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ซึ่งมีการเรียนรู้ข้อมูลแบบมีผู้สอน (supervised learning) สามารถสร้างตัวแบบการจำแนกกลุ่มได้จากกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลฝึกหัดโดยอัตโนมัติและสามารถพยากรณ์กลุ่มของรายการที่ยังไม่เคยนำมาจำแนกกลุ่มได้อีกด้วย

**วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Method)** เป็นวิธีที่ใช้หลักการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ เส้นเชื่อมแต่ละเส้นจะมีน้ำหนักถ่วง (weight) เพื่อใช้กำหนดน้ำหนักถ่วงหรือความสำคัญของข้อมูลเข้า (input data) กำหนดค่าเริ่มต้นโดยการสุ่มในแต่ละโหนดทำการคำนวณค่าผลรวมเชิงเส้นแบบถ่วงน้ำหนักและผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (error) ระหว่างคำตอบที่ทำนายได้กับเฉลย ถ้ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ระบบจะทำการปรับปรุงค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละการเชื่อมต่อ (connection) ทำนายข้อมูลได้ทั้งข้อมูลเชิงกลุ่ม (nominal data) และข้อมูลเชิงตัวเลข (numeric data) วิธีโครงข่ายประสาทเทียมอยู่ในหมวดวิธีที่เป็น Functions ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการสร้างตัวแบบ

**วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Method)** เป็นวิธีที่ใช้กระบวนการสอนเครื่องแบบมีผู้สอน (supervised learning) เพื่อให้สามารถสร้างตัวจำแนกข้อมูล (classifier) ที่มีความทั่วไป (generalize) สูง นั่นคือสามารถทำงานได้ดีกับตัวอย่างที่ไม่รู้จัก (unknown database) ด้วยกระบวนการปรับรูปแบบข้อมูลจากข้อมูลที่มีมิติต่ำ (low dimension dataset) บนพื้นที่ข้อมูลนำเข้า (input space) ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลที่มีมิติสูง (high dimension dataset) บนพื้นที่ข้อมูลคุณลักษณะ (feature space) โดยใช้ฟังก์ชันในการปรับรูปแบบข้อมูลเรียกว่าฟังก์ชันเคอร์เนล (kernel function) ซึ่งความสามารถดังกล่าวช่วยให้การสร้างตัวจำแนกข้อมูลด้วยสมการกำลังสอง (quadratic equation) บนพื้นที่ข้อมูลคุณลักษณะเป็นไปได้ง่ายขึ้นและมีความชัดเจนในการจำแนกกลุ่มมากยิ่งขึ้นด้วย

**วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม (Binary Logistic Regression Method)** เป็นวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบหนึ่งโดยที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (dichotomous or binary variable) ส่วนตัวแปรอิสระอาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ หรืออาจจะมีทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้

**วิธีนาอิว เบย์ (Naïve Bayes Method)** เป็นวิธีที่ใช้หลักการของความน่าจะเป็นในการคัดกรองแต่ละคำตอบ (Class) โดยมีคำตอบ 2 คำตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (K-Nearest Neighbor (KNN) Method)

ไม่มีการสร้างตัวแบบจากข้อมูลฝึกหัดเก็บไว้ ทำนายข้อมูลใหม่โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝึกหัดจำนวน  $k$  ตัว ที่อยู่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ใช้คำตอบของข้อมูลฝึกหัดที่อยู่ใกล้เคียงกันมากที่สุด  $k$  ตัว ที่พบมากที่สุดเป็นคำตอบ วิธีนี้ทำนายได้เฉพาะข้อมูลเชิงกลุ่ม (nominal data) เท่านั้น

วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการใช้งานอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้หลายอย่าง เช่น งานทางด้านกรจำแนกกลุ่ม รวมถึงงานทางด้านกรแทนที่ข้อมูลสูญหาย ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (Tan, P-N. and et al. : 2006)

2.1.1.1 กำหนดค่า  $k$  เพื่อใช้พิจารณาสมาชิกที่อยู่ใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น  $k = 3$  คือ จะพิจารณาเฉพาะข้อมูล 3 ตัวแรกที่อยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการจะทำนาย

2.1.1.2 คำนวณหาระยะห่างระหว่างข้อมูลตัวอย่างที่สนใจกับข้อมูลอื่น ๆ ทุกตัว ด้วยวิธีระยะห่างยูคลิดีเนียน (euclidean distance) จากสมการดังนี้

$$\text{dist}(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (2.1)$$

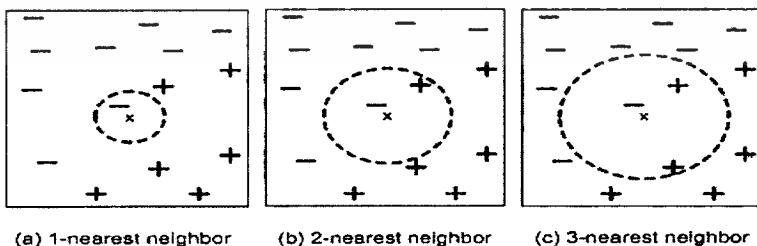
โดยที่

$\text{dist}(x_i, x_j)$  คือ ระยะห่างระหว่างตัวอย่าง  $x_i$  กับตัวอย่าง  $x_j$

$n$  คือ จำนวนคุณสมบัติทั้งหมดของตัวอย่าง

$x_{i,k}$  คือ คุณสมบัติที่  $k$  ของตัวอย่าง  $x_i$

2.1.1.3 เลือกค่าข้อมูลที่มีค่าระยะห่างน้อยที่สุด  $k$  ตัว เพื่อนำมาพิจารณาหาคำตอบ ดังรูปที่ 2.1



(a) ความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยพิจารณาจากข้อมูล 1 ตัว

(b) ความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยพิจารณาจากข้อมูล 2 ตัว

(c) ความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยพิจารณาจากข้อมูล 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.1 ตัวอย่างของวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.1.2 วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree Method)

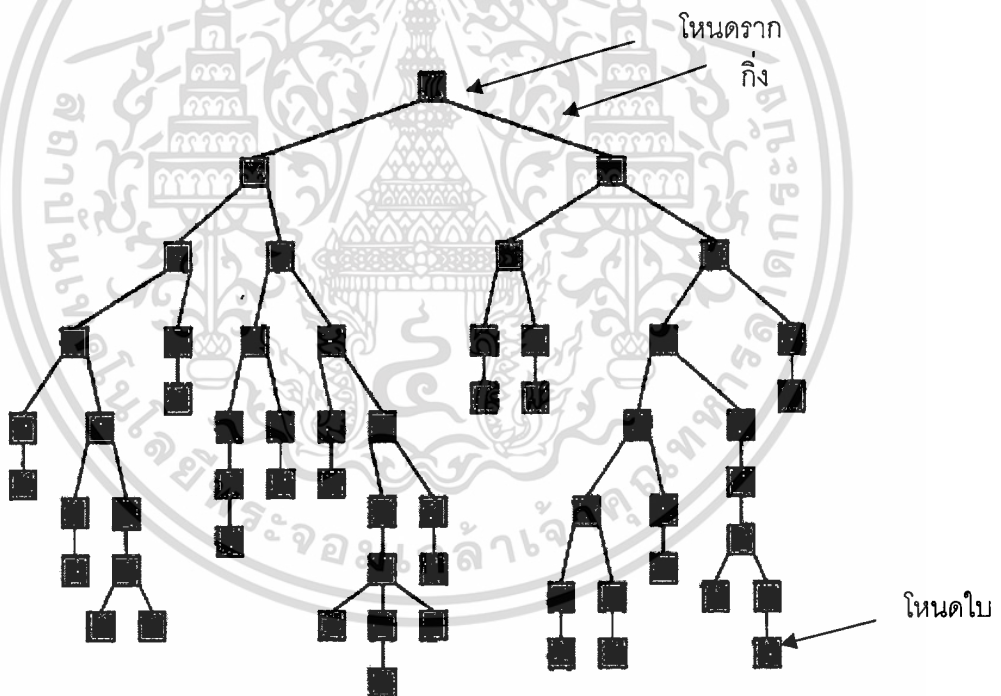
วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดโดยการนำข้อมูลมาสร้างตัวแบบการพยากรณ์ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ซึ่งมีการเรียนรู้ข้อมูลแบบมีผู้สอน (supervised learning) สามารถสร้างตัวแบบการจำแนกกลุ่มได้จากกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลฝึกหัดโดยอัตโนมัติและสามารถพยากรณ์กลุ่มของรายการที่ยังไม่เคยนำมาจำแนกกลุ่มได้อีกด้วย

### 2.1.2.1 ส่วนประกอบของแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

1) โหนด (Node) คือคุณสมบัติต่าง ๆ เป็นจุดที่แยกข้อมูลว่าจะให้ไปในทิศทางใด ซึ่งโหนดที่อยู่สูงสุดเรียกว่า โหนดราก (root node)

2) กิ่ง (Branch) คือคุณสมบัติของโหนดที่แตกออกมาโดยจำนวนของกิ่งจะเท่ากับคุณสมบัติของโหนด

3) ใบ (Leaf) คือกลุ่มของผลลัพธ์ในการแยกแยะข้อมูล ซึ่งโหนดที่อยู่ล่างสุดเรียกว่า โหนดใบ (leaf node) โดยสามารถแสดงส่วนประกอบของแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

### 2.1.2.2 การสร้างแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

หลักการพื้นฐานของการสร้างแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจเป็นการสร้างจากบนลงล่าง คือ เริ่มจากการสร้างรากของต้นไม้ก่อน แล้วจึงแตกกิ่งไปจนถึงใบ โดยแสดงขั้นตอนการสร้างแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจได้ดังนี้

1) ต้นไม้เริ่มต้นโดยมีโหนดเพียงโหนดเดียวแสดงถึงชุดข้อมูลฝึกหัด

(training data set)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ถ้าข้อมูลทั้งหมดอยู่ในกลุ่มเดียวกันแล้ว ให้โหนดนั้นเป็นใบและตั้งชื่อแยกตามกลุ่มของข้อมูลนั้น

3) ถ้าในโหนดมีข้อมูลหลายกลุ่มปะปนอยู่ จะต้องวัดค่าผลกำไร (gain) ของแต่ละคุณลักษณะ (attribute) เพื่อที่จะใช้เป็นเกณฑ์ (criterion) ในการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความสามารถในการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ได้ดีที่สุด โดยคุณลักษณะที่มีผลกำไรมากที่สุด จะถูกเลือกให้เป็นตัวทดสอบหรือคุณลักษณะที่ใช้ในการตัดสินใจโดยแสดงในรูปของโหนดบนต้นไม้

4) กิ่งของต้นไม้ถูกสร้างขึ้นจากค่าต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ของโหนดทดสอบและข้อมูลจะถูกแบ่งออกตามกิ่งต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น

5) ทำการวนซ้ำเพื่อหาคุณลักษณะที่มีผลกำไรมากที่สุด สำหรับข้อมูลที่ถูกแบ่งแยกออกมาในแต่ละกิ่งเพื่อนำคุณลักษณะนี้มาสร้างเป็นโหนดตัดสินใจต่อไป โดยที่คุณลักษณะที่ถูกเลือกมาเป็นโหนดแล้วจะไม่ถูกเลือกมาอีกสำหรับโหนดในระดับต่อ ๆ ไป

6) ทำการวนซ้ำเพื่อแบ่งข้อมูลและแตกกิ่งของต้นไม้ไปเรื่อย ๆ โดยการวนซ้ำจะสิ้นสุดก็ต่อเมื่อเงื่อนไขข้อใดข้อหนึ่งข้างบนนี้เป็นจริง

### 2.1.2.3 การคำนวณค่าผลกำไรสารสนเทศ (Information Gain)

แผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจเป็นโครงสร้างที่ใช้แสดงกฎที่ได้จากเทคนิคการจำแนกกลุ่มของข้อมูล โดยแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจจะมีลักษณะคล้ายโครงสร้างต้นไม้ โดยที่แต่ละโหนดแสดงคุณลักษณะ ในการสร้างแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ ปัญหาที่สำคัญที่ต้องพิจารณาคือควรจะต้องตัดสินใจเลือกคุณลักษณะใดมาทำหน้าที่เป็นโหนดราก ในแต่ละขั้นตอนของการสร้างต้นไม้และต้นไม้ย่อย (subtree) ของแผนภาพต้นไม้ เพื่อการตัดสินใจ เกณฑ์ที่ใช้ช่วยประกอบการเลือกคุณลักษณะเพื่อการคำนวณเกณฑ์ผลกำไร (gain criterion) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าคุณลักษณะที่เป็นไปได้จากชุดข้อมูลมาทำหน้าที่เป็นโหนดราก ถ้าคุณลักษณะใดให้ผลกำไรสูงสุด แสดงว่าคุณลักษณะนั้นสามารถจำแนกกลุ่มของข้อมูลได้ดีที่สุด การใช้ผลกำไรสารสนเทศจะช่วยลดจำนวนครั้งของการทดสอบในการแยกแยะข้อมูล อีกทั้งยังรับประกันว่าแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจที่ได้จะไม่มีความซับซ้อนมากเกินไป (overfitting) ซึ่งผลกำไรสารสนเทศนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$I(S_1, S_2, \dots, S_n) = - \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \log_2 \frac{S_i}{S} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $S$  คือ เซตของข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูล  $S$  ระเบียบ (record)

$n$  คือ จำนวนกลุ่มทั้งหมดที่ต่างกันของข้อมูลชุดนั้น

$S_i$  คือ จำนวนข้อมูลที่เป็นสมาชิกของ  $S$  และอยู่ในกลุ่ม  $C_i$

$C_i$  คือ กลุ่มในลำดับที่  $i$  โดยที่  $i$  มีค่าระหว่าง 1 ถึง  $n$

ค่าเอ็นโทรปี (Entropy) ของคุณลักษณะ  $A$  ซึ่งมีค่าของคุณลักษณะเป็น  $(a_1, a_2, \dots, a_v)$  หาได้ดังนี้

$$E(A) = \sum_{j=1}^v \frac{S_{1j} + \dots + S_{nj}}{S} I(S_{1j} + \dots + S_{nj}) \quad (2.3)$$

$S_{ij}$  คือ จำนวนข้อมูลที่เป็นสมาชิกของ  $S$  และอยู่ในกลุ่ม  $C_i$  จากการแบ่ง

ข้อมูลด้วยค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะ  $A$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะสามารถพิจารณาเกณฑ์ผลกำไรได้ดังนี้

$$\text{Gain}(A) = I(S_{1j}, S_{2j}, \dots, S_{nj}) - E(A) \quad (2.4)$$

ข้อดี

- 1) เข้าใจได้ง่าย
- 2) สร้างกฎได้จากต้นไม้
- 3) เลือกเฉพาะคุณลักษณะ (attribute) ที่สำคัญในการสร้างตัวแบบ

ข้อเสีย

- 1) ใช้ได้กับคำตอบ (class) ที่เป็นข้อมูลเชิงกลุ่ม (nominal data) เท่านั้น
- 2) ความถูกต้องในการทำนายไม่สูง

การประยุกต์ใช้แผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision tree application)

แผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจใช้ตอบคำถามที่ต้องการจำแนกประเภทข้อมูลที่

ต้องการความเข้าใจประกอบ

ใช้ในการพิจารณาให้สินเชื่อแก่บุคคลต่าง ๆ

ใช้ในการทำนายว่าลูกค้าคนไหนที่มีโอกาสจะยกเลิกการใช้บริการและ

เหตุผลเพราะอะไร

### 2.1.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Method)

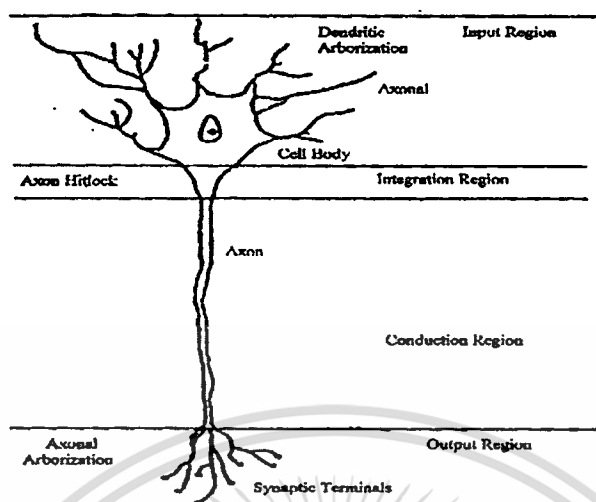
วิธีโครงข่ายประสาทเทียมใช้หลักการเลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์

เส้นเชื่อมแต่ละเส้นจะมีน้ำหนักถ่วง (weight) เพื่อใช้กำหนดน้ำหนักถ่วงหรือความสำคัญของข้อมูลเข้า (input data) กำหนดค่าเริ่มต้นโดยการสุ่ม ในแต่ละโหนดทำการคำนวณค่าผลรวมเชิงเส้นแบบถ่วงน้ำหนักและผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (activation function) คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (error) ระหว่างคำตอบที่ทำนายได้กับเฉลย ถ้ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ระบบจะทำการปรับปรุงค่าน้ำหนักถ่วงของแต่ละการเชื่อมต่อ (connection) ทำนายข้อมูลได้ทั้งข้อมูลเชิงกลุ่ม (nominal data) และข้อมูลเชิงตัวเลข (numeric data) วิธีโครงข่ายประสาทเทียมอยู่ในหมวดวิธีที่เป็น Functions ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการสร้างตัวแบบ

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นศาสตร์ที่จำลองแบบความสามารถของมนุษย์ด้านการเรียนรู้ จดจำและจำแนกสิ่งต่าง ๆ ซึ่งใช้สมองเป็นส่วนสำคัญ ในการประมวลระบบของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นจะเลียนแบบการทำงานของระบบสมองคือมีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันโดยมีการเชื่อมต่อของเซลล์ประสาท (neuron) กันเป็นโครงข่ายร่างแหจำนวนมากและมีการประมวลผลในลักษณะขนาน (parallel processing) สาเหตุหลักที่โครงข่ายประสาทเทียมเป็นที่นิยมมากขึ้นเนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงและสามารถปรับตัวเองให้ทำงานในสภาพที่เปลี่ยนแปลงได้ดี อีกทั้งยังไม่จำเป็นต้องทราบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่แน่นอนของกระบวนการ เพียงแต่ใช้ชุดข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูลเข้า (input data) และข้อมูลเป้าหมาย (target data) ของกระบวนการในจำนวนที่มากพอมาใช้ในการสอนโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.3.1 ความรู้พื้นฐานของระบบประสาท (Neural system knowledge)



รูปที่ 2.3 โครงข่ายของเซลล์ประสาท

ภายในสมองมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก เรียกว่า เซลล์ประสาท (neuron) ซึ่งจะมีประมาณ 10 หน่วย ในเซลล์ประสาทแต่ละหน่วยดังแสดงในรูปที่ 2.3 ประกอบด้วยใยประสาท (dendrites) ตัวเซลล์ (cell body) และเส้นใยประสาท (axon) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 บริเวณคือ

- 1) บริเวณนำกระแสประสาทเข้า (Input region) เป็นบริเวณที่จะมีการนำกระแสประสาท (nerve impulse) จากเซลล์ประสาทอื่นเข้ามาภายในตัวเซลล์โดยผ่านทางใยประสาท ซึ่งมีลักษณะแตกเป็นกิ่งก้านคล้ายต้นไม้และมีจำนวนตั้งแต่ 1 ใยขึ้นไป
- 2) บริเวณการรวมกระแสประสาทเข้า (Integration region) เป็นบริเวณที่มีการรวมกระแสประสาทก่อนที่จะเข้าสู่บริเวณการนำกระแสประสาทรวมออกจากเซลล์
- 3) บริเวณการนำกระแสประสาทรวมออกจากเซลล์ (Conduction region) เป็นบริเวณที่จะนำกระแสประสาทรวมออกจากเซลล์โดยใช้เส้นใยประสาทเป็นทางผ่านซึ่งมีเพียง 1 เส้นใยต่อเซลล์เท่านั้น
- 4) บริเวณการนำกระแสประสาทรวมออก (Output region) เป็นบริเวณส่วนปลายของเส้นใยประสาทที่มีการแตกแขนงใช้ในการถ่ายทอดกระแสประสาทข้ามเซลล์ไปยังเซลล์ประสาทอื่นโดยผ่านทางใยประสาทของเซลล์ประสาทนั้น

### 2.1.3.2 การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network learning)

การเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) ของโครงข่ายที่ทำกรออกแบบ ซึ่งการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมคือการหาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับโครงข่ายประสาทเทียม นั้น ๆ โดยทั่วไปสามารถจำแนกวิธีการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมได้เป็น 2 ประเภท คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอนและการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning)

การเรียนรู้แบบมีผู้สอนจะกำหนดข้อมูลฝึกหัด (training data set) ให้กับโครงข่ายประสาท ซึ่งกลุ่มนี้ประกอบด้วยข้อมูลเข้า (Input data) และข้อมูลเป้าหมาย (target data) ที่ต้องการ จากนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมให้กับข้อมูลฝึกหัด โดยคำตอบที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกคำนวณค่าความผิดพลาด (error value) ว่ามีความห่างจากคำตอบที่ต้องการของข้อมูลนำเข้าในชุดเดียวกันมากน้อยเพียงใด ถ้ายังมีความผิดพลาดสูงอยู่ การฝึกหัดจะดำเนินต่อไปจนกว่าค่าความผิดพลาดจะลดลงต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ (accept level) จึงจะหยุดฝึกหัด สุดท้ายค่าถ่วงน้ำหนักที่ได้จะเป็นเหมือนฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงข้อมูล

### 2) การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning)

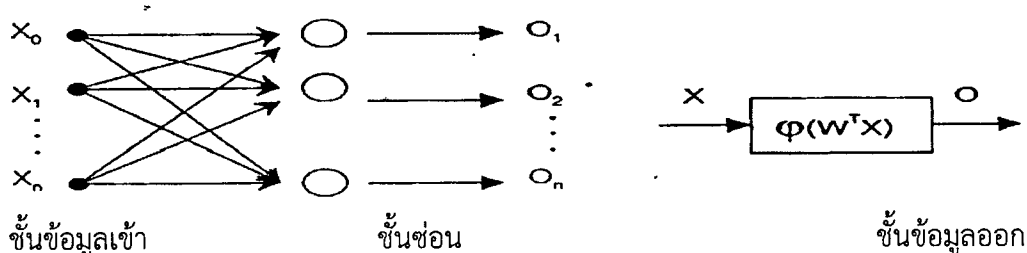
การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนจะอาศัยชุดข้อมูลเข้าเพียงอย่างเดียวในการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมโดยไม่มีข้อมูลเป้าหมาย แต่จะใช้ข้อมูลออก (output data) จากโครงข่ายประสาทเทียมแทน เมื่อป้อนข้อมูลเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมจะคำนวณค่าความสัมพันธ์ที่มีอยู่ภายในกลุ่มข้อมูลเข้า โดยอาศัยค่าถ่วงน้ำหนักเป็นตัวแยกความแตกต่างของข้อมูลเข้าและนำไปเก็บไว้ในโหนดข้อมูลออกของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการจำแนกชุดข้อมูล (classification)

#### 2.1.3.3 การเชื่อมโยงของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural network linking)

เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการเชื่อมโยงกันระหว่างเซลล์ประสาท โดยทั่วไปสามารถแบ่งการเชื่อมโยงของโครงข่ายได้ 2 ลักษณะคือ

##### 1) โครงข่ายแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า (Feedforward network)

เป็นโครงข่ายที่การประมวลผลจะอาศัยชุดข้อมูลปัจจุบันและส่งค่าที่ประมวลผลได้ไปยังชั้นถัด ๆ ไป กล่าวคือ โครงข่ายชนิดนี้จะประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ โดยชั้นแรกจะเป็นชั้นข้อมูลเข้า (input layer) และชั้นสุดท้ายเป็นชั้นข้อมูลออก (output layer) ส่วนระหว่างชั้นข้อมูลเข้ากับชั้นข้อมูลออกอาจจะมีหรือ ไม่มีชั้นซ่อน (hidden layer) อยู่ภายในก็ได้ ซึ่งขึ้นกับกฎการเรียนรู้ (learning rule) ที่ใช้ในการสอนโครงข่าย เช่น ถ้าเป็นโครงข่ายเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น (multi-layer perceptron) จะมีชั้นซ่อนอยู่ระหว่างชั้นข้อมูลเข้ากับชั้นข้อมูลออก ซึ่งอาจมีมากกว่าหนึ่งชั้นได้ การเชื่อมต่อระหว่างชั้นของโครงข่ายแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้าจะมีค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) เป็นตัวเชื่อมและสัญญาณนำเข้าที่เข้ามาจะถูกส่งไปตามทิศทางของลูกศรจนถึงชั้นข้อมูลออกโดยไม่มีการย้อนกลับ สามารถแสดงตัวแบบโครงข่ายแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้าได้ ดังรูปที่ 2.4



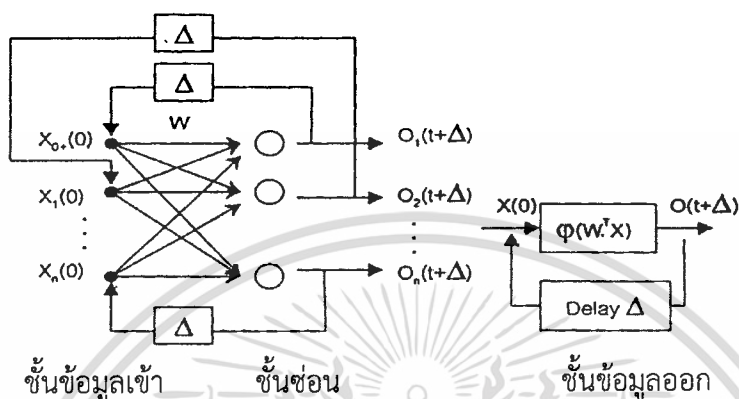
รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.4 ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบส่งสัญญาณไปข้างหน้า ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โครงข่ายแบบมีการย้อนกลับ (Feedback network)

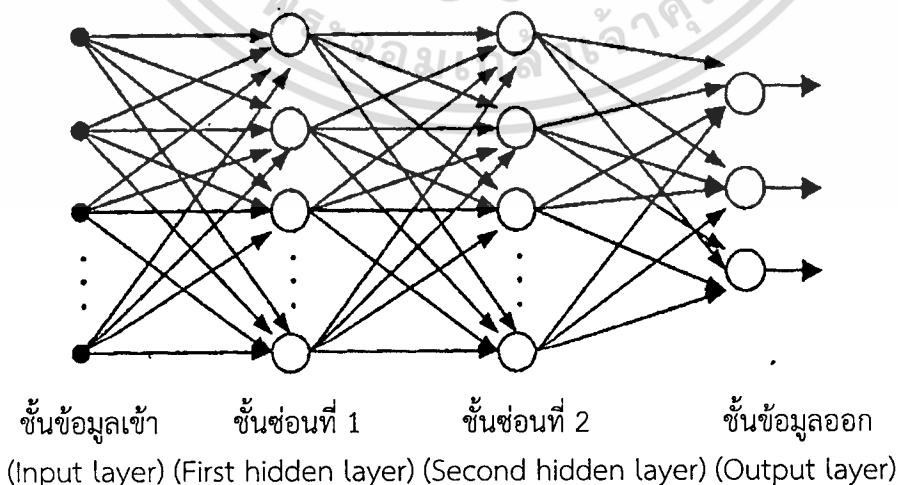
โครงข่ายชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า โครงข่ายหันกลับ (recurrent network) เป็นโครงข่ายที่จะอาศัยทั้งข้อมูลในปัจจุบันและข้อมูลที่มีการประวิงเวลามาใช้ในการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียม สามารถแสดงตัวแบบโครงข่ายแบบมีการย้อนกลับได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบมีการย้อนกลับ

2.1.3.4 การแพร่แบบย้อนกลับ (Back-propagation)

การแพร่แบบย้อนกลับเป็นขั้นตอนที่ใช้สอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น (multi-layer perceptron) ซึ่งตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมมีการเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายแบบเป็นชั้น ๆ โครงข่ายชนิดนี้มีการเชื่อมโยงกัน 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นข้อมูลเข้า (input layer) ถัดมาเป็นชั้นซ่อน (hidden layer) และชั้นสุดท้ายคือชั้นข้อมูลออก (output layer) สามารถแสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้นที่มีชั้นซ่อน 2 ชั้น ได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมแบบเพอร์เซปตรอนหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มาของชื่อการแพร่แบบย้อนกลับนั้นมาจากจุดที่ว่า วิธีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมนั้นจะใช้วิธีสอนว่าค่าเป้าหมาย (target) ของแต่ละข้อมูลเข้านั้นคืออะไร และใช้ค่าความผิดพลาด (error) ของข้อมูลออกมาใช้เป็นตัวชี้้นำในการปรับค่าถ่วงน้ำหนัก ดังนั้นการแพร่แบบย้อนกลับ จึงเป็นกระบวนการเรียนรู้แบบมีผู้สอน แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือไม่มีค่าเป้าหมายของสัญญาณที่ออกมาจาก แต่ละเซลล์ประสาทในชั้นซ่อน ดังนั้นจึงต้องอาศัยการแพร่ความผิดพลาดจากชั้นข้อมูลออกกลับมายังชั้นซ่อนนั่นเอง

### 2.1.3.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเรียนรู้การแพร่แบบย้อนกลับ

#### 1) การกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าถ่วงน้ำหนัก

ก่อนที่จะทำการสอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น จำเป็นต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมโยงระหว่างชั้นทุกชั้น โดยค่านี้จะเป็นเลขจำนวนจริงที่มีค่าน้อย ๆ ที่ได้มาจากการสุ่มค่าเริ่มต้น (randomness)

#### 2) การกำหนดเกณฑ์การหยุดฝึกหัด

เกณฑ์ในการหยุดฝึกหัดนั้นขึ้นกับผู้ที่ทำกรออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมว่า ต้องการที่จะให้โครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำเพียงใด โดยทั่วไปนิยมใช้ค่าดัชนีที่ชี้ถึงค่าความผิดพลาดของระบบได้ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error, MSE)

#### 3) อัตราการเรียนรู้ (Learning rate, $\eta$ )

อัตราการเรียนรู้เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงถึงการเรียนรู้ของโครงข่าย โดยทั่วไปค่าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.5 ถ้าอัตราการเรียนรู้มีค่าสูง แสดงว่ากำหนดให้โครงข่ายมีการเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักที่มาก ในทางตรงกันข้ามถ้ามีอัตราการเรียนรู้ต่ำ แสดงว่ากำหนดให้โครงข่ายมีการเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักที่น้อย ซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ที่มากขึ้น แต่จะมีข้อดีคือโครงข่ายจะมีเสถียรภาพและไม่เกิดการแกว่ง (oscillation) ขณะที่ทำการเรียนรู้

#### 4) ค่าคงที่โมเมนตัม (Momentum constant, $\alpha$ )

ค่าคงที่โมเมนตัมเป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ช่วยหน่วงไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักนั้นมีค่ามากเกินไป เป็นการเพิ่มเสถียรภาพให้กับโครงข่ายประสาทเทียมได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งค่าโมเมนตัมที่เหมาะสมจะมีค่าเข้าใกล้ 1.0 และควรที่จะกำหนดให้สอดคล้องกับอัตราการเรียนรู้ด้วย เช่น ถ้าอัตราการเรียนรู้สูงก็ควรที่จะมีค่าโมเมนตัมที่ต่ำ ทำให้การเปลี่ยนแปลงค่าถ่วงน้ำหนักนั้นไม่มากจนเกินไป แต่ถ้าอัตราการเรียนรู้ต่ำก็ควรจะมีค่าโมเมนตัมที่สูง

### 2.1.4 วิธีซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Method)

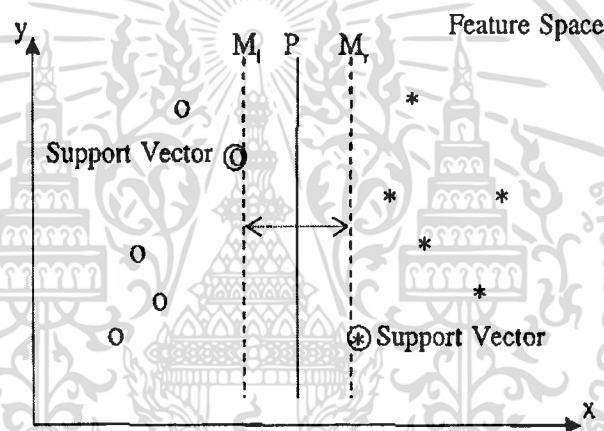
เป้าหมายของวิธีซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีนคือกระบวนการสอนเครื่องแบบมีผู้สอน (supervised learning) เพื่อให้สามารถสร้างตัวจำแนกข้อมูล (classifier) ที่มีความทั่วไป (generalize) สูง นั่นคือสามารถทำงานได้ดีกับตัวอย่างที่ไม่รู้จัก (unknown database) ด้วยกระบวนการปรับรูปแบบข้อมูลจากข้อมูลที่มีมิติต่ำ (low dimension dataset) บนพื้นที่ข้อมูลนำเข้า (input space) ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลที่มีมิติสูง (high dimension dataset) บนพื้นที่ข้อมูลคุณลักษณะ (feature space) โดยใช้ฟังก์ชันในการปรับรูปแบบข้อมูลเรียกว่า ฟังก์ชันเคอร์เนล (kernel function) ซึ่งความสามารถดังกล่าวช่วยให้การสร้างตัวจำแนกข้อมูลด้วยสมการกำลังสอง (quadratic equation) บนพื้นที่ข้อมูลคุณลักษณะเป็นไปได้ง่ายขึ้นและมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้งานด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชัดเจนในการจำแนกกลุ่มมากยิ่งขึ้นด้วย นอกจากนี้ตัวจำแนกข้อมูลที่ดีควรมีโครงสร้างแบบเส้นตรง (linear classifier) และสามารถสร้างพื้นที่ระยะห่างระหว่างตัวจำแนกข้อมูลกับค่าที่ใกล้ที่สุดของแต่ละกลุ่มข้อมูลได้มากที่สุดเพื่อประสิทธิภาพในการแยกแยะประเภทของชุดข้อมูลแต่ละประเภทออกจากกันอย่างชัดเจน ซึ่งเส้นที่เหมาะสมดังกล่าวเรียกว่า ระนาบแบ่งเขตข้อมูลที่เหมาะสม (optimal separating hyperplane)

#### 2.1.4.1 แนวความคิดของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นสมการที่ใช้ในการจำแนกค่าคุณลักษณะของ 2 กลุ่ม ที่วางตัวอยู่ในพื้นที่คุณลักษณะ (feature space) ออกจากกันโดยจะสร้างเส้นแบ่ง (plane) ที่เป็นเส้นตรงขึ้นมาและเพื่อให้ทราบว่าเส้นตรงที่แบ่ง 2 กลุ่มออกจากกันนั้น เส้นตรงใดที่เป็นเส้นที่ดีที่สุด โดยเส้นตรงนั้นจะเพิ่มเส้นขอบ (margin) ออกไปทั้งสองข้าง โดยเส้นขอบที่เพิ่มนั้นจะขนานกับเส้นเดิมเสมอ เส้นขอบที่เพิ่มขึ้นมาจะขยายออกไปจนกว่าจะสัมผัสกับค่าของกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้ที่สุด ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การขยายตัวของเส้นขอบ

จากรูปที่ 2.7 เส้น  $M_L$  และ  $M_R$  คือเส้นขอบที่ขยายออกไปด้านซ้ายและขวาตามลำดับ และ  $P$  คือเส้นแบ่งข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อเส้น  $M_L$  และ  $M_R$  ขยายออกจนไปสัมผัสค่าข้อมูลที่ใกล้ที่สุด ซึ่งข้อมูลที่อยู่บนเส้นขอบของทั้งสองฝั่งนั้นเรียกว่า ซัพพอร์ตเวกเตอร์ (support vector) จะวัดค่าระยะความห่างของเส้นขอบ โดยเส้น  $P$  จะเปลี่ยนความชันไปเรื่อย ๆ เพื่อที่จะหาความกว้างสูงสุดของเส้นขอบ

กระบวนการโดยรวมของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนนั้นเป็นการหาค่าความชันของเส้น  $P$  ที่เส้นขอบมีความกว้างสูงสุด

#### 2.1.4.2 สมการพื้นฐานของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

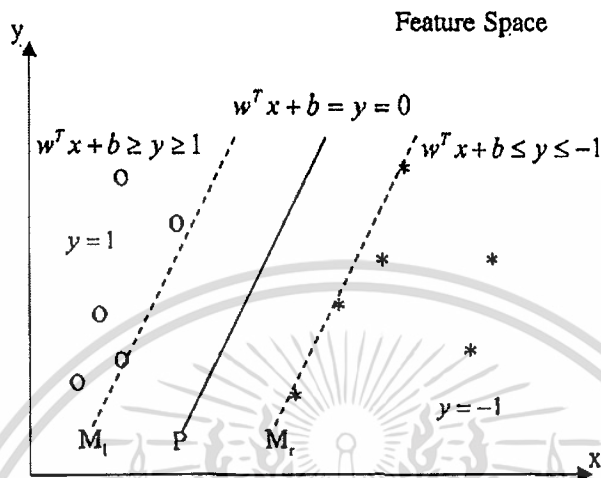
ถ้านำแนวคิดของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่กล่าวไปแล้วในข้อ 2.1.4.1 มาเขียนเป็นสมการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยข้อมูลที่นำมาวางลงในพื้นที่คุณลักษณะนั้นเป็นกลุ่มข้อมูลที่อยู่ในรูปของเวกเตอร์

$$x = ((x_1, y_1), \dots, (x_i, y_i)) \quad (2.5)$$

เมื่อ  $x$  คือ ชุดค่าคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคุณลักษณะที่วางตัวอยู่ในพื้นที่คุณลักษณะจะถูกแบ่งด้วยเส้นตรงดังรูปที่ 2.8 และเมื่อนำเส้นตรงมาแทนค่าด้วยสมการเส้นตรง  $y = mx + b$  โดยมีการกำหนดกลุ่มของข้อมูลทั้งสองฝั่งเป็นเพียง 2 ค่า ที่ซึ่งแทนด้วยค่า  $y$  เพื่อให้ข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันที่มาจากหลายค่ากลายเป็นค่าเดียว ดังสมการในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 เส้นขอบและเส้นแบ่งเมื่อแทนด้วยสมการเส้นตรง

จากรูปที่ 2.8 เส้นตรง  $M_l$  แทนด้วยสมการ  $w^T x + b \geq y \geq 1$  ซึ่งข้อมูล  $y$  ที่มากกว่า 1 ก็จะถูกกำหนดค่าใหม่โดยให้  $y$  เท่ากับ 1 และพจน์  $w$  ก็คือค่าความชัน เช่นเดียวกับกับเส้นตรง  $M_r$  ที่ค่าของ  $y$  จะถูกกำหนดค่าใหม่เมื่อ  $y$  ที่น้อยกว่า  $-1$  ให้เท่ากับ  $-1$  ดังนั้นสมการที่เกิดขึ้นใหม่ จากสมการเส้นขอบ 2.6 และ 2.7 สามารถกำหนดได้ดังสมการที่ 2.8

$$\text{เมื่อ } w^T x + b \geq y \text{ กำหนด } y = 1 \quad (2.6)$$

$$w^T x + b \leq y \text{ กำหนด } y = -1 \quad (2.7)$$

$$y(w^T x + b) - 1 \geq 0 \quad (2.8)$$

โดย  $y$  คือ ค่ากลุ่มข้อมูล (1, -1)  
 $w$  คือ ค่าความชัน  
 $x$  คือ ค่าคุณลักษณะ  
 $b$  คือ ค่าคงที่ (ค่าตัดแกน  $y$ )

#### 2.1.4.3 ค่าความกว้างเส้นขอบ (Margin)

การคำนวณความกว้างของเส้นขอบต้องทำการคำนวณพจน์  $w$  ให้อยู่ในรูปปกติมาตรฐาน (normalization) โดยคำนวณจากสมการที่ 2.6 และ 2.7 เมื่อแทนค่า  $y$  ลงไปแล้ว

$$w^T x^- + b = 1$$

$$w^T x^- + b = -1$$

$$w^T (x^+ - x^-) = 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 M &= \left( \frac{w}{\|w\|} \right)^T (x^+ - x^-) \\
 &= \frac{2}{\|w\|}
 \end{aligned} \tag{2.9}$$

$$w = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i x_i \tag{2.10}$$

โดยที่  $M$  คือ ความกว้างของเส้นขอบ

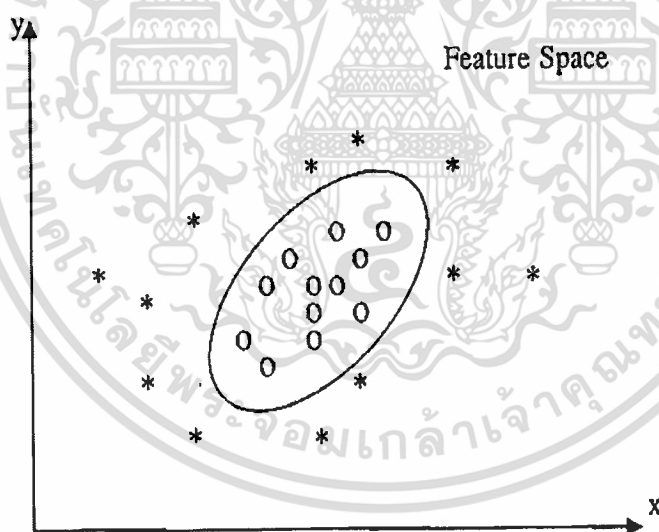
$\alpha$  คือ สัมประสิทธิ์คงที่

เมื่อนำค่า  $w$  ไปใส่ในสมการที่ 2.8 ซึ่งเป็นสมการในการหาเส้นแบ่ง จะได้

$$y_i \left( \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i (x_i^T, x_j) + b \right) - 1 \geq 0 \tag{2.11}$$

#### 2.1.4.4 เคอร์เนล (Kernel)

ในความเป็นจริงนั้นข้อมูล 2 กลุ่ม ไม่ได้วางตัวในพื้นที่คุณลักษณะ และไม่สามารถแบ่งได้โดยเส้นตรง แต่ข้อมูลอาจจะจับกลุ่มกันในตำแหน่งต่าง ๆ ดังนั้นจึงเป็นปัญหาทำให้ไม่สามารถที่จะใช้สมการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนแบบเชิงเส้นได้ ดังนั้นจะต้องมีเครื่องมือมาช่วยให้ข้อมูลเหล่านั้นเรียงตัวใหม่ในพื้นที่ เรียกว่า พื้นที่หลายมิติ (higher dimensional space)



รูปที่ 2.9 รูปแบบการวางตัวที่ไม่สามารถแบ่งด้วยเส้นตรงได้

ในเคอร์เนลนั้นคือการคูณกันของชุดเวกเตอร์ของ  $x$  ใด ๆ

$$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j \tag{2.12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคอร์เนลที่นิยมใช้มีอยู่ 3 ชนิด คือ

1) โพลีโนเมียล (Polynomial)

$$K(x_i, x_j) = (\langle x_i, x_j \rangle + 1)^d \quad (2.13)$$

เมื่อ  $d$  คือ ค่าเลขยกกำลัง

2) ฟังก์ชันเบสิสเรเดียล (Radial Basis Function : RBF)

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

(2.14)

เมื่อ  $\sigma$  คือ ค่าพารามิเตอร์

3) ซิกมอยด์ (Sigmoid)

$$K(x_i, x_j) = \tanh(k \langle x_i, x_j \rangle + \mu) \quad (2.15)$$

เมื่อ  $k, \mu$  คือค่าพารามิเตอร์

ดังนั้นสมการของเคอร์เนลนั้นสามารถที่จะแทนลงในตำแหน่งของ  $x_i^T, x_j$  ในสมการที่ 2.11 จึงเขียนเป็นสมการใหม่ดังนี้

$$y_i \sum_{i=1}^N (\alpha_i y_i K(x_i, x_j) + b) - 1 \geq 0 \quad (2.16)$$

สมการที่ 2.16 เป็นสมการที่ใช้ในขั้นตอนที่จะเรียนรู้ว่าจะวางตำแหน่งเส้นแบ่งไว้ที่ตำแหน่งใด โดยทำงานร่วมกับเคอร์เนล เพื่อแปลงให้ข้อมูลที่ยากต่อการแบ่งแบบเชิงเส้นสามารถแบ่งได้เมื่อทำให้เป็นข้อมูลแบบหลายมิติ (higher dimension) ดังนั้นจึงมีอีกสมการหนึ่งที่ใช้ค่า  $w$  และ  $b$  เดิมมาจัดตำแหน่งของข้อมูลเพื่อให้ทราบว่าคุณมุนั้นเป็นกลุ่มใด กำหนดได้ดังสมการที่ 2.17

$$f(x) = \operatorname{sgn}\left(\sum_{i=1}^N (\alpha_i y_i K(x_i, x_j) + b)\right) \quad (2.17)$$

เมื่อ  $f(x)$  คือค่า  $y$  หาในรูปของ  $x$

**2.1.5 วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม (Binary Logistic Regression Method)** เป็นการวิเคราะห์การถดถอยแบบหนึ่งโดยที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (dichotomous or binary variable) ส่วนตัวแปรอิสระอาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ หรืออาจจะมีทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2552)

**2.1.6 วิธีนาอีฟ เบย์ (Naïve Bayes Method)** คืออัลกอริทึมที่ใช้หลักการของความน่าจะเป็นในการคัดกรองแต่ละคำตอบ (Class) โดยมีคำตอบ 2 คำตอบ (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถ้าหากมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bill และคณะ (1994) ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถของตัวแบบในการทำนายผลสำเร็จในการศึกษาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัย Arkansas ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล 5 วิธี คือ การถดถอยแบบกำลังสองน้อยสุด (Least Square Regression) การถดถอยแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) การวิเคราะห์การจำแนกการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) และวิธีข่ายงานระบบประสาท พบว่าวิธีข่ายงานระบบประสาทมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติแบบดั้งเดิม (Traditional Methods) ในการจำแนกประเภทนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีความเสี่ยง (เกรดเฉลี่ยน้อยกว่า 3.00) กลุ่มที่พึงระวัง (เกรดเฉลี่ย 3.00-3.30) และกลุ่มที่ไม่มีความเสี่ยง (เกรดเฉลี่ยมากกว่า 3.30)

ชลนิศา สาร (2550) เสนอวิธีการจำแนกกลุ่มสถานภาพการสำเร็จการศึกษาโดยแบบจำลอง (model) ต้นไม้เพื่อการตัดสินใจซึ่งใช้อัลกอริทึม C4.5 ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการพารามิเตอร์ที่ใช้และการวัดประสิทธิภาพในการสร้างแบบจำลองต้นไม้สำหรับอัลกอริทึม C4.5

ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ (2552) ได้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลของแบบจำลอง C5.0, CART, SVM และ SVM ร่วมกับ C5.0 ภายใต้หลักการทำงานของเหมืองข้อมูลโดยใช้ชุดข้อมูลจำนวน 9 ชุด ทำการเลือกชุดข้อมูลที่เป็นไบนารีคลาสและมีคุณลักษณะ (attribute) กับจำนวนตัวอย่างที่หลากหลายรูปแบบ SVM จะทำการคัดแยกชุดข้อมูลออกเป็นไบนารีคลาสได้ดีมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มข้อมูลโดยใช้ C5.0, CART, SVM และ SVM ผสมผสานกับ C5.0 โดยทำการทดลองวัดประสิทธิภาพความถูกต้องเปรียบเทียบกัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าแบบจำลอง SVM ผสมผสานกับ C5.0 ที่ผู้วิจัยนำเสนอมีประสิทธิภาพสูงที่สุดทุกชุดข้อมูลจากจำนวน 9 ชุด ที่ได้ทำการทดลอง ซึ่งสรุปผลได้ว่าการใช้ตัวแบบผสมผสานกันสามารถจำแนกประเภทข้อมูลประเภทไบนารีคลาสได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ตัวแบบ C5.0, CART, และ SVM เพียงอย่างเดียว

เกศรินดา สุศรีพ และคณะ (2552) ศึกษาการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์โอกาสการเกิดปัญหาของนักศึกษา กรณีศึกษา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการพยากรณ์โอกาสการเกิดปัญหาของนักศึกษา กรณีศึกษา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยได้นำหลักการเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) โดยวิธีของแบคพรอพเกชัน (Back propagation) มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการให้คำปรึกษาในการพยากรณ์โอกาสการเกิดปัญหาของนักศึกษา ซึ่งเดิมเป็นการตัดสินใจหรือการให้ความเห็นในการระบุปัญหาของนักศึกษาด้วยความคิดเห็นส่วนตัวของอาจารย์ที่ปรึกษาและเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียม การทดลองแบ่งออกเป็นสองครั้ง ครั้งแรกใช้จำนวนรายการ 245 รายการ ใช้จำนวนโหนดรับข้อมูล 40 โหนด โหนดซ่อนเร้นจำนวน 80 โหนด และโหนดแสดงผล 1 โหนด การทดลองครั้งที่สอง จำนวนรายการ 260 รายการ ใช้จำนวนโหนดรับข้อมูล 35 โหนด โหนดซ่อนเร้นจำนวน 40 โหนด และโหนดแสดงผล 2 โหนด ผลของการทดลองพบว่าผลการทดลองครั้งแรกมีค่าความแม่นยำคือ 82.35% ค่าความระลึคือ 77.78% และค่าความถ่วงดุลหรือ F-Measure คือ 80% และการทดลองครั้งที่สอง ค่าความแม่นยำคือ 88.64% ค่าความระลึคือ 80.80% และการทดลองครั้งที่สอง ค่าความแม่นยำคือ 88.64% ค่าความระลึคือ 80.80% และการทดลองครั้งที่สอง ค่าความแม่นยำคือ 88.64% ค่าความระลึคือ 80.80% และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

53.42% และค่าความถ่วงดุลคือ 66.67% และจากการหาประสิทธิภาพของการทดลองทั้งสองครั้ง พบว่าการใช้รูปแบบการทดลองครั้งที่สองได้ค่าความแม่นยำสูงกว่าการทดลองครั้งแรก ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสมกับกรณีศึกษาคือรูปแบบการทดลองครั้งที่สอง

ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ (2553) ได้นำเสนอการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการฟื้นสภาพของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คอมมิตตีแมชชีนเป็นการทำงานระหว่าง SVM ร่วมกับ C5.0 โดยได้ทำการทดลองวัดประสิทธิภาพความถูกต้องเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทและ C5.0 ซึ่งแบบจำลองคอมมิตตีแมชชีนมีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 75.32

วัลย์ลักษณ์ สุขสมบูรณ์ และสมชาย ปรากฏเจริญ (2553) ได้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของปัญหาสำหรับ Helpdesk ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีนี้ออฟเบย์ และวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยนำข้อมูลมาตัดคำภาษาอังกฤษด้วยวิธีการอ้างอิงพจนานุกรมและคลังคำศัพท์เฉพาะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นใหม่ จากนั้นนำข้อมูลปัญหา Helpdesk แปลงให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ทางคณิตศาสตร์และทำการทดลองด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีนี้ออฟเบย์และวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยใช้การตรวจสอบไขว้ (cross validation) กับ K-Fold = 10 โดยทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันแกน Linear, Polynomial และ Radius Basic Function ในวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีนี้ออฟเบย์และวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการทดลองเปรียบเทียบวิธีการจำแนกประเภทของปัญหาสำหรับ Helpdesk แสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่นำเสนอด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนให้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุดโดยใช้ฟังก์ชันแกน Polynomial

วาที น้อยเพียร และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบวิธีการจำแนกข้อมูล โดยเลือกใช้อัลกอริทึมโครงข่ายประสาทแบบมัลติเลเยอร์เปอร์เซ็ปตรอน ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน นีโอฟเบย์และความใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อประเมินประสิทธิภาพค่าความถูกต้อง (accuracy) ค่าความแม่นยำ (precision) ค่าความระลึก (recall) และค่าความถ่วงดุล (F-measure) ใช้ข้อมูลจาก UCI ประกอบด้วย Ozone Days และ Adult เลือกกลุ่มข้อมูลโดยมีจำนวนคำตอบ (class) เท่ากันในข้อมูลแต่ละชุด เป็นการทดลองแบบมีการเรียนรู้ จากผลการวิจัย อัลกอริทึมที่ดีที่สุดของข้อมูล Ozone Days คือซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบ Rbf มีค่าความถูกต้อง 94.83% ค่าความแม่นยำ 96% ค่าความระลึก 96% และค่าความถ่วงดุล 96% ส่วนข้อมูล Adult คือซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบโพลิโนเมียลมีค่าความถูกต้อง 79.66% ค่าความแม่นยำ 80% ค่าความระลึก 80% และค่าความถ่วงดุล 80% อัลกอริทึมที่สามารถเลือกใช้ได้ดีคือซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถใช้กับลักษณะข้อมูลที่เป็นตัวเลขหรือข้อมูลเชิงกลุ่มแบบข้อความ ซึ่งเทคนิคเหล่านี้สามารถประยุกต์ใช้กับการสร้างเทคโนโลยีการจัดเก็บและนำเสนอเนื้อหาแบบมีโครงสร้าง โดยสามารถวิเคราะห์จำแนกหรือจัดแบ่งข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่น ๆ แบบเชิงความหมายได้ต่อไป

เดช ธรรมศิริ และพยุง มีสัง (2554) ได้นำเสนอการจำแนกประเภท โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพด้วยข้อมูล Austrian Credit และ Bankrupt Data โดยนำเอาวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมร่วมด้วยการเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเปรียบเทียบผลการวิจัยกับวิธีต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาท วิธีซัพพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวกเตอร์แมชชีนกับวิธีเชิงพันธุกรรม พบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม จะให้ค่าความแม่นยำสูงที่สุด

ปรียารัตน์ นาคสุวรรณ และกิตติการ สายธนู (2555) ทำการศึกษาเรื่องการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของวิชาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี เช่น วิชาสถิติเบื้องต้น ของมหาวิทยาลัยบูรพา เป็นงานที่ยากและท้าทายความสามารถ งานวิจัยครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสถิติเบื้องต้น ตัวแบบทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสถิติเบื้องต้นของนิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ในปีการศึกษา 2553 พบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญในการกำหนดความสำเร็จของนิสิตในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ เพศ คณะที่นิสิตศึกษา ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแคลคูลัส การลงทะเบียนเรียนวิชาสถิติเบื้องต้นในภาคเรียนที่ทำการศึกษาเป็นครั้งแรก เกรดเฉลี่ยสะสมของนิสิตก่อนเข้ามหาวิทยาลัย และเกรดเฉลี่ยสะสมปัจจุบันของนิสิต ส่วนตัวแปรตามที่ใช้ทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนซึ่งกำหนดโดยการแบ่งกลุ่มนิสิตเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มที่ไม่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนิสิตที่ได้เกรด W และ F 2) กลุ่มเสี่ยงเป็นนิสิตที่ได้เกรด D และ 3) กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนิสิตที่ได้เกรด A, B+, B, C+, C และ D+ สำหรับการสร้างตัวแบบจะประยุกต์ใช้ทั้งการวิเคราะห์ การจำแนกและข่ายงานระบบประสาท โดยการวิเคราะห์การจำแนกเป็นวิธีการที่มีพื้นฐานอยู่บน ข้อสมมติเชิงสถิติ ในขณะที่งานระบบประสาทเป็นวิธีการที่ไม่ต้องการข้อสมมติเชิงสถิติใด ๆ ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบข่ายงานระบบประสาทสามารถจำแนกประเภทของกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนได้ดีกว่าการวิเคราะห์การจำแนก ซึ่งเห็นได้จากสัดส่วนความถูกต้องของตัวแบบในการจำแนกของเมทริกซ์ confusion ของข้อมูลทั้งหมดในการสร้างตัวแบบข่ายงานระบบประสาทมีค่าเท่ากับ 76.9% และตัวแบบการวิเคราะห์การจำแนกประเภทมีค่าเท่ากับ 67.1%

สัมพันธ์ ชัยภูมิ และสมชาย ปราการเจริญ (2558) ศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิค C4.5, CART และ Neural Network เพื่อการพยากรณ์สาขาวิชาที่มีความเหมาะสมกับผู้สมัครคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี โดยงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอกระบวนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนก โดยเลือกจากนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ปีการศึกษา 2552-2555 ร่วมกับข้อมูลผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (O-NET) คะแนนกลุ่มสาระการเรียนรู้ ด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ C4.5, CART และ Neural Network แบบ Multilayer Perceptron (MLP) เทคนิคที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดจะถูกนำมาใช้เพื่อการพยากรณ์สาขาวิชาที่มีความเหมาะสมกับผู้สมัครคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี ซึ่งข้อมูลในการศึกษาก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วย 3 เทคนิคดังกล่าว ได้ผ่านการคัดเลือกข้อมูล 3 วิธี ได้แก่ 1) ตัวชี้วัดที่ไม่คัดเลือกแบบ Original 2) ตัวชี้วัดที่คัดเลือกด้วย Chi-square และ 3) ตัวชี้วัดที่คัดเลือกด้วย Bivariate Correction งานวิจัยนี้วิเคราะห์ประสิทธิภาพและเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม Weka 3.6.11 ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบพบว่าเทคนิค C4.5 ให้ค่าวัดประสิทธิภาพสูงสุดในการจำแนกข้อมูลตัวชี้วัดที่ไม่คัดเลือกแบบ Original โดยให้ความถูกต้อง (Accuracy) เท่ากับร้อยละ 86.58 ซึ่งมากกว่าเทคนิค Neural Network และ CART มีค่าร้อยละ 85.56 และ 81.09 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

#### 3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย

##### 3.1.1 อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์
- 2) เครื่องพิมพ์เลเซอร์
- 3) โปรแกรมสำเร็จรูป Weka version 3.7.4
- 4) โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel 2007

##### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่ม

- 1) แบบสอบถาม

#### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิวเบย์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

##### 3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ฟิสิกส์พื้นฐาน 1 ฟิสิกส์ทั่วไป ฟิสิกส์ทั่วไป 1 ภาคการศึกษาที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2558 ในคณะวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 863 คน โดยข้อมูลประกอบด้วยคุณลักษณะ (Attribute) ต่าง ๆ ดังนี้

1. เพศ
  - 1) เพศชาย
  - 2) เพศหญิง
2. อายุ
3. ชั้นปี
  - 1) ปีที่ 1
  - 2) ปีที่ 2
4. คณะ
  - 1) วิทยาศาสตร์
  - 2) วิศวกรรมศาสตร์
  - 3) เทคโนโลยีการเกษตร
  - 4) อุตสาหกรรมเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สาขาวิชา

- 1) สาขาคณิตศาสตร์
- 2) สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
- 3) สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม
- 4) สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม
- 5) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ
- 6) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์
- 7) สาขาสถิติประยุกต์
- 8) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
- 9) วิศวกรรมโทรคมนาคม
- 10) วิศวกรรมการวัดคุม
- 11) วิศวกรรมอัตโนมัติ
- 12) วิศวกรรมระบบควบคุม
- 13) วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์
- 14) วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
- 15) วิศวกรรมชีวการแพทย์
- 16) วิศวกรรมเครื่องกล
- 17) วิศวกรรมเกษตร
- 18) วิศวกรรมปิโตรเคมี
- 19) วิศวกรรมเคมี
- 20) วิศวกรรมอาหาร
- 21) วิศวกรรมโยธา
- 22) วิศวกรรมอุตสาหกรรม
- 23) วิศวกรรมขนส่งทางราง
- 24) วิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
- 25) ประมง
- 26) สัตวศาสตร์
- 27) พัฒนาการเกษตร
- 28) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร
- 29) เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
- 30) วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

## 6. วิธีผ่านการสอบคัดเลือก

- 1) ระบบแอดมิชชั่น
- 2) ระบบโควตา
- 3) ระบบรับตรง

## 7. จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) กรุงเทพมหานคร
- 2) ต่างจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) เอกชน
- 2) รัฐบาล

## 9. แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) วิทยุ-คณิต
- 2) ศิลป์-คำนวณ

## 10. จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป

11. คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
12. คะแนน GAT (GAT เชื่อมโยง)
13. คะแนน PAT 1 (คณิตศาสตร์)
14. คะแนน PAT 2 (วิทยาศาสตร์)
15. คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป
16. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียน

- 1) กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนักศึกษาที่ได้เกรด C, C+, B, B+ และ A (ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคือผ่าน : Class 1 : Yes)
- 2) กลุ่มที่ไม่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเป็นนักศึกษาที่ได้เกรด W, F, D และ D+ (ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคือไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง : Class 2 : No)

## 3.2.2 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาจำนวน 863 คน ลงในโปรแกรม Microsoft Excel โดยให้แนวคอลัมน์เป็นเพศ อายุ ชั้นปี คณะ สาขาวิชา วิธีผ่านการสอบคัดเลือก จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คะแนน GAT/PAT 1, 2 คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป ส่วนแนวแถวเป็นลำดับที่ของนักศึกษา

## 3.2.3 การแบ่งข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน จากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 863 คน เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นสัดส่วนดังนี้ (พยุณ พาณิชยกุล, 2548)

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลชุดฝึกหัด (Training Data Set) เพื่อนำไปสร้างตัวแบบ

มีข้อมูล 70% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อมูลในส่วนที่ 1 จำนวนประมาณ 603 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลชุดทดสอบประสิทธิภาพ (Evaluation Data Set) เพื่อนำไปทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ

มีข้อมูล 20% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อมูลในส่วนที่ 2 จำนวนประมาณ 175 คน

ส่วนที่ 3 : ข้อมูลชุดทดสอบ (Testing Data Set) เพื่อนำไปทำนายตัวแบบ

มีข้อมูล 10% ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะได้ข้อมูลในส่วนที่ 3 จำนวนประมาณ 85 คน

### 3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ใช้โปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) เวอร์ชัน 3.7.4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมของ GPL License ซึ่งโปรแกรม WEKA ได้ถูกพัฒนามาจากภาษาจาวาทั้งหมด ซึ่งเป็นที่นิยมในการใช้งานด้านการทำเหมืองข้อมูล

### 3.2.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทำวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้จัดข้อมูลแต่ละชุดออกเป็น 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ใช้ข้อมูล 70 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมดในการสร้างตัวแบบ ส่วนที่ 2 ใช้ข้อมูล 20 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมดในการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ ส่วนที่ 3 ใช้ข้อมูล 10 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมดในการทำนายตัวแบบ แปลงไฟล์ข้อมูลให้เป็นนามสกุล \*.csv เพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลในโปรแกรม WEKA ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาทดสอบอัลกอริทึมของวิธีการจำแนกกลุ่มได้เนื่องจากมีอัลกอริทึมที่ไว้ให้เลือกใช้ในโปรแกรมครบตามที่กำหนด คณะผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการจำแนกกลุ่มเพื่อนำมาทดสอบดังนี้

1) วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (K-Nearest Neighbor (KNN) Method) ใช้อัลกอริทึมชนิด IBk เนื่องจากเป็นฟังก์ชันหลักที่สนใจ ซึ่งเป็นพื้นฐานของอัลกอริทึม 8.1 อัลกอริทึม IBk ยังสามารถกำหนดน้ำหนักระยะทางและทางเลือก (option) เพื่อกำหนดค่า k โดยใช้ cross-validation (Wu, X. and Kumar, V., 2009)

2) วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree Method) ใช้อัลกอริทึมชนิด J48 ซึ่งพัฒนามาจาก ID3 สามารถใช้ได้กับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง ต่างจาก ID3 ที่ใช้ได้เพียงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องเท่านั้น (รุจิรา ธรรมสมบัติ, 2554)

3) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Method) ใช้อัลกอริทึมชนิดเพอร์เซปตรอนหลายชั้น (Multilayer Perceptron) โดยกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) เป็น 0.1 ค่าโมเมนตัม (Momentum) เป็น 0.9 (Berson, A. and Smith, S. J., 1997) จำนวนรอบการสอน (Training Time) 20,000 รอบ การวิจัยครั้งนี้ใช้อัลกอริทึมของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมชนิดเพอร์เซปตรอนหลายชั้นที่มีชั้นซ่อน (Hidden Layer) 1 ชั้น แม้ว่าโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่ซับซ้อนสามารถมีชั้นซ่อนมากกว่า 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในทางปฏิบัติการกำหนดชั้นซ่อน 1 ชั้น ก็เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูล (Berson, A. and Smith, S. J., 1997)

4) วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Method) ใช้อัลกอริทึม SMO ชนิดโพลิโนเมียลเคอร์เนล (Polynomial Kernel) เนื่องจากงานวิจัยที่อ้างอิงจากวาทีนีย์ น้อยเพียร และคณะ (2553) ได้ผลว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนที่ใช้อัลกอริทึมชนิดโพลิโนเมียลเคอร์เนลดีที่สุด

5) วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม (Binary Logistic Regression Method) เป็นการวิเคราะห์การถดถอยแบบหนึ่งโดยที่ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า ส่วนตัวแปรอิสระอาจจะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ หรืออาจจะมีทั้งตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2552)

6) วิธีนาอิว เบย์ (Naive Bayes Method) คืออัลกอริทึมที่ใช้หลักการของความน่าจะเป็นในการคัดกรองแต่ละคำตอบ (Class) โดยมีคำตอบ 2 คำตอบ (สายชล สันสมบุรณ์ทอง, 2558)

การนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาประเมินผลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานและฟิสิกส์ทั่วไปของนักศึกษาระดับปริญญาตรีของวิธีการจำแนกกลุ่มโดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบว่าวิธีในการจำแนกกลุ่มข้อมูลวิธีใดระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิว เบย์ จะมีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก (TP Rate) ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ (TN Rate) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความถ่วงดุล (F-Measure) มากที่สุด ส่วนค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (FP Rate) และค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ (FN Rate) จะพิจารณาจากค่าน้อยที่สุด จะทำให้มีประสิทธิภาพดีที่สุด ในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษา จะเปรียบเทียบจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error : MAE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ที่มีค่าต่ำที่สุด จะทำให้การทำนายผลดีที่สุด

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากโปรแกรม Weka 3.7.4 แสดงผลลัพธ์ของการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอีฟ เบย์ ได้ผลดังนี้

##### 4.1.1 วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (K-Nearest Neighbor Method)

วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดนั้นมีอัลกอริทึมหลายอัลกอริทึม แต่ในงานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึม IBk ในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ได้ผลดังนี้

##### 4.1.1.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

สร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากข้อมูลฝึกหัด (Training data set) ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลในส่วนของการสรุปผล (Summary) จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 546        | 90.5473 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 57         | 9.4527 %  |
| Kappa statistic                    | 0.0457     |           |
| Mean absolute error                | 0.0960     |           |
| Mean squared error                 | 0.0942     |           |
| Relative absolute error            | 89.0122 %  |           |
| Root relative squared error        | 133.0273 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 90.5473 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 50 %       |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

จากตารางที่ 4.1 จากข้อมูลจำนวน 603 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 546 คน คิดเป็น 90.5473% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 57 คน คิดเป็น 9.4527% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.0457 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อยมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.0960 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0942 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบ (Detailed Accuracy By Class) จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

|               |         |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0.954   | 0.912   | 0.946     | 0.954  | 0.950     | yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0.088   | 0.046   | 0.103     | 0.088  | 0.095     | no    |
| Weighted Avg. | 0.905   | 0.863   | 0.898     | 0.905  | 0.902     |       |

จากตารางที่ 4.2 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก (TP Rate) = 0.954 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (FP Rate) = 0.912 ค่าความแม่นยำ (Precision) = 0.946 ค่าความระลึก (Recall) = 0.954 และค่าความถ่วงดุล (F-Measure) = 0.950 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = no) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ (TN Rate) = 0.088 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ (FN Rate) = 0.046 ค่าความแม่นยำ = 0.103 ค่าความระลึก = 0.088 และค่าความถ่วงดุล = 0.095

ตารางที่ 4.3 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 543                                              | 26                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 31                                               | 3                       |

จากตารางที่ 4.3 มีข้อมูล 603 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 546 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 543 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 3 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 57 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 26 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 31 คน

#### 4.1.1.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จากชุดข้อมูลทดสอบประสิทธิภาพ (Evaluation data set) ด้วยไฟล์ 20.csv จำนวน 175 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

|                                  |           |      |
|----------------------------------|-----------|------|
| Correctly Classified Instances   | 154       | 88 % |
| Incorrectly Classified Instances | 21        | 12 % |
| Kappa statistic                  | 0.0442    |      |
| Mean absolute error              | 0.1213    |      |
| Mean squared error               | 0.1196    |      |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 81.4852 % |      |
| Total Number of Instances        | 175       |      |

จากตารางที่ 4.4 จากข้อมูลจำนวน 175 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 154 คน คิดเป็น 88% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 21 คน คิดเป็น 12% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.0442 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อยมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.1213 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1196 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.5 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

|               |         |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0.975   | 0.944   | 0.900     | 0.975  | 0.936     | Yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0.056   | 0.025   | 0.200     | 0.056  | 0.087     | No    |
| Weighted Avg. | 0.880   | 0.850   | 0.828     | 0.880  | 0.848     |       |

จากตารางที่ 4.5 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.975 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.944 ค่าความแม่นยำ = 0.900 ค่าความระลึก = 0.975 และค่าความถ่วงดุล = 0.936 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.056 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.025 ค่าความแม่นยำ = 0.200 ค่าความระลึก = 0.056 และค่าความถ่วงดุล = 0.087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลในส่วนของการประเมินผลของชุดข้อมูลทดสอบของระบบการจำแนกประเภทข้อความ (Classification Accuracy) ของระบบการจำแนกประเภทข้อความ

เรียนวิชาปัญญาประดิษฐ์ ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์

|                                                                        |                         |     |                         |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----|-------------------------|
| ผลการจำแนกประเภทของระบบการจำแนกประเภทข้อความ (Classification Accuracy) | ผ่าน                    | 153 | ผ่าน                    |
|                                                                        | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 17  | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
|                                                                        |                         | 4   | 1                       |

จากตารางที่ 4.6 มีข้อมูล 175 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลที่ถูกติดป้าย 154 คน โดยมีความแม่นยำ 1 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดจากข้อมูลจริง 1 คน โดยจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดจากข้อมูลจริง 21 คน โดยจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดจากข้อมูลจริง 17 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดจากข้อมูลจริง 4 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดจากข้อมูลจริง 17 คน

4.1.1.3 การทำนายแบบผสมผสาน (Hybrid Prediction) ในการเรียนวิชาปัญญาประดิษฐ์ การทำนายแบบผสมผสานเป็นการนำเอาวิธีการจำแนกประเภทข้อความแบบต่างๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายข้อความ (Hybrid Prediction) ในการเรียนวิชาปัญญาประดิษฐ์

ตารางที่ 4.7 ผลในส่วนของการทำนายแบบผสมผสาน (Predictions on test set) ด้วยวิธีความไม่เกี่ยวข้องกันมากที่สุด

|                     |                        |                            |                               |                       |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ค่าที่ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 6                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 5                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |

|                     |                        |                            |                               |                       |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ค่าที่ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 4                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 3                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 2                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      | 1:yes                         | 0.998                 |

|                     |                        |                            |                         |                       |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 41                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.998                 |
| 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 64                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 65                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 66                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 67                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 68                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |

|                     |                        |                            |                         |                       |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 9                   | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 11                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 13                  | 2:no                   | 2:no                       |                         | 0.998                 |
| 14                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.998                 |
| 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 17                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 18                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 20                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 24                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.998                 |
| 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 37                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.998                 |
| 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |

ตัวอย่างความไม่คล่องตัว (ต่อ)

ตารางที่ 4.7 ผลในส่วนของการทำนายจากชุดข้อมูลทดสอบ (Predictions on test set) เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนใจสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 จากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลที่ถูกตัดออกจำนวน 75 คน คิดเป็น 88.2353% และทำนายข้อมูลที่ถูกตัดออกจำนวน 10 คน คิดเป็น 11.7647% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.1053 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) คือ 0.1189 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าทำนายที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1172 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าทำนายที่ได้มีความคลาดเคลื่อนพอสมควร

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Total Number of Instances        | 85           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 90.9970 %    |
| Mean squared error               | 0.1172       |
| Mean absolute error              | 0.1189       |
| Kappa statistic                  | 0.1053       |
| Incorrectly Classified Instances | 10 11.7647 % |
| Correctly Classified Instances   | 75 88.2353 % |

ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

ตารางที่ 4.8 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายด้วยแบบผสมทุกวิธีการเรียนวิชาพีชคณิต

สอบผ่านหรือมีความเสี่ยง

จากตารางที่ 4.7 ค่าทำนายที่ผิดพลาดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 10 ค่า คือค่าที่ 9, 14, 22, 24, 26, 31, 37, 41, 49, 85 โดยค่าที่ 9, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes) และค่าที่ 14, 37, 41 และ 85 สอบผ่าน แต่ทำนายว่า

|                     |                        |                            |                         |                       |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 77                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 76                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 75                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 74                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 73                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 72                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 71                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 70                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 69                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
| 85                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.998                 |
| 84                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 83                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 82                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 81                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 80                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 79                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 78                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |

ด้วยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (ต่อ)

ตารางที่ 4.7 ผลในส่วนของการทำนายด้วยแบบผสมทุกวิธีการเรียนวิชาพีชคณิต (Predictions on test set) ซึ่งค่าทำนายที่ผิดพลาดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 10 ค่า คือค่าที่ 9, 14, 22, 24, 26, 31, 37, 41, 49, 85 โดยค่าที่ 9, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes) และค่าที่ 14, 37, 41 และ 85 สอบผ่าน แต่ทำนายว่า

4.1.2.1 การสร้างตัวแบบผสมถ้อยคำในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน  
สร้างตัวแบบผสมถ้อยคำในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลฝึกหัด (Training data set) ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังนี้

4.1.2 วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree Method)  
วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจนั้นมีอัลกอริทึมหลายอัลกอริทึม แต่ในงานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึม J48 ในการทำนายผลผสมถ้อยคำในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ได้ผลดังนี้

6 คน  
จากตารางที่ 4.10 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 75 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอนไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 1 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 10 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอนไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยงสูงซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอนผ่าน 4 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอนผ่านซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอนไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง

|                                                     |                         |      |                         |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|------|-------------------------|
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง                                | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 6    | 1                       |
|                                                     | ผ่าน                    | 74   | 4                       |
| ผลจากการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         | ผ่าน | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |

ตารางที่ 4.10 ผลในส่วนของการผสมข้อความสำหรับการทำนายตัวแบบผสมถ้อยคำในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีตัดสินใจโดยอิงกับกฎที่สุ่ม

จากตารางที่ 4.9 สำหรับค่าสอนผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.949 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.857 ค่าความแม่นยำ = 0.925 ค่าความระลึก = 0.949 และค่าความถูกต้อง = 0.937 ส่วนค่าสอนไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.143 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.051 ค่าความแม่นยำ = 0.200 ค่าความระลึก = 0.143 และค่าความถูกต้อง = 0.167

|               |         |           |        |           |       |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class | Yes   |
| 0.949         | 0.857   | 0.925     | 0.949  | 0.937     | Yes   | Class |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class | No    |
| 0.143         | 0.051   | 0.200     | 0.143  | 0.167     | No    | Class |
| Weighted Avg. | 0.882   | 0.791     | 0.865  | 0.882     | 0.873 |       |

ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีตัดสินใจโดยอิงกับกฎที่สุ่ม

ตารางที่ 4.9 ผลในส่วนของการผสมข้อความสำหรับการทำนายตัวแบบผสมถ้อยคำในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีตัดสินใจโดยอิงกับกฎที่สุ่ม

จากตารางที่ 4.12 สำหรับค่าตอบส่วน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 1 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 และค่าความถี่ = 0.944 ค่าความถี่ = 0.944 ค่าอัตราความถี่ = 0.971 ส่วนค่าตอบส่วนไม่มีความแม่นยำ (Class = No) มีค่าอัตราความถี่เชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0 ค่าความถี่ = 0 และค่าความถี่ = 0

|               |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Weighted Avg. | 0.944 | 0.944 | 0.890 | 0.944 | 0.916 |
| TN Rate       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| FN Rate       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| TP Rate       | 1     | 1     | 0.944 | 1     | 0.971 |
| Class         | Yes   | Yes   | Class | Yes   | Yes   |
| Class         | No    | No    | Class | No    | No    |

ตารางที่ 4.12 ผลในส่วนของการวัดค่าความแม่นยำของแต่ละค่าตอบจากการสร้างแบบจำลอง

จากตารางที่ 4.11 จากข้อมูลจำนวน 603 คน จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจำนวน 569 คน คิดเป็น 94.3615% และทำงานของข้อมูลที่ถูกต้องจำนวน 34 คน คิดเป็น 5.6385% มีค่าสถิติ (Kappa statistic) คือ 0 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกัน และมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) คือ 0.1064 ซึ่งมีความน้อย และแสดงว่าค่าความแม่นยำของข้อมูลที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ  $(0.2307)^2 = 0.0532$  ซึ่งมีความน้อย แสดงว่าค่าความแม่นยำของข้อมูล

|                                    |           |           |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 569       | 94.3615 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 34        | 5.6385 %  |
| Kappa statistic                    | 0         |           |
| Mean absolute error                | 0.1064    |           |
| Root mean squared error            | 0.2307    |           |
| Relative absolute error            | 98.6602 % |           |
| Root relative squared error        | 99.9976 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 100 %     |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 100 %     |           |
| Total Number of Instances          | 603       |           |

ตารางที่ 4.11 ผลในส่วนของการวัดค่าความแม่นยำของแต่ละค่าตอบจากการสร้างแบบจำลอง

จากตารางที่ 4.14 จำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน 157 คน คิดเป็น 89.7143% และจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน 18 คน คิดเป็น 10.2857% (Kappa statistic) คือ 0 แสดงว่าความสอดคล้องกันมีน้อย ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) คือ 0.1476 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายโดยโมเดลมีความคลาดเคลื่อนน้อย และมีความแม่นยำสูง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0944 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายโดยโมเดลมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0944

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Total Number of Instances        | 175       |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 99.2172 % |
| Mean squared error               | 0.0944    |
| Mean absolute error              | 0.1476    |
| Kappa statistic                  | 0         |
| Incorrectly Classified Instances | 18        |
| Correctly Classified Instances   | 157       |
|                                  | 89.7143 % |

ฝึกฝนฐาน ด้วยวิธีแบ่งแบบไม่สุ่ม

ตารางที่ 4.14 ผลในส่วนของการสร้างแบบจำลองของข้อมูลการออกบัตรประชาชน

4.1.2.2 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการออกบัตรประชาชน  
 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองการออกบัตรประชาชนด้วยวิธีสุ่ม  
 ทดสอบประสิทธิภาพด้วยไฟล์ 20.csv จำนวน 175 คน ได้ผลดังนี้

จากตารางที่ 4.13 มีข้อมูล 603 คน สามารถทำนายจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน โดยจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน 569 คน และจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน 34 คน โดยจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชน 34 คน ไม่สามารถทำนายจำนวนผู้มีสิทธิออกบัตรประชาชนได้จำนวน 0 คน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วคือ 34 คน

|                                         |                          |                          |     |
|-----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----|
| ผลการจำแนกประเภทข้อมูลการออกบัตรประชาชน | ทำนาย                    | ไม่ทำนายหรือมีความเสี่ยง | 34  |
|                                         |                          | ทำนาย                    | 569 |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง                    | ไม่ทำนายหรือมีความเสี่ยง | ไม่ทำนายหรือมีความเสี่ยง | 0   |
|                                         | ทำนาย                    | ไม่ทำนายหรือมีความเสี่ยง | 0   |

ฝึกฝนฐาน ด้วยวิธีแบ่งแบบไม่สุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
 ตารางที่ 4.13 ผลในส่วนของการสร้างแบบจำลองการออกบัตรประชาชน

ความแม่นยำ 18 คน

จากตารางที่ 4.16 มีข้อมูล 175 คน ส่วนแบบสอบถามที่มีข้อมูลถูกต้อง 157 คน โดยจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจากแบบสอบถามที่ส่งมา 157 คน และจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจากแบบสอบถามที่ส่งมาไม่ถูกต้อง 18 คน โดยจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจากแบบสอบถามที่ส่งมาไม่ถูกต้อง 0 คน ส่วนแบบสอบถามที่มีข้อมูลถูกต้อง 18 คน โดยจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจากแบบสอบถามที่ส่งมาไม่ถูกต้อง 0 คน และจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องจากแบบสอบถามที่ส่งมาไม่ถูกต้อง 0 คน

|                                                      |      |                         |
|------------------------------------------------------|------|-------------------------|
| ผลการจำแนกประเภทข้อมูลที่ได้จากการเรียนรู้ของเครื่อง | ผ่าน | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
|                                                      | 157  | 18                      |
| ผ่าน                                                 | 0    | 0                       |
| ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง                              | 0    | 0                       |

เรียนวิชาสถิติพื้นฐาน ด้วยวิธีแผนภูมิแบบแผนภาพต้นไม้

ตารางที่ 4.16 ผลในส่วนของการวัดความถูกต้องของแบบสอบถาม

จากตารางที่ 4.15 สำหรับค่าความถูกต้องของแบบสอบถาม (Class = Yes) มีค่าความถูกต้องของแบบสอบถาม = 1 ค่าความแม่นยำ = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.897 ค่าความแม่นยำ = 1 และค่าความแม่นยำ = 0.946 ส่วนค่าความถูกต้องของแบบสอบถาม (Class = No) มีค่าความถูกต้องของแบบสอบถาม = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 และค่าความแม่นยำ = 0

|               |         |           |        |           |       |     |       |       |       |       |       |  |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class | Yes | 1     | 1     | 0.897 | 1     | 0.946 |  |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class | No  | 0     | 0     | 0.897 | 0     | 0.849 |  |
| Weighted Avg. |         |           |        |           |       |     | 0.897 | 0.897 | 0.805 | 0.897 | 0.849 |  |

ส่วนแบบสอบถามที่มีข้อมูลถูกต้องจากการเรียนรู้ของเครื่อง

ตารางที่ 4.15 ผลในส่วนของการวัดความถูกต้องของแบบสอบถาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากข้อมูลทดสอบด้วยไฟล์ 10.csv จำนวน 85 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.17 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 2                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 3                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 4                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 5                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 6                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 9                   | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 11                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 13                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 14                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 17                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 18                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 20                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 24                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 37                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 41                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.944                 |
| 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

(ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 64                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 65                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 66                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 67                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 68                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 69                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 70                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 71                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 72                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 73                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 74                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 75                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 76                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 77                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 78                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 79                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 80                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 81                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 82                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 83                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 84                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |
| 85                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 |

จากตารางที่ 4.17 ค่าทำนายที่ทายผิดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 7 ค่า คือค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 โดยที่ค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes)

ตารางที่ 4.18 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 78        | 91.7647 % |
| Incorrectly Classified Instances | 7         | 8.2353 %  |
| Kappa statistic                  | 0         |           |
| Mean absolute error              | 0.1295    |           |
| Mean squared error               | 0.0762    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 99.0626 % |           |
| Total Number of Instances        | 85        |           |

จากตารางที่ 4.18 โดยจากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 78 คน คิดเป็น 91.7647% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 7 คน คิดเป็น 8.2353% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความสอดคล้องกันเลย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.1295 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0762 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดีให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์

ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

|               |         |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 1       | 1       | 0.918     | 1      | 0.957     | Yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0       | 0       | 0         | 0      | 0         | No    |
| Weighted Avg. | 0.918   | 0.918   | 0.842     | 0.18   | 0.878     |       |

จากตารางที่ 4.19 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 1 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.918 ค่าความระลึก = 1 และค่าความถ่วงดุล = 0.957 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความระลึก = 0 และค่าความถ่วงดุล = 0

ตารางที่ 4.20 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

|                      | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |   |
|----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|---|
|                      | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |   |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                                             | 78                      | 0 |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง                          | 7                       | 0 |

จากตารางที่ 4.20 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 78 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 78 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 0 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 7 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 0 คน และมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 7 คน

#### 4.1.3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Method)

วิธีโครงข่ายประสาทเทียมใช้อัลกอริทึมชนิดเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น (Multilayer Perception) ได้ผลการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานดังนี้

##### 4.1.3.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

สร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลฝึกหัด ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 560        | 92.8690 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 43         | 7.1310 %  |
| Kappa statistic                    | 0.0557     |           |
| Mean absolute error                | 0.0733     |           |
| Mean squared error                 | 0.0650     |           |
| Relative absolute error            | 67.9397 %  |           |
| Root relative squared error        | 110.5425 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 94.6932 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 52.4876 %  |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

จากตารางที่ 4.21 จากข้อมูลจำนวน 603 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 560 คน คิดเป็น 92.8690% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 43 คน คิดเป็น 7.1310% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.0557 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.0733 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0650 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดี

ตารางที่ 4.22 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| 0.981         | 0.941   | 0.946     | 0.981  | 0.963     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.059         | 0.019   | 0.154     | 0.059  | 0.085     | No    |
| Weighted Avg. | 0.929   | 0.889     | 0.901  | 0.929     | 0.913 |

จากตารางที่ 4.22 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.981 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.941 ค่าความแม่นยำ = 0.946 ค่าความระลึกลับ = 0.981 และค่าความถ่วงดุล = 0.963 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.059 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.019 ค่าความแม่นยำ = 0.154 ค่าความระลึกลับ = 0.059 และค่าความถ่วงดุล = 0.085

ตารางที่ 4.23 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 558                                              | 11                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 32                                               | 2                       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.23 มีข้อมูล 603 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 560 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอผ่าน 558 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 2 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 43 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอผ่าน 11 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 32 คน

#### 4.1.3.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบประสิทธิภาพ ด้วยไฟล์ 20.csv จำนวน 175 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.24 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 131       | 74.8571 % |
| Incorrectly Classified Instances | 44        | 25.1429 % |
| Kappa statistic                  | 0.0223    |           |
| Mean absolute error              | 0.2530    |           |
| Mean squared error               | 0.2378    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 78.8571 % |           |
| Total Number of Instances        | 175       |           |

จากตารางที่ 4.24 จากข้อมูลจำนวน 175 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 131 คน คิดเป็น 74.8571% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 44 คน คิดเป็น 25.1429% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.0223 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อยมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.2530 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.2378 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.25 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.809         | 0.778   | 0.901     | 0.809  | 0.852     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.222         | 0.191   | 0.118     | 0.222  | 0.154     | No    |
| Weighted Avg. | 0.749   | 0.717     | 0.820  | 0.781     |       |

จากตารางที่ 4.25 สำหรับคำตอบสอผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.809 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.778 ค่าความแม่นยำ = 0.901 ค่าความระลึก = 0.809 และค่าความถ่วงดุล = 0.852 ส่วนคำตอบสอไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.222 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.191 ค่าความแม่นยำ = 0.118 ค่าความระลึก = 0.222 และค่าความถ่วงดุล = 0.154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 127                                              | 30                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 14                                               | 4                       |

จากตารางที่ 4.26 มีข้อมูล 175 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 131 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 127 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 4 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 44 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 30 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 14 คน

#### 4.1.3.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยไฟล์ 10.csv จำนวน 85 คน ได้ผลดังนี้

โดยในที่นี้จะกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้เป็น 0.1 ค่าโมเมนตัมเป็น 0.9 และใช้จำนวนรอบการฝึกหัดคือ 20,000 รอบ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.27 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) | ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 11                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.997                 |
| 2                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 3                   | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     | 13                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 4                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 14                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 5                   | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.621                 | 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 6                   | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     | 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 17                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 18                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 9                   | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 20                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 |
| 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 24                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 37                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 41                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.993                 |
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 |
| 64                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 65                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.994                 |
| 66                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 67                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.996                 |
| 68                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 69                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 70                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 71                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 72                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.997                 |
| 73                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.931                 |
| 74                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.969                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.27 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 75                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 76                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 77                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.846                 |
| 78                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 79                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 80                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 81                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 |
| 82                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 83                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 84                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 85                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.954                 |

จากตารางที่ 4.27 ค่าทำนายที่หายผิดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 17 ค่า คือค่าที่ 3, 5, 6, 9, 13, 17, 22, 24, 26, 31, 49, 64, 66, 69, 73, 77 และ 83 โดยที่ค่าที่ 3, 5, 6, 17, 64, 66, 69, 73, 77 และ 83 สอบผ่าน (class 1 : Yes) แต่ทำนายว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (class 2 : No) และค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง แต่ทำนายว่าสอบผ่าน

ตารางที่ 4.28 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                                    |            |      |
|------------------------------------|------------|------|
| Correctly Classified Instances     | 68         | 80 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 17         | 20 % |
| Kappa statistic                    | -0.1073    |      |
| Mean absolute error                | 0.1941     |      |
| Mean squared error                 | 0.1879     |      |
| Relative absolute error            | 148.5681 % |      |
| Root relative squared error        | 157.0581 % |      |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 83.5294 %  |      |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 51.7647 %  |      |
| Total Number of Instances          | 85         |      |

จากตารางที่ 4.28 จากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 68 คน คิดเป็น 80% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 17 คน คิดเป็น 20% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ -0.1073 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.1941 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1879 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.29 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.872         | 1       | 0.907     | 0.872  | 0.889     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0             | 0.128   | 0         | 0      | 0         | No    |
| Weighted Avg. | 0.8     | 0.928     | 0.832  | 0.8       | 0.816 |

จากตารางที่ 4.29 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.872 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.907 ค่าความระลึก = 0.872 และค่าความถ่วงดุล = 0.889 ส่วนคำตอบเป็นสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.128 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความระลึก = 0 และค่าความถ่วงดุล = 0

ตารางที่ 4.30 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 68                                               | 10                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 7                                                | 0                       |

จากตารางที่ 4.30 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 68 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 68 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 0 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 17 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 10 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 7 คน

#### 4.1.4 วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Method)

วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนนั้นมีฟังก์ชันหลายฟังก์ชัน แต่ในงานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึม SMO ชนิดโพลิโนเมียลเคอร์เนล (Polynomial Kernel) ในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ได้ผลดังนี้

##### 4.1.4.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

สร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลฝึกหัด ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.31 ผลในส่วนของการสรุปผล จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                                    |           |           |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 571       | 94.6932 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 32        | 5.3068 %  |
| Kappa statistic                    | 0.1862    |           |
| Mean absolute error                | 0.0531    |           |
| Mean squared error                 | 0.0531    |           |
| Relative absolute error            | 49.1987 % |           |
| Root relative squared error        | 99.8549 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 94.6932 % |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 50 %      |           |
| Total Number of Instances          | 603       |           |

จากตารางที่ 4.31 จากข้อมูลจำนวน 603 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 571 คน คิดเป็น 94.6932% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 32 คน คิดเป็น 5.3068% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.1862 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.0531 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0531 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดี

ตารางที่ 4.32 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
|               | 0.996   | 0.882   | 0.950     | 0.996  | 0.973     | Yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0.118   | 0.004   | 0.667     | 0.118  | 0.200     | No    |
| Weighted Avg. | 0.947   | 0.833   | 0.934     | 0.947  | 0.929     |       |

จากตารางที่ 4.32 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.996 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.882 ค่าความแม่นยำ = 0.950 ค่าความระลึก = 0.996 และค่าความถ่วงดุล = 0.973 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.118 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.004 ค่าความแม่นยำ = 0.667 ค่าความระลึก = 0.118 และค่าความถ่วงดุล = 0.200

ตารางที่ 4.33 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 567                                              | 2                       |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 30                                               | 4                       |

จากตารางที่ 4.33 มีข้อมูล 603 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 571 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 567 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 4 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 32 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 2 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 30 คน

#### 4.1.4.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบประสิทธิภาพ ด้วยไฟล์ 20.csv จำนวน 175 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.34 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 157       | 89.7143 % |
| Incorrectly Classified Instances | 18        | 10.2857 % |
| Kappa statistic                  | 0         |           |
| Mean absolute error              | 0.1029    |           |
| Mean squared error               | 0.1028    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 69.1209 % |           |
| Total Number of Instances        | 175       |           |

จากตารางที่ 4.34 จากข้อมูลจำนวน 175 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 157 คน คิดเป็น 89.7143% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 18 คน คิดเป็น 10.2857% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความสอดคล้องกันเลย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.1029 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1028 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|               |         |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 1       | 1       | 0.897     | 1      | 0.946     | Yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
|               | 0       | 0       | 0         | 0      | 0         | No    |
| Weighted Avg. | 0.897   | 0.897   | 0.805     | 0.897  | 0.849     |       |

จากตารางที่ 4.35 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 1 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.897 ค่าความระลึกลับ = 1 และค่าความถ่วงดุล = 0.946 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความระลึกลับ = 0 และค่าความถ่วงดุล = 0

ตารางที่ 4.36 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 157                                              | 0                       |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 18                                               | 0                       |

จากตารางที่ 4.36 มีข้อมูล 175 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 157 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 157 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 0 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 18 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 0 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 18 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยไฟล์ 10.csv จำนวน 85 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.37 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) | ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 2                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 3                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 4                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 5                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 6                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 9                   | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 11                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 37                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 13                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 14                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 41                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 17                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 18                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 20                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 24                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     | 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.37 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) | ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 70                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 71                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 72                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 73                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 74                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 75                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 76                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 77                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 78                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 79                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 80                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 64                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 81                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 65                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 82                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 66                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 83                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 67                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 84                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 68                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 85                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 69                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |                     |                        |                            |                         |                       |

จากตารางที่ 4.37 ค่าทำนายที่ทายผิดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 7 ค่า คือค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 โดยที่ค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes)

ตารางที่ 4.38 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 78        | 91.7647 % |
| Incorrectly Classified Instances | 7         | 8.2353 %  |
| Kappa statistic                  | 0         |           |
| Mean absolute error              | 0.0824    |           |
| Mean squared error               | 0.0824    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 63.0208 % |           |
| Total Number of Instances        | 85        |           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษามาก่อนอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.38 โดยจากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 78 คน คิดเป็น 91.7647% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 7 คน คิดเป็น 8.2353% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0 แสดงว่าข้อมูลไม่มีความสอดคล้องกันเลย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.0824 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงดี และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0824 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดี

ตารางที่ 4.39 ผลในส่วนของการวัดความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 1             | 1       | 0.918     | 1      | 0.957     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0             | 0       | 0         | 0      | 0         | No    |
| Weighted Avg. | 0.918   | 0.918     | 0.842  | 0.918     | 0.878 |

จากตารางที่ 4.39 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 1 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.918 ค่าความระลึก = 1 และค่าความถ่วงดุล = 0.957 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความระลึก = 0 และค่าความถ่วงดุล = 0

ตารางที่ 4.40 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

|                      | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |   |
|----------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|---|
|                      | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |   |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                                             | 78                      | 0 |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง                          | 7                       | 0 |

จากตารางที่ 4.40 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 78 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 78 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 0 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 7 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 0 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 7 คน

#### 4.1.5 วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม (Binary Logistic Regression Method)

เนื่องจากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมีตัวแปรอิสระหลายตัวและมีตัวแปรตามเพียงตัวเดียวเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ สอบผ่านและสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยงวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จึงเลือกใช้วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม ได้ผลการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.5.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

สร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลฝึกหัด ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.41 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 543        | 90.0498 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 60         | 9.9502 %  |
| Kappa statistic                    | 0.1581     |           |
| Mean absolute error                | 0.1037     |           |
| Mean squared error                 | 0.0898     |           |
| Relative absolute error            | 96.1366 %  |           |
| Root relative squared error        | 129.9184 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 92.7032 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 53.6484 %  |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

จากตารางที่ 4.41 จากข้อมูลจำนวน 603 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 543 คน คิดเป็น 90.0498% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 60 คน คิดเป็น 9.9502% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.1581 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.1037 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.0898 ซึ่งมีค่าน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องดี

ตารางที่ 4.42 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์

ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.940         | 0.765   | 0.954     | 0.940  | 0.947     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.235         | 0.060   | 0.190     | 0.235  | 0.211     | No    |
| Weighted Avg. | 0.900   | 0.725     | 0.911  | 0.900     | 0.905 |

จากตารางที่ 4.42 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.940 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.765 ค่าความแม่นยำ = 0.954 ค่าความระลึก = 0.940 และค่าความถ่วงดุล = 0.947 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.235 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.060 ค่าความแม่นยำ = 0.190 ค่าความระลึก = 0.235 และค่าความถ่วงดุล = 0.211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.43 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสน จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์  
พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 535                                              | 34                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 26                                               | 8                       |

จากตารางที่ 4.43 มีข้อมูล 603 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 543 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบผ่าน 535 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 8 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 60 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 34 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 26 คน

#### 4.1.5.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบประสิทธิภาพ ด้วยไฟล์ 20.csv จำนวน 175 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.44 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 127       | 72.5714 % |
| Incorrectly Classified Instances | 48        | 27.4286 % |
| Kappa statistic                  | 0.0356    |           |
| Mean absolute error              | 0.2915    |           |
| Mean squared error               | 0.2409    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 82.2857 % |           |
| Total Number of Instances        | 175       |           |

จากตารางที่ 4.44 จากข้อมูลจำนวน 175 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 127 คน คิดเป็น 72.5714% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 48 คน คิดเป็น 27.4286% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.0356 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อยมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.2915 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.2409 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.45 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.777         | 0.722   | 0.904     | 0.777  | 0.836     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.278         | 0.023   | 0.125     | 0.278  | 0.172     | No    |
| Weighted Avg. | 0.726   | 0.671     | 0.824  | 0.726     | 0.767 |

จากตารางที่ 4.45 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.777 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.722 ค่าความแม่นยำ = 0.904 ค่าความระลึกลับ = 0.777 และค่าความถ่วงดุล = 0.836 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.278 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.023 ค่าความแม่นยำ = 0.125 ค่าความระลึกลับ = 0.278 และค่าความถ่วงดุล = 0.172

ตารางที่ 4.46 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 122                                              | 35                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 13                                               | 5                       |

จากตารางที่ 4.46 มีข้อมูล 175 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 127 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบผ่าน 122 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 5 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 48 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 35 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 13 คน

#### 4.1.5.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยไฟล์ 10.csv จำนวน 85 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.47 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) | ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 | 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 2                   | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.999                 | 9                   | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.994                 |
| 3                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 |
| 4                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.944                 | 11                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.992                 |
| 5                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.997                 |
| 6                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.984                 | 13                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.925                 |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     | 14                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.47 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

(ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 17                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.823                 |
| 18                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.996                 |
| 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.999                 |
| 20                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.504                 |
| 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.994                 |
| 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 24                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.985                 |
| 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.997                 |
| 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.942                 |
| 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.785                 |
| 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 37                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 41                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 1                     |
| 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.996                 |
| 64                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.976                 |
| 65                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.887                 |
| 66                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 67                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 68                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 69                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 70                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |

เอกสารที่ 4.47 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 71                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 72                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 73                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 74                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 75                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 76                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 77                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 78                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 79                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 80                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 81                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 82                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 83                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 84                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 85                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |

จากตารางที่ 4.47 ค่าทำนายที่หายผิดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 30 ค่า คือค่าที่ 2, 9, 13, 20, 22, 24, 26, 31, 49, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84 และ 85 โดยที่ค่าที่ 9, 13, 22, 24, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes) และค่าที่ 2, 20, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84 และ 85 สอบผ่าน แต่ทำนายว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง

ตารางที่ 4.48 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 55        | 64.7059 % |
| Incorrectly Classified Instances | 30        | 35.2941 % |
| Kappa statistic                  | -0.1445   |           |
| Mean absolute error              | 0.3462    |           |
| Mean squared error               | 0.3351    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 69.4118 % |           |
| Total Number of Instances        | 85        |           |

จากตารางที่ 4.48 โดยจากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 55 คน คิดเป็น 64.7059% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 30 คน คิดเป็น 35.2941% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ -0.1445 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.3462 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.3351 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.49 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.705         | 1       | 0.887     | 0.705  | 0.786     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0             | 0.295   | 0         | 0      | 0         | No    |
| Weighted Avg. | 0.647   | 0.942     | 0.814  | 0.647     | 0.721 |

จากตารางที่ 4.49 สำหรับค่าทดสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.705 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 1 ค่าความแม่นยำ = 0.887 ค่าความระลึกลับ = 0.705 และค่าความถ่วงดุล = 0.786 ส่วนค่าทดสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.295 ค่าความแม่นยำ = 0 ค่าความระลึกลับ = 0 และค่าความถ่วงดุล = 0

ตารางที่ 4.50 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 55                                               | 23                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 7                                                | 0                       |

จากตารางที่ 4.50 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 55 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 55 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 0 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 30 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 23 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 7 คน

#### 4.1.6 วิธีนาอิว เบย์ (Naïve Bayes Method)

เนื่องจากข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานมีตัวแปรอิสระหลายตัวและมีตัวแปรตามเพียงตัวเดียวเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ สอบผ่านและสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยงวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน จึงเลือกใช้วิธีนาอิว เบย์ ได้ผลการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานดังนี้

##### 4.1.6.1 การสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

สร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์จากชุดข้อมูลฝึกหัด ด้วยไฟล์ 70.csv จำนวน 603 คน ได้ผลดังตารางที่ 4.51 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน วิธีนาอิว เบย์

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 505        | 83.7479 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 98         | 16.2521 % |
| Kappa statistic                    | 0.1392     |           |
| Mean absolute error                | 0.2266     |           |
| Mean squared error                 | 0.1222     |           |
| Relative absolute error            | 210.0595 % |           |
| Root relative squared error        | 151.4857 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 97.8441 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 79.1874 %  |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.51 จากข้อมูลจำนวน 603 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 505 คน คิดเป็น 83.7479% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 98 คน คิดเป็น 16.2521% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.1392 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.2266 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1222 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.52 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีน้ำอึฟ เบย์

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.865         | 0.618   | 0.959     | 0.865  | 0.909     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.382         | 0.135   | 0.144     | 0.382  | 0.210     | No    |
| Weighted Avg. | 0.837   | 0.590     | 0.913  | 0.837     | 0.870 |

จากตารางที่ 4.52 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.865 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.618 ค่าความแม่นยำ = 0.959 ค่าความระลึกลับ = 0.865 และค่าความถ่วงดุล = 0.909 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.382 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.135 ค่าความแม่นยำ = 0.144 ค่าความระลึกลับ = 0.382 และค่าความถ่วงดุล = 0.210

ตารางที่ 4.53 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสน จากการสร้างตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีน้ำอึฟ เบย์

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 492                                              | 77                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 21                                               | 13                      |

จากตารางที่ 4.53 มีข้อมูล 603 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 505 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบผ่าน 492 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 13 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 98 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 77 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 21 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.6.2 การทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบประสิทธิภาพ ด้วยไฟล์.csv จำนวน 247 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.54 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนาอ์ฟ เบย์

|                                  |           |           |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 125       | 71.4286 % |
| Incorrectly Classified Instances | 50        | 28.5714 % |
| Kappa statistic                  | -0.0046   |           |
| Mean absolute error              | 0.3162    |           |
| Mean squared error               | 0.1822    |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 96.5714 % |           |
| Total Number of Instances        | 175       |           |

จากตารางที่ 4.54 จากข้อมูลจำนวน 175 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 125 คน คิดเป็น 71.4286% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 50 คน คิดเป็น 28.5714% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ -0.0046 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันน้อยมาก มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.3162 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1822 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.55 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนาอ์ฟ เบย์

|               |         |           |        |           |       |
|---------------|---------|-----------|--------|-----------|-------|
| TP Rate       | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.771         | 0.778   | 0.896     | 0.771  | 0.829     | Yes   |
| TN Rate       | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure | Class |
| 0.222         | 0.229   | 0.100     | 0.222  | 0.138     | No    |
| Weighted Avg. | 0.714   | 0.721     | 0.814  | 0.714     | 0.758 |

จากตารางที่ 4.55 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.771 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.778 ค่าความแม่นยำ = 0.896 ค่าความระลึกลับ = 0.771 และค่าความถ่วงดุล = 0.829 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.222 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.229 ค่าความแม่นยำ = 0.100 ค่าความระลึกลับ = 0.222 และค่าความถ่วงดุล = 0.138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.56 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีน้ำอ๊ฟ เบย์

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 121                                              | 36                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 14                                               | 4                       |

จากตารางที่ 4.56 มีข้อมูล 175 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 125 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบผ่าน 121 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 4 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 50 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 36 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 14 คน

#### 4.1.6.3 การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

การทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยไฟล์ 10.csv จำนวน 123 คน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.57 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีน้ำอ๊ฟ เบย์

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) | ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.578                 | 14                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.967                 |
| 2                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.997                 | 15                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.594                 |
| 3                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.988                 | 16                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.773                 |
| 4                   | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.635                 | 17                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.835                 |
| 5                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.58                  | 18                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.653                 |
| 6                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.88                  | 19                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.57                  |
| 7                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.957                 | 20                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.73                  |
| 8                   | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.977                 | 21                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.909                 |
| 9                   | 2:no                   | 2:no                       |                         | 0.564                 | 22                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.65                  |
| 10                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.556                 | 23                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.968                 |
| 11                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.567                 | 24                  | 2:no                   | 2:no                       |                         | 0.543                 |
| 12                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.573                 | 25                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.921                 |
| 13                  | 2:no                   | 2:no                       |                         | 0.522                 | 26                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.845                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.57 ผลในส่วนของการทำนายตัวแบบจากชุดข้อมูลทดสอบ ด้วยวิธีนาอ็ฟ เบย์ (ต่อ)

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 27                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.507                 |
| 28                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 29                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.977                 |
| 30                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.85                  |
| 31                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.922                 |
| 32                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.993                 |
| 33                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.899                 |
| 34                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.997                 |
| 35                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.763                 |
| 36                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.993                 |
| 37                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.971                 |
| 38                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.992                 |
| 39                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.784                 |
| 40                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.872                 |
| 41                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.704                 |
| 42                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.995                 |
| 43                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.746                 |
| 44                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.995                 |
| 45                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.826                 |
| 46                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.903                 |
| 47                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.998                 |
| 48                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.803                 |
| 49                  | 2:no                   | 1:yes                      | +                       | 0.805                 |
| 50                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.705                 |
| 51                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 52                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.994                 |
| 53                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.983                 |
| 54                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.751                 |
| 55                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.925                 |
| 56                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.638                 |

| ตัวอย่าง (instance) | ค่าที่แท้จริง (actual) | ค่าที่ทำนายได้ (predicted) | ความคลาดเคลื่อน (error) | การทำนาย (prediction) |
|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 57                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.926                 |
| 58                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.992                 |
| 59                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.995                 |
| 60                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 61                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.991                 |
| 62                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.946                 |
| 63                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.977                 |
| 64                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.961                 |
| 65                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.67                  |
| 66                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.744                 |
| 67                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.61                  |
| 68                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.965                 |
| 69                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.972                 |
| 70                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.715                 |
| 71                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.64                  |
| 72                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.572                 |
| 73                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.737                 |
| 74                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.537                 |
| 75                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.853                 |
| 76                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.674                 |
| 77                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.552                 |
| 78                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.979                 |
| 79                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.604                 |
| 80                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.595                 |
| 81                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.967                 |
| 82                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 0.952                 |
| 83                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 1                     |
| 84                  | 1:yes                  | 1:yes                      |                         | 1                     |
| 85                  | 1:yes                  | 2:no                       | +                       | 0.547                 |

จากตารางที่ 4.57 ค่าทำนายที่ทายผิดในช่อง error จะมีเครื่องหมาย + อยู่จำนวน 16 ค่า คือค่าที่ 4, 11, 17, 18, 20, 22, 26, 31, 49, 66, 67, 72, 74, 77, 83 และ 85 โดยที่ค่าที่ 22, 26, 31 และ 49 สอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (class 2 : No) แต่ทำนายว่าสอบผ่าน (class 1 : Yes) และค่าที่ 4, 11, 17, 18, 20, 66, 67, 72, 74, 77, 83 และ 85 สอบผ่าน แต่ทำนายว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง

ตารางที่ 4.58 ผลในส่วนของการสรุปผลจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนาอ็ฟ เบย์

|                                  |        |           |
|----------------------------------|--------|-----------|
| Correctly Classified Instances   | 69     | 81.1765 % |
| Incorrectly Classified Instances | 16     | 18.8235 % |
| Kappa statistic                  | 0.1807 |           |
| Mean absolute error              | 0.2590 |           |
| Mean squared error               | 0.1316 |           |
| Coverage of cases (0.95 level)   | 100 %  |           |
| Total Number of Instances        | 85     |           |

จากตารางที่ 4.58 โดยจากข้อมูลจำนวน 85 คน ทำนายข้อมูลถูกต้องจำนวน 69 คน คิดเป็น 81.1765% และทำนายข้อมูลไม่ถูกต้องจำนวน 16 คน คิดเป็น 18.8235% มีค่าสถิติแคปปา (Kappa statistic) คือ 0.1807 แสดงว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันค่อนข้างน้อย มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) คือ 0.2590 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าค่าที่ทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงพอสมควร และมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) คือ 0.1316 ซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อย แสดงว่าตัวแบบมีความถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 4.59 ผลในส่วนของความถูกต้องของรายละเอียดในแต่ละคำตอบจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนาอ็ฟ เบย์

|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure* | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|------------|-------|
|               | 0.846   | 0.571   | 0.943     | 0.846  | 0.892      | Yes   |
|               | TN Rate | FN Rate | Precision | Recall | F-Measure  | Class |
|               | 0.429   | 0.154   | 0.200     | 0.429  | 0.273      | No    |
| Weighted Avg. | 0.812   | 0.537   | 0.882     | 0.812  | 0.841      |       |

จากตารางที่ 4.59 สำหรับคำตอบสอบผ่าน (Class = Yes) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก = 0.846 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก = 0.571 ค่าความแม่นยำ = 0.943 ค่าความระลึก = 0.846 และค่าความถ่วงดุล = 0.892 ส่วนคำตอบสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง (Class = No) มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ = 0.429 ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ = 0.154 ค่าความแม่นยำ = 0.2 ค่าความระลึก = 0.429 และค่าความถ่วงดุล = 0.273

ตารางที่ 4.60 ผลในส่วนของเมตริกซ์ความสับสนจากการทำนายตัวแบบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ด้วยวิธีนาอ็ฟ เบย์

|                      |                         | ผลการจำแนกผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน |                         |
|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------|
|                      |                         | ผ่าน                                             | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง |
| ผลสัมฤทธิ์ที่แท้จริง | ผ่าน                    | 66                                               | 12                      |
|                      | ไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง | 4                                                | 3                       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.60 มีข้อมูล 85 คน ตัวแบบสามารถทำนายข้อมูลได้ถูกต้อง 69 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบผ่าน 66 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกถูกกว่าสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 3 คน ตัวแบบทำนายข้อมูลไม่ถูกต้อง 16 คน โดยมีจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าเป็นสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบผ่าน 12 คน และจำนวนข้อมูลที่จำแนกผิดว่าสอบผ่าน ซึ่งค่าที่แท้จริงแล้วสอบไม่ผ่านหรือมีความเสี่ยง 4 คน

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่ม

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องและความแม่นยำในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน ระหว่างวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิว เบย์ ได้ผลดังตารางที่ 4.61 และ 4.62

ตารางที่ 4.61 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานทั้ง 6 วิธี โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกและค่าความถ่วงดุล

| การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผล | ค่าความถูกต้อง (Accuracy) | ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก (TP Rate) | ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ (TN Rate) | ค่าความแม่นยำ (Precision) |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด         | 88.2353%                  | 0.949                                | 0.143                               | 0.925                     |
| วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ      | 91.7647%                  | 1                                    | 0                                   | 0.918                     |
| วิธีโครงข่ายประสาทเทียม               | 80.0000%                  | 0.872                                | 0                                   | 0.907                     |
| วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน            | 91.7647%                  | 1                                    | 0                                   | 0.918                     |
| วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม       | 64.7059%                  | 0.705                                | 0                                   | 0.887                     |
| วิธีนาอิว เบย์                        | 81.1765%                  | 0.846                                | 0.429                               | 0.943                     |

ตารางที่ 4.61 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานทั้ง 6 วิธี โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกและค่าความถ่วงดุล (ต่อ)

| การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผล | ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวก (FP Rate) | ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ (FN Rate) | ค่าความระลึก (Recall) | ค่าความถ่วงดุล (F-Measure) |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด         | 0.857                                | 0.051                               | 0.949                 | 0.937                      |
| วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ      | 1                                    | 0                                   | 1                     | 0.957                      |
| วิธีโครงข่ายประสาทเทียม               | 1                                    | 0.128                               | 0.872                 | 0.889                      |
| วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน            | 1                                    | 0                                   | 1                     | 0.957                      |
| วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม       | 1                                    | 0.295                               | 0.705                 | 0.786                      |
| วิธีนาอิว เบย์                        | 0.571                                | 0.154                               | 0.846                 | 0.892                      |

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.61 พบว่าวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึก และค่าความถ่วงดุลที่ดีที่สุดคือ 91.7647%, 1, 0, 1 และ 0.957 ตามลำดับ ส่วนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึก และค่าความถ่วงดุลดีที่สุดในกันคือ 91.7647%, 1, 0, 1 และ 0.957 ตามลำดับ และวิธีนาอิว เบย์มีค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ และค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวกที่ดีที่สุดคือ 0.429, 0.943 และ 0.571 ดังนั้นวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่สุด

ตารางที่ 4.62 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานทั้ง 6 วิธี โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

| การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ<br>ในการทำนายผล | ค่าความคลาดเคลื่อน<br>สัมบูรณ์เฉลี่ย<br>(MAE) | ค่าความคลาดเคลื่อน<br>กำลังสองเฉลี่ย<br>(MSE) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด             | 0.1189                                        | 0.1172                                        |
| วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ          | 0.1295                                        | 0.0762                                        |
| วิธีโครงข่ายประสาทเทียม                   | 0.1941                                        | 0.1879                                        |
| วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน                | 0.0824                                        | 0.0824                                        |
| วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม           | 0.3462                                        | 0.3351                                        |
| วิธีนาอิว เบย์                            | 0.2590                                        | 0.1316                                        |

จากตารางที่ 4.62 พบว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0824 ส่วนวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0762 ดังนั้นวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่สุด

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทำความเข้าใจและเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการจำแนกกลุ่ม รวมทั้งเปรียบเทียบการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิธีการจำแนกกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการทำนายผลคือ วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้อัลกอริทึมชนิด IBk วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ โดยใช้อัลกอริทึมชนิด J48 วิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้อัลกอริทึมชนิดเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น กำหนดค่าอัตราการเรียนรู้เป็น 0.1 ค่าโมเมนตัมเป็น 0.9 จำนวนรอบการสอน 20,000 รอบ และชั้นซ่อน 1 ชั้น วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยใช้อัลกอริทึม SMO ชนิดโพลิโนเมียลเคอร์เนล วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม และวิธีนาอิว เบย์ ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี จะใช้ค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความถูกต้องเชิงลบ ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ และค่าความถ่วงดุล โดยจะพิจารณาจากค่าเหล่านี้ที่มีค่ามากที่สุด ส่วนค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวกและค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบจะพิจารณาจากค่าน้อยที่สุด ในการทำนายผลของวิธีการจำแนกกลุ่มทั้ง 6 วิธี จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ในการเปรียบเทียบ โดยพิจารณาจากค่า MAE และ MSE ที่มีค่าน้อยที่สุด

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มพบว่า วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกลับ และค่าความถ่วงดุลดีที่สุดคือ 91.7647%, 1, 0, 1 และ 0.957 ตามลำดับ ส่วนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกลับ และค่าความถ่วงดุลดีที่สุดเช่นกันคือ 91.7647%, 1, 0, 1 และ 0.957 ตามลำดับ และวิธีนาอิว เบย์ มีค่าอัตราความผิดพลาดเชิงบวกที่ดีที่สุด คือ 0.571 ดังนั้นวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่สุด

ส่วนการเปรียบเทียบการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานพบว่า วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0824 ส่วนวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.0762 ตามลำดับ ดังนั้นวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่สุด

จากการเปรียบเทียบจะพบว่าทั้งวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจและวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความถูกต้อง ค่าอัตราความถูกต้องเชิงบวก ค่าอัตราความผิดพลาดเชิงลบ ค่าความระลึกลับ และค่าความถ่วงดุลเท่ากัน แต่วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมากกว่าวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนอยู่พอสมควร ส่วนวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมากกว่าวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจอยู่เล็กน้อยเท่านั้น นั่นคือวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีประสิทธิภาพในการทำนายผลดีที่สุด

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ตัวแปรที่นำมาใช้ในการงานวิจัยนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เท่านั้น เพื่อให้การทำนายมีประสิทธิภาพมากขึ้น ควรเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ อีก
2. เพื่อให้ผลสรุปครอบคลุมกว้างขวางเพิ่มขึ้น ควรจะทำการศึกษาวิธีอื่น ๆ ที่เป็นเทคนิคการทำเหมืองข้อมูลในการจำแนกกลุ่มเหมือนกัน เช่น วิธีฐานกฎ (Rule Based) และโครงข่ายความเชื่อของเบย์เซียน (Bayesian Belief Network)
3. เพื่อให้ได้ข้อสรุปของผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น เราอาจจะใช้อัลกอริทึมประเภทอื่น ๆ โดยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุดยังมีอัลกอริทึม KStar และ LWL วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจมีอัลกอริทึม Decision Stump, LMT, Random Forest, Random Tree, REP Tree และ ID3 วิธีโครงข่ายประสาทเทียมเทียมสามารถกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัมที่ละเอียดมากขึ้นกว่าเดิม อาจกำหนดจำนวนชั้นซ่อนมากกว่า 1 ชั้นได้ และอาจเพิ่มจำนวนรอบการสอนให้มากขึ้น เช่น 100,000 รอบ และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีอัลกอริทึม SMO และใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลแบบ Normalized Poly Kernel, Radial Basis Function Kernel, Sigmoid Kernel และ Puk



ภาคผนวก ก  
รายละเอียดและตัวอย่างข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อมูลของการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

ตารางที่ ก-1 คุณลักษณะและรายละเอียดของการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

| คุณลักษณะ                 | รายละเอียด                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. เพศ (Sex)              | ชาย (Male)<br>หญิง (Female)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2. อายุ (Age)             | กรอกเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม เช่น 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. การศึกษา (Education)   | ปีที่ 1 (Freshy)<br>ปีที่ 2 (Sophomore)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4. คณะที่สังกัด (Faculty) | วิทยาศาสตร์ (Science)<br>วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)<br>เทคโนโลยีการเกษตร (Agricultural Technology)<br>อุตสาหกรรมเกษตร (Agro-Industry)<br>อื่น ๆ (Other)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 5. สาขาวิชา (Major)       | คณิตศาสตร์ (Mathematics)<br>เคมีอุตสาหกรรม (Industrial Chemistry)<br>เคมีสิ่งแวดล้อม (Environmental Chemistry)<br>จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม (Industrial Microbiology)<br>เทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology)<br>ฟิสิกส์ประยุกต์ (Physics)<br>สถิติประยุกต์ (Statistics)<br>วิศวกรรมไฟฟ้า (Electrical Engineering)<br>วิศวกรรมโทรคมนาคม (Telecommunications Engineering)<br>วิศวกรรมการวัดคุม (Instrumentation Engineering)<br>วิศวกรรมอัตโนมัติ (Automation Engineering)<br>วิศวกรรมระบบควบคุม (Control Engineering)<br>วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ (McCarthy Electronics Engineering)<br>วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Engineering)<br>วิศวกรรมชีวการแพทย์ (Biomedical Engineering)<br>วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)<br>วิศวกรรมเกษตร (Agricultural Engineering)<br>วิศวกรรมปิโตรเคมี (Petrochemical Engineering)<br>วิศวกรรมเคมี (Chemical Engineering)<br>วิศวกรรมอาหาร (Food Engineering)<br>วิศวกรรมโยธา (Civil Engineering)<br>วิศวกรรมอุตสาหกรรม (Industrial Engineering)<br>วิศวกรรมขนส่งทางราง (Rail Transport Engineering)<br>วิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า (Electrical Power Engineering)<br>ประมง (Fishing)<br>สัตวศาสตร์ (Zoology)<br>พัฒนาการเกษตร (Agricultural Development) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                                                |                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                | วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร (Food Science)<br>เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม (Industrial Fermentation)<br>วิศวกรรมแปรรูปอาหาร (Food Process)<br>อื่น ๆ (Other) |
| 6. วิธีผ่านการสอบคัดเลือก (Entrance)                                                                           | ระบบแอดมิชชัน (Admission)<br>ระบบโควตา (Quota)<br>ระบบรับตรง (University)                                                                                     |
| 7. จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Province)                                                       | กรุงเทพมหานครและปริมณฑล (Bangkok)<br>ต่างจังหวัด (Country)                                                                                                    |
| 8. ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (HighSchool)                                                      | เอกชน (Private)<br>รัฐบาล (Government)                                                                                                                        |
| 9. แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (Plan)                                                                    | วิทย์-คณิต (Science-Mathematics)<br>ศิลป์-คำนวณ (Art-Calculated)<br>อื่น ๆ (Other)                                                                            |
| 10. จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป (NumCredit) | กรอกเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม เช่น 21                                                                                                                               |
| 11. คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (CumScore)                                                         | กรอกเป็นตัวเลขที่มีทศนิยม เช่น 3.12                                                                                                                           |
| 12. คะแนน GAT (GAT เชื่อมโยง) (GAT)                                                                            | กรอกเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม เช่น 50                                                                                                                               |
| 13. คะแนน PAT 1 (คณิตศาสตร์) (PAT1)                                                                            | กรอกเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม เช่น 100                                                                                                                              |
| 14. คะแนน PAT 2 (วิทยาศาสตร์) (PAT2)                                                                           | กรอกเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม เช่น 150                                                                                                                              |
| 15. คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป (Score)                        | กรอกเป็นตัวเลขที่มีทศนิยม เช่น 2.45                                                                                                                           |
| 16. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป (Achievement)                                      | ได้เกรด C, C+, B, B+ และ A (Yes)<br>ได้เกรด W, F, D และ D+ (No)                                                                                               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างข้อมูลการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน

| No | Education | Faculty | Major | Entrance   | Province | HighSchool | Plan                 |
|----|-----------|---------|-------|------------|----------|------------|----------------------|
| 1  | Freshy    | Science | Mat   | University | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 2  | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 3  | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 4  | Freshy    | Science | Mat   | Admission  | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 5  | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 6  | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 7  | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 8  | Freshy    | Science | Mat   | Admission  | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 9  | Freshy    | Science | Mat   | University | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 10 | Freshy    | Science | Mat   | Admission  | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 11 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 12 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 13 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Private    | Science-Mathermatics |
| 14 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 15 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Private    | Science-Mathermatics |
| 16 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 17 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 18 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 19 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 20 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Bangkok  | Government | Science-Mathermatics |
| 21 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 22 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Private    | Science-Mathermatics |
| 23 | Freshy    | Science | Mat   | Quota      | Country  | Government | Science-Mathermatics |
| 24 | Freshy    | Science | Mat   | University | Country  | Government | Science-Mathermatics |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก-2 ตัวอย่างข้อมูลการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน (ต่อ)

| No | NumCredit | CumScore | GAT    | PAT1 | PAT2 | Score | Achievement |
|----|-----------|----------|--------|------|------|-------|-------------|
| 1  | 18        | 3.5      | 150    | 56   | 80   | 3.25  | yes         |
| 2  | 21        | 3.56     | 100    | 66   | 120  | 2.64  | yes         |
| 3  | 21        | 3.1      | 136    | 52   | 114  | 3.21  | yes         |
| 4  | 18        | 3.52     | 115    | 90   | 123  | 3.16  | yes         |
| 5  | 18        | 3.68     | 146    | 50   | 84   | 3.53  | yes         |
| 6  | 18        | 3.67     | 146    | 54   | 90   | 2.16  | yes         |
| 7  | 21        | 3.34     | 150    | 70   | 84   | 3.07  | yes         |
| 8  | 18        | 3.88     | 150    | 80   | 105  | 3.16  | yes         |
| 9  | 18        | 3.34     | 140    | 72   | 102  | 3.08  | yes         |
| 10 | 15        | 3.01     | 135    | 60   | 126  | 2     | yes         |
| 11 | 21        | 3.04     | 115    | 60   | 86   | 2.21  | yes         |
| 12 | 18        | 3.17     | 114    | 66   | 84   | 2.83  | yes         |
| 13 | 18        | 3.37     | 150    | 96   | 74   | 2.41  | yes         |
| 14 | 21        | 3.74     | 81     | 109  | 77   | 1.92  | yes         |
| 15 | 21        | 3.43     | 107    | 47   | 180  | 2.5   | yes         |
| 16 | 21        | 3.37     | 75     | 68   | 69   | 2.42  | yes         |
| 17 | 18        | 3.01     | 130    | 70   | 85   | 2.5   | yes         |
| 18 | 21        | 3.61     | 104.62 | 74   | 102  | 2.28  | yes         |
| 19 | 21        | 3.2      | 150    | 64   | 120  | 2.9   | yes         |
| 20 | 21        | 3.25     | 130    | 72   | 94   | 2.5   | yes         |
| 21 | 21        | 3.18     | 113.5  | 80   | 98   | 2.64  | yes         |
| 22 | 21        | 3.01     | 92     | 86   | 94   | 1.85  | yes         |
| 23 | 18        | 3.34     | 85     | 80   | 125  | 2.08  | yes         |
| 24 | 18        | 2.64     | 125    | 87   | 65   | 1.5   | no          |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 1. วิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด (K-Nearest Neighbor Method)

**Classifier**  
Choose IBk -K 1 -W 0 -A "weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A" "weka.core.EuclideanDistance -R first-last"

**Test options**  
 Use training set  
 Supplied test set  
 Cross-validation Folds 10  
 Percentage split % 66  
 More options...

**Classifier output**

=== Stratified cross-validation ===  
 === Summary ===

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 546        | 90.5473 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 57         | 9.4527 %  |
| Kappa statistic                    | 0.0457     |           |
| Mean absolute error                | 0.096      |           |
| Root mean squared error            | 0.3069     |           |
| Relative absolute error            | 89.0122 %  |           |
| Root relative squared error        | 133.0273 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 90.5473 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 50         |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

=== Detailed Accuracy By Class ===

|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | ROC Area | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-------|
| Weighted Avg. | 0.954   | 0.912   | 0.946     | 0.954  | 0.95      | 0.56     | yes   |
|               | 0.088   | 0.046   | 0.103     | 0.088  | 0.095     | 0.56     | no    |

=== Confusion Matrix ===

|     |    |                  |         |
|-----|----|------------------|---------|
| a   | b  | -- classified as |         |
| 543 | 26 |                  | a = yes |
| 31  | 3  |                  | b = no  |

รูปที่ ข-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ  
โดยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

**Classifier**  
Choose IBk -K 1 -W 0 -A "weka.core.neighboursearch.LinearNNSearch -A" "weka.core.EuclideanDistance -R first-last"

**Test options**  
 Use training set  
 Supplied test set  
 Cross-validation Folds 10  
 Percentage split % 66  
 More options...

**Classifier output**

=== Evaluation on test set ===  
 === Summary ===

|                                    |            |      |
|------------------------------------|------------|------|
| Correctly Classified Instances     | 154        | 88 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 21         | 12 % |
| Kappa statistic                    | 0.0442     |      |
| Mean absolute error                | 0.1213     |      |
| Root mean squared error            | 0.3458     |      |
| Relative absolute error            | 81.4852 %  |      |
| Root relative squared error        | 112.6195 % |      |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 88 %       |      |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 50         |      |
| Total Number of Instances          | 175        |      |

=== Detailed Accuracy By Class ===

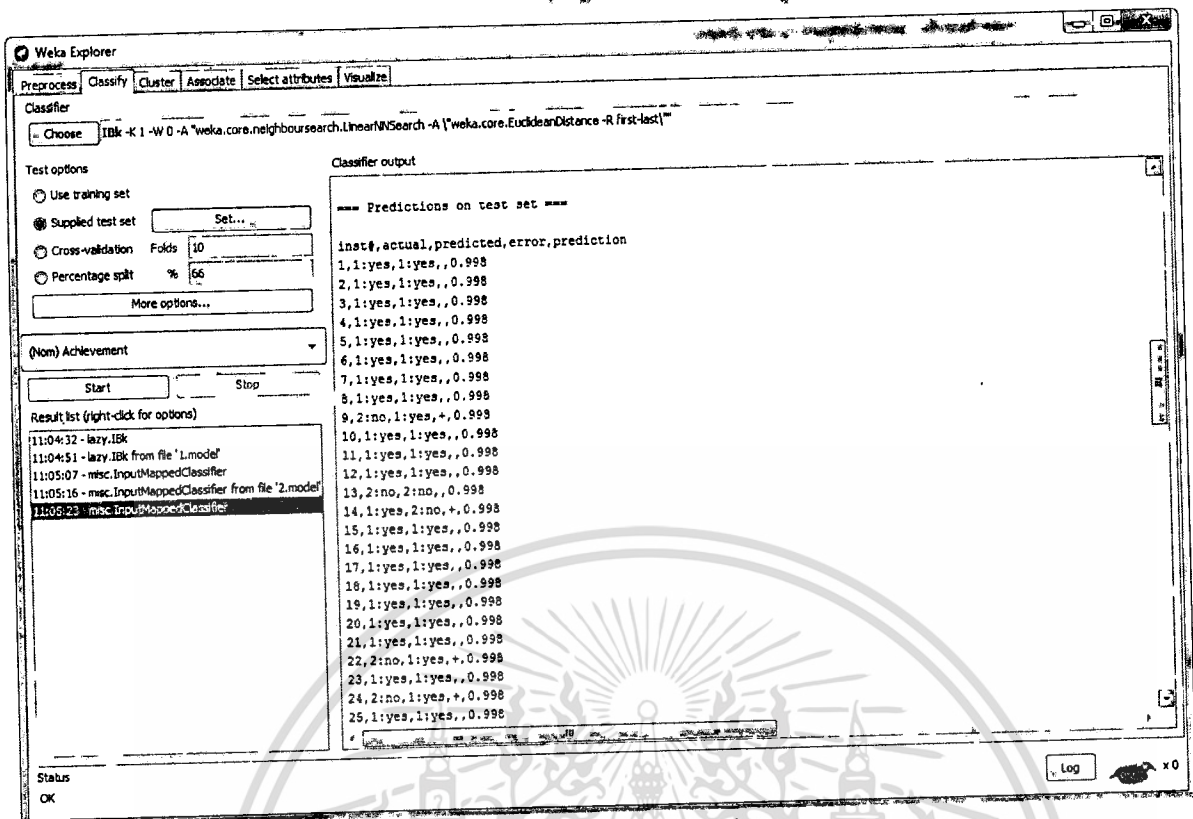
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | ROC Area | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-------|
| Weighted Avg. | 0.975   | 0.944   | 0.9       | 0.975  | 0.936     | 0.515    | yes   |
|               | 0.056   | 0.025   | 0.2       | 0.056  | 0.087     | 0.515    | no    |

=== Confusion Matrix ===

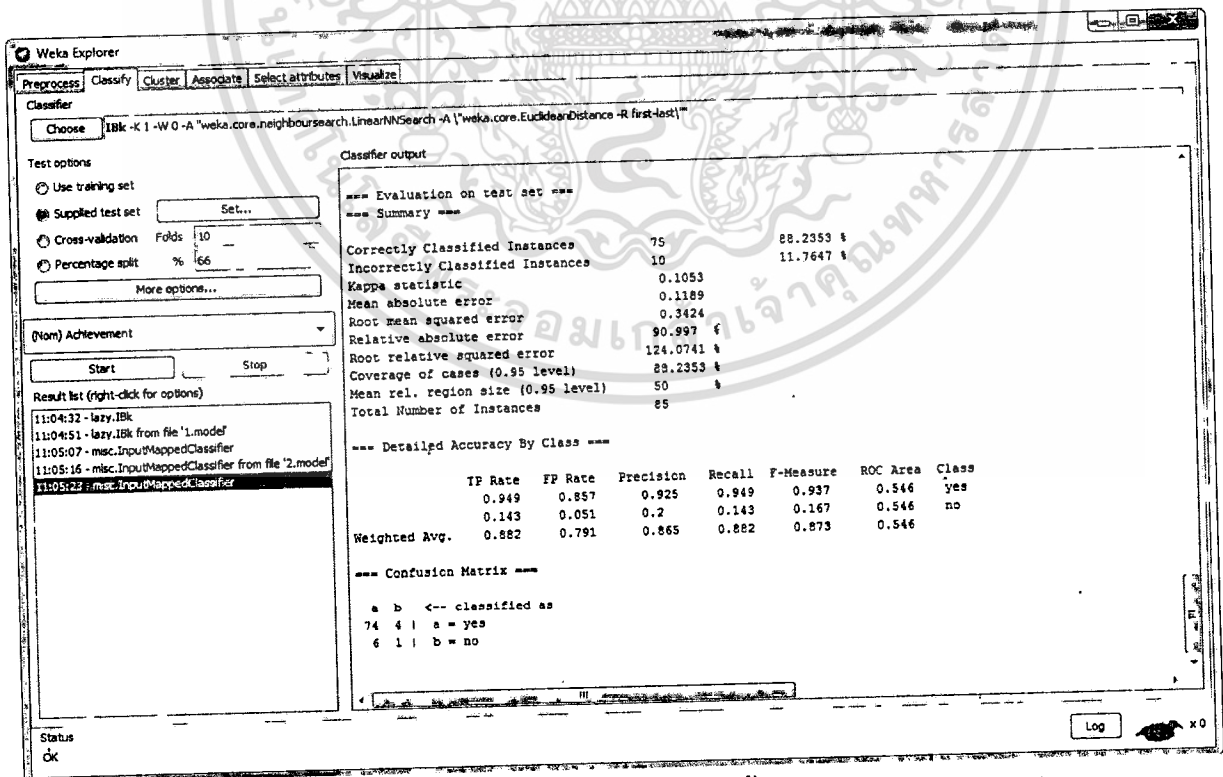
|     |   |                  |         |
|-----|---|------------------|---------|
| a   | b | -- classified as |         |
| 153 | 4 |                  | a = yes |
| 17  | 1 |                  | b = no  |

รูปที่ ข-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ  
โดยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



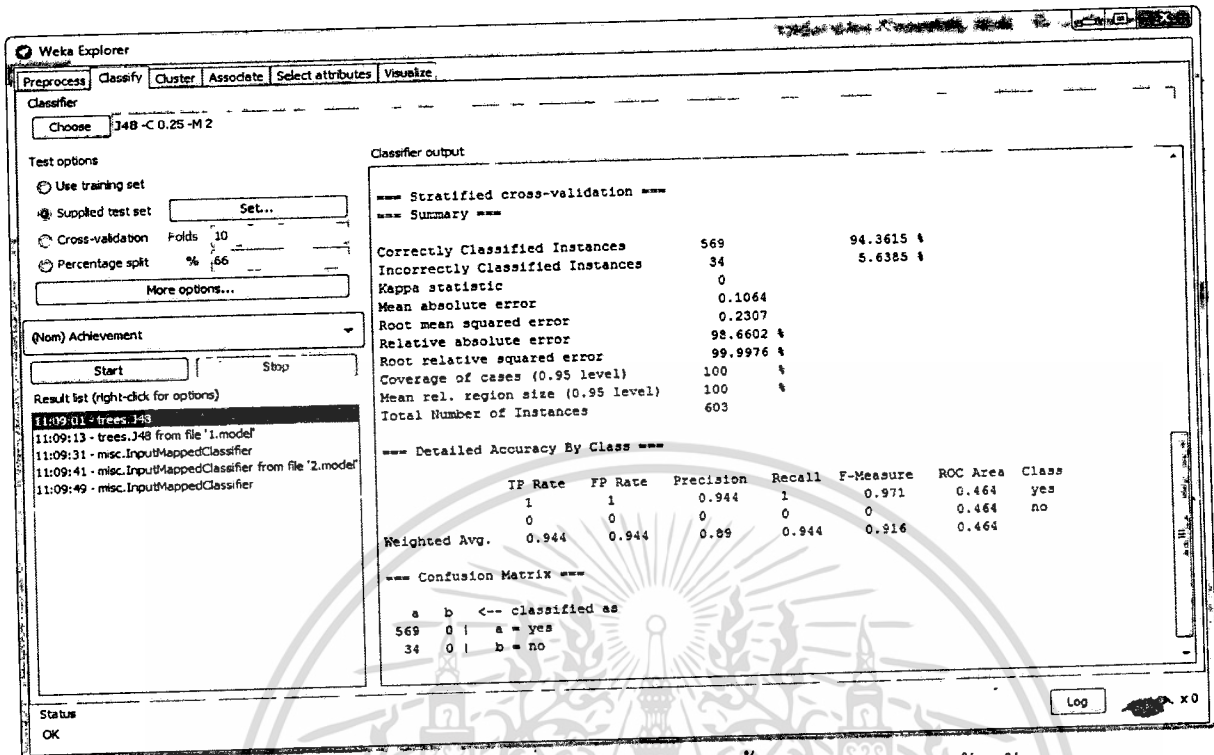
รูปที่ ข-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีความใกล้เคียงกันมากที่สุด



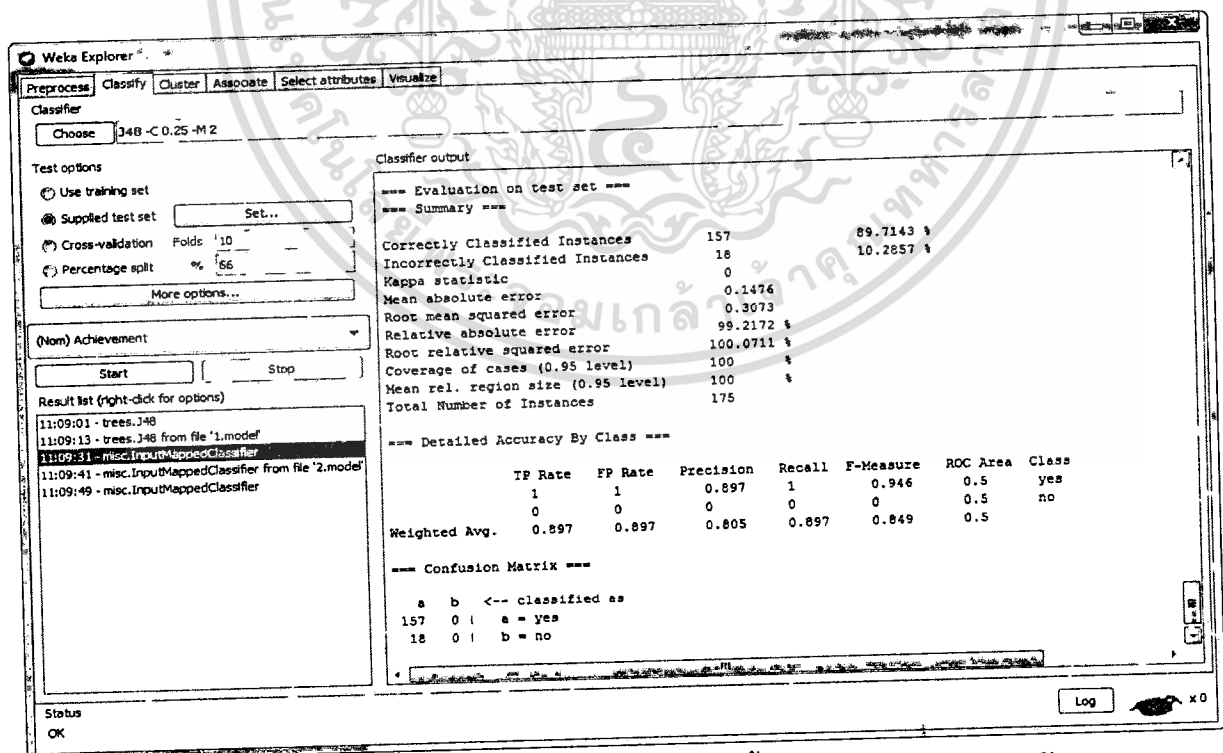
รูปที่ ข-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. วิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ (Decision Tree Method)



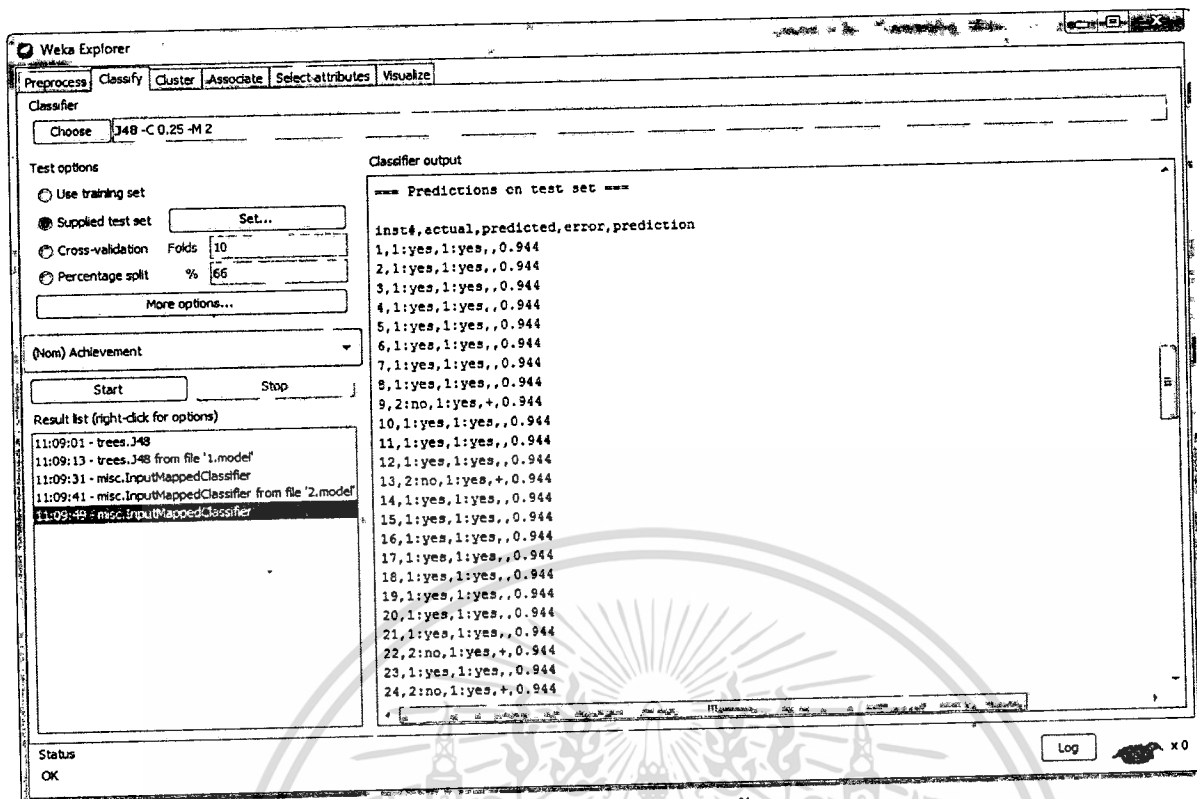
รูปที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ โดยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ



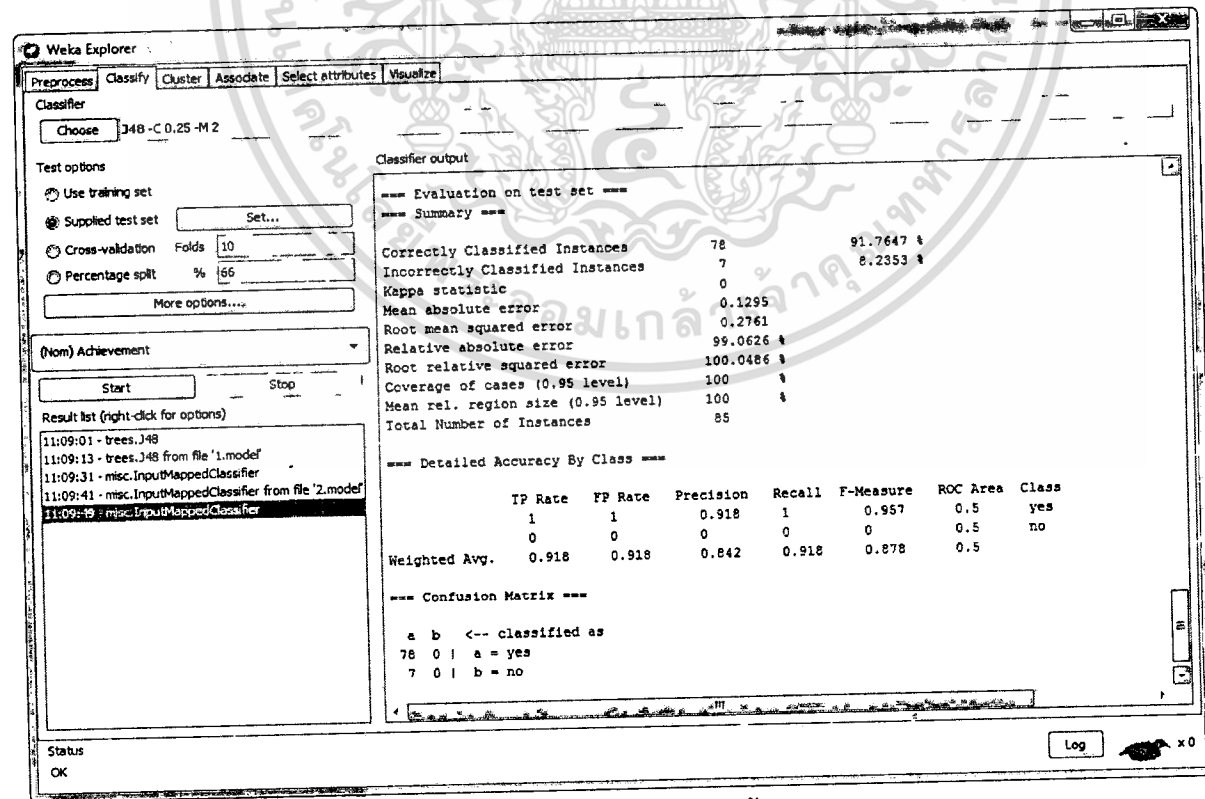
รูปที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ

โดยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ



รูปที่ ข-8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยวิธีแผนภาพต้นไม้เพื่อการตัดสินใจ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Method)

**Classifier output**

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      560      92.869 %
Incorrectly Classified Instances    43       7.131 %
Kappa statistic                    0.0557
Mean absolute error                 0.0733
Root mean squared error             0.255
Relative absolute error             67.9397 %
Root relative squared error        110.5425 %
Coverage of cases (0.95 level)     94.6932 %
Mean rel. region size (0.95 level) 52.4876 %
Total Number of Instances          603

=== Detailed Accuracy By Class ===
          TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
          -----  -----  -
          0.921   0.041   0.946     0.951   0.943     0.588   yes
          0.059   0.019   0.154     0.059   0.085     0.588   no
Weighted Avg.   0.929   0.059   0.901     0.929   0.913     0.588

=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
558 11 | a = yes
 32  2 | b = no
  
```

รูปที่ ข-9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ  
โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

**Classifier output**

```

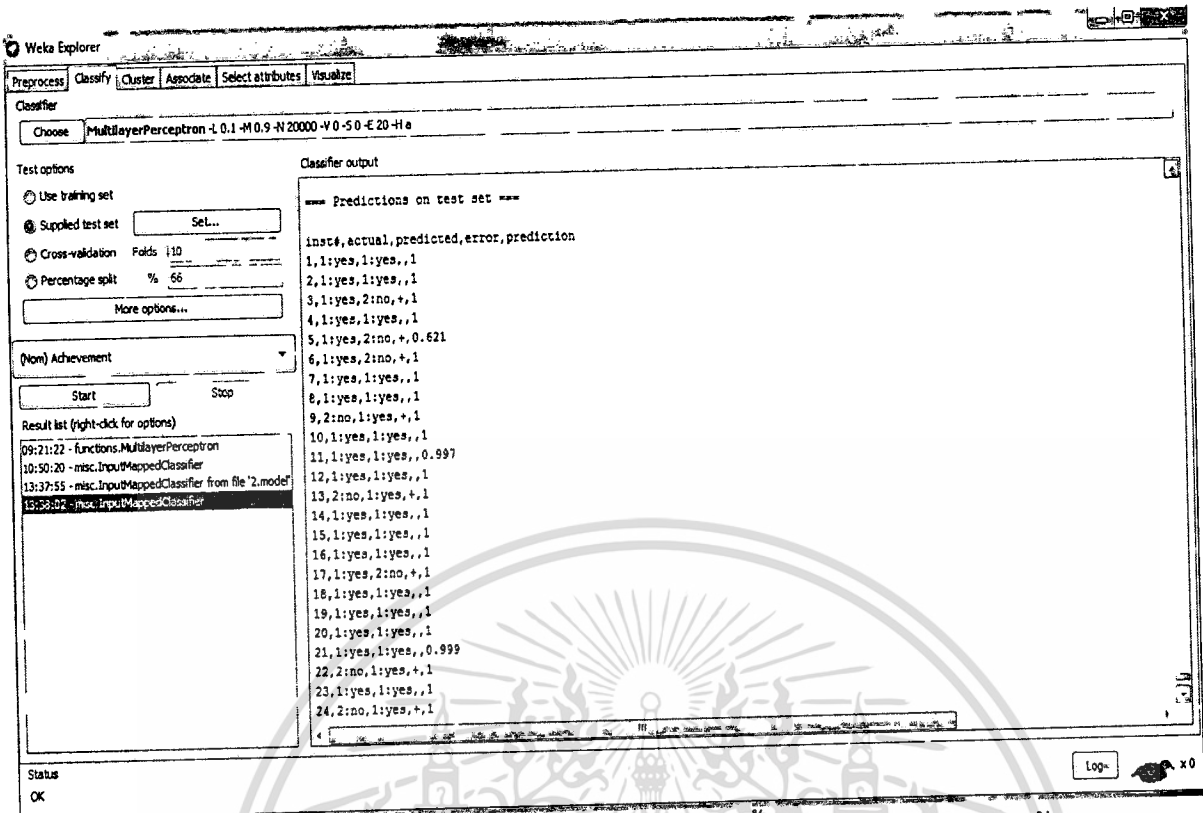
=== Evaluation on test set ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      131      74.8571 %
Incorrectly Classified Instances    44      25.1429 %
Kappa statistic                    0.0223
Mean absolute error                 0.253
Root mean squared error             0.4876
Relative absolute error             170.025 %
Root relative squared error        158.7661 %
Coverage of cases (0.95 level)     78.8571 %
Mean rel. region size (0.95 level) 55.1429 %
Total Number of Instances          175

=== Detailed Accuracy By Class ===
          TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
          -----  -----  -
          0.809   0.778   0.901     0.809   0.852     0.558   yes
          0.222   0.191   0.113     0.222   0.154     0.558   no
Weighted Avg.   0.749   0.717   0.82      0.749   0.781     0.558

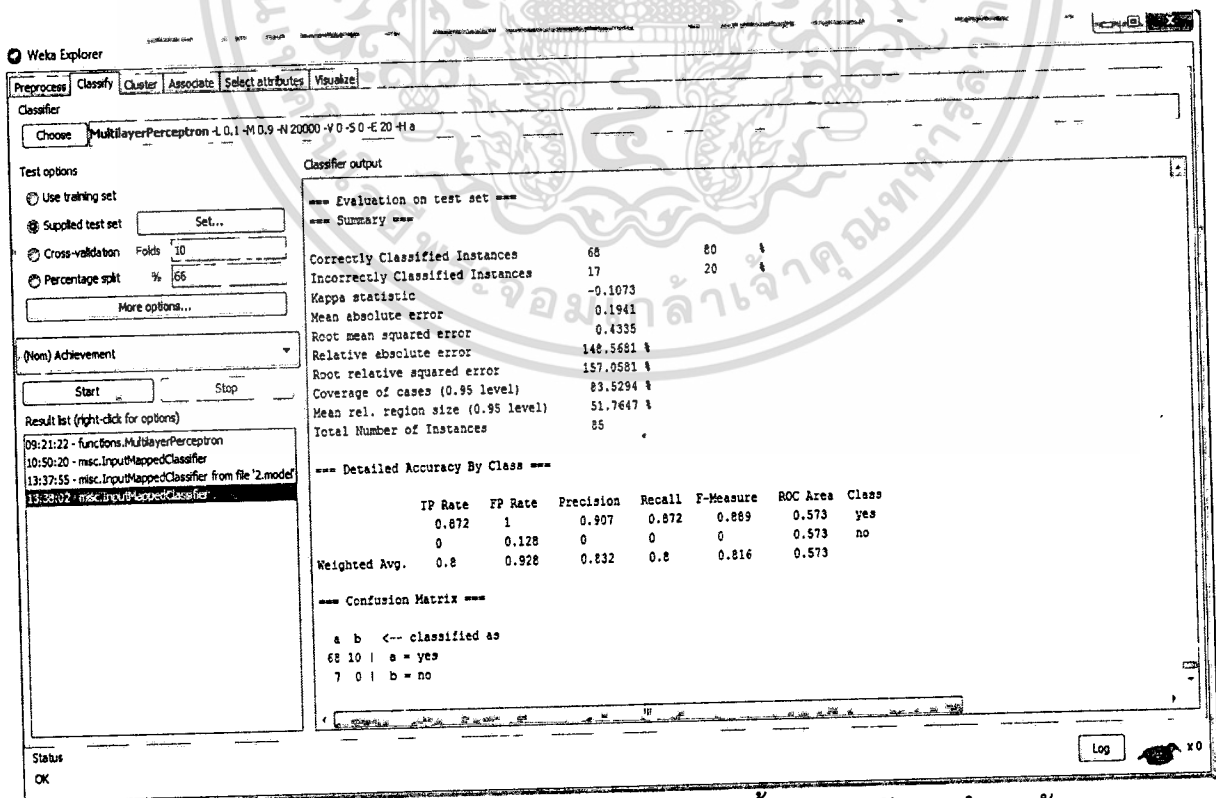
=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
127 30 | a = yes
 14  4 | b = no
  
```

รูปที่ ข-10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ  
โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



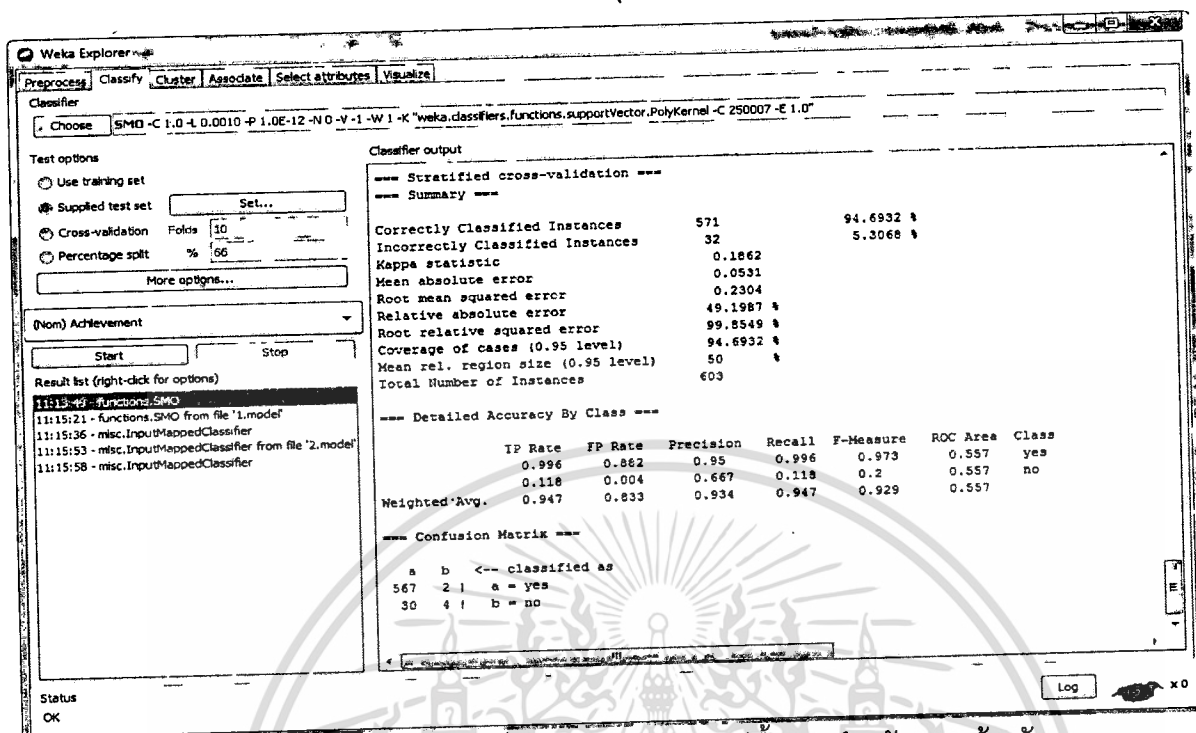
รูปที่ ข-11 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม



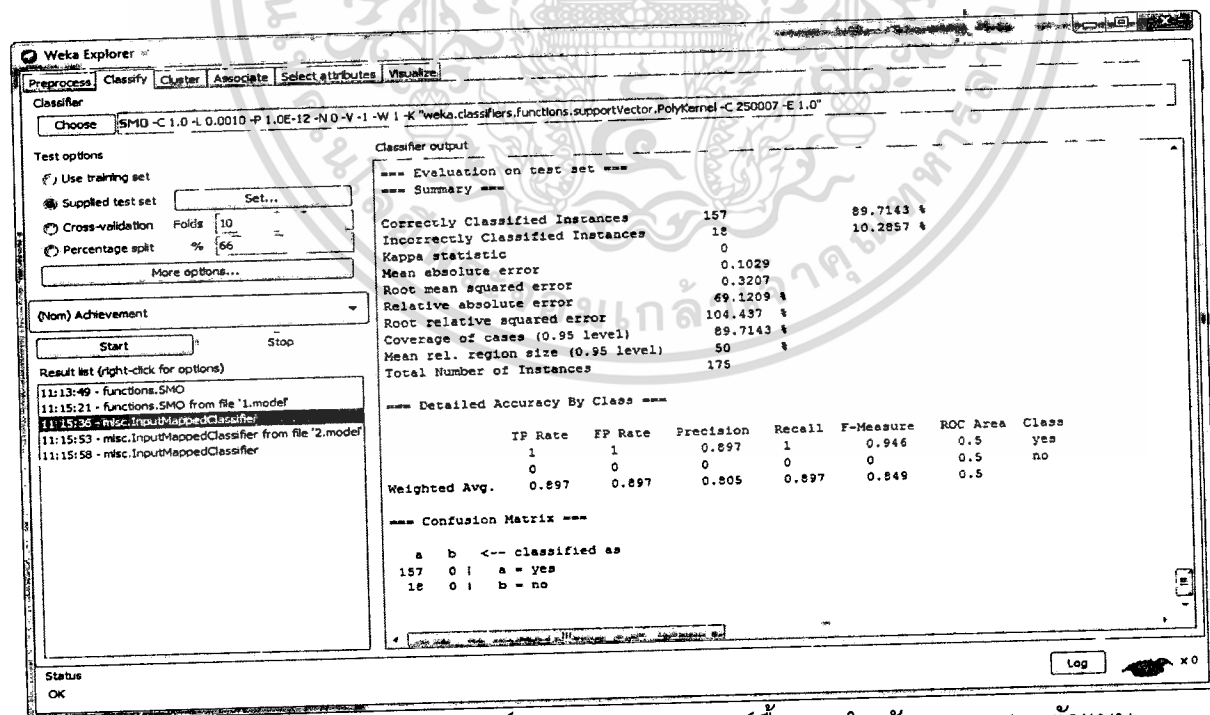
รูปที่ ข-12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4. วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Method)

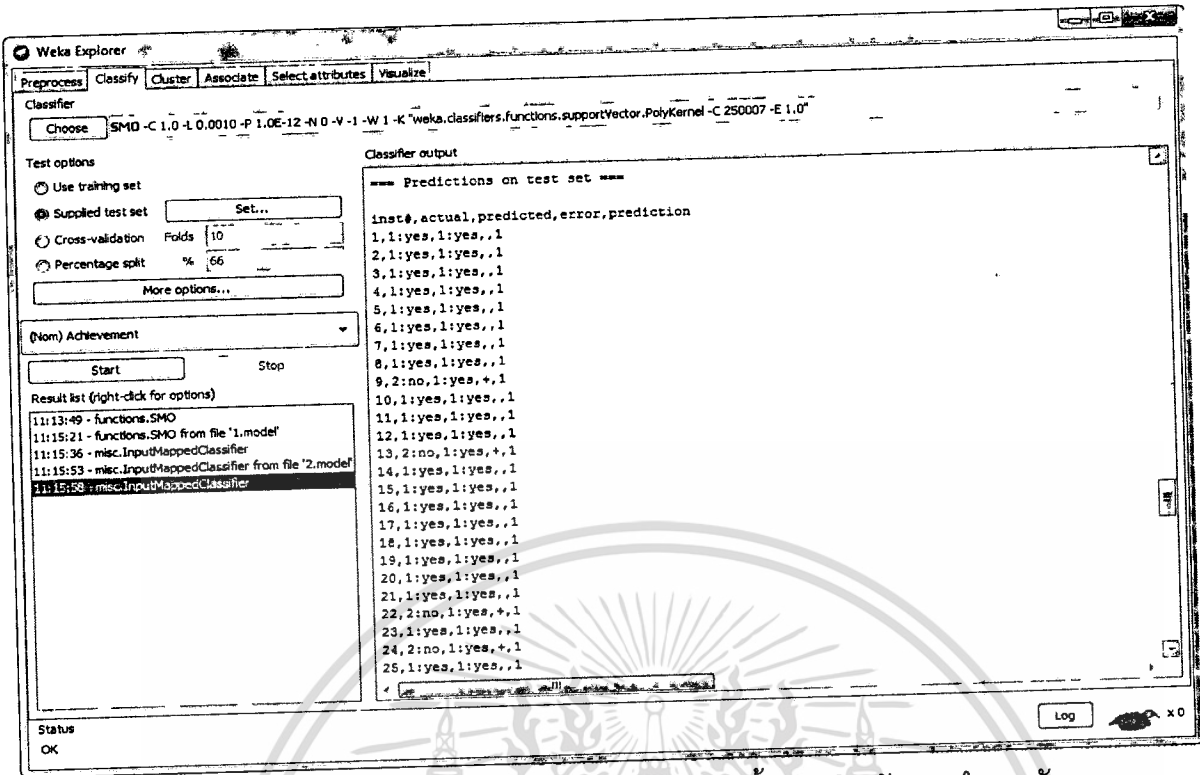


รูปที่ ข-13 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ โดยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

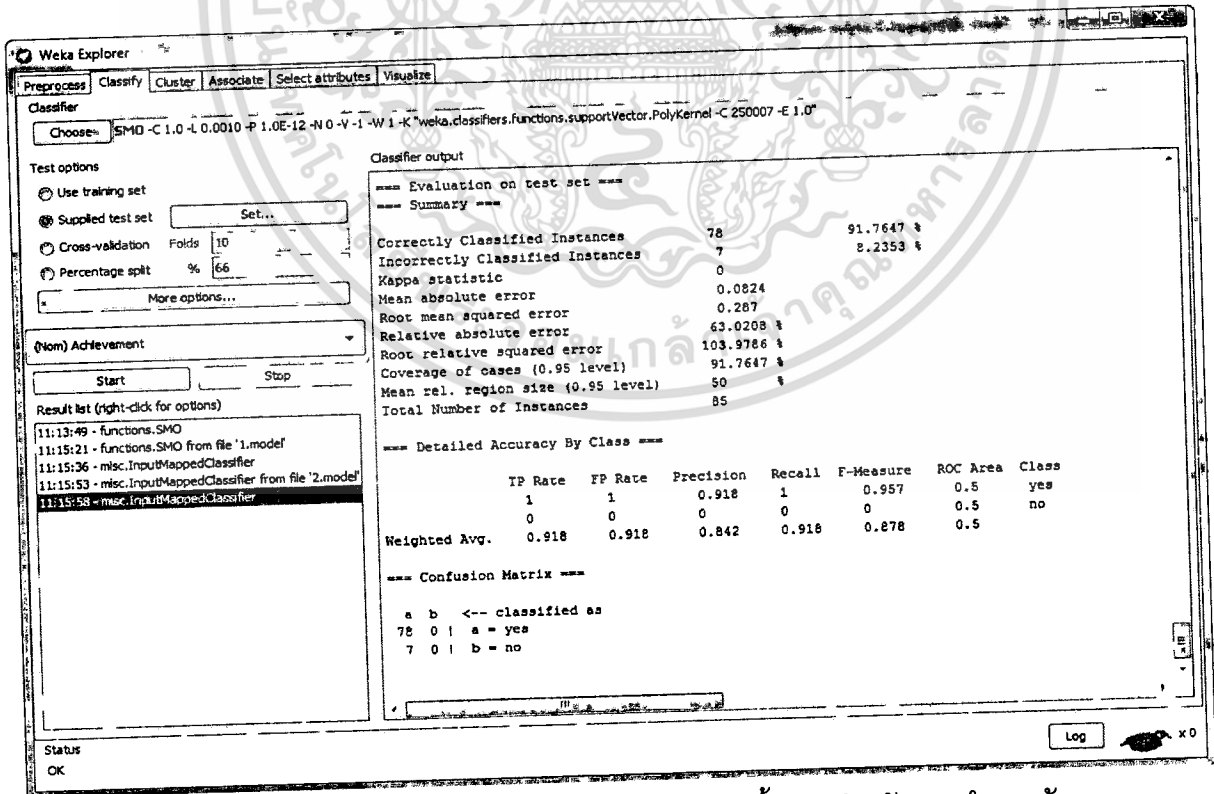


รูปที่ ข-14 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ โดยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน



รูปที่ ข-16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. วิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม (Binary Logistic Regression Method)

**Classifier output**

=== Stratified cross-validation ===  
 === Summary ===

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 543        | 90.0495 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 60         | 9.9502 %  |
| Kappa statistic                    | 0.1551     |           |
| Mean absolute error                | 0.1037     |           |
| Root mean squared error            | 0.2997     |           |
| Relative absolute error            | 96.1366 %  |           |
| Root relative squared error        | 129.9184 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 92.7032 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 53.6484 %  |           |
| Total Number of Instances          | 603        |           |

=== Detailed Accuracy By Class ===

|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | ROC Area | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-------|
|               | 0.94    | 0.765   | 0.954     | 0.94   | 0.947     | 0.614    | yes   |
|               | 0.235   | 0.06    | 0.19      | 0.235  | 0.211     | 0.611    | no    |
| Weighted Avg. | 0.9     | 0.725   | 0.911     | 0.9    | 0.905     | 0.614    |       |

=== Confusion Matrix ===

| a   | b  | ←-- classified as |  |
|-----|----|-------------------|--|
| 535 | 34 | a = yes           |  |
| 26  | 8  | b = no            |  |

รูปที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ  
โดยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

**Classifier output**

=== Evaluation on test set ===  
 === Summary ===

|                                    |            |           |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Correctly Classified Instances     | 127        | 72.5714 % |
| Incorrectly Classified Instances   | 48         | 27.4286 % |
| Kappa statistic                    | 0.0356     |           |
| Mean absolute error                | 0.2915     |           |
| Root mean squared error            | 0.4908     |           |
| Relative absolute error            | 195.896 %  |           |
| Root relative squared error        | 159.8239 % |           |
| Coverage of cases (0.95 level)     | 52.2857 %  |           |
| Mean rel. region size (0.95 level) | 65.1429 %  |           |
| Total Number of Instances          | 175        |           |

=== Detailed Accuracy By Class ===

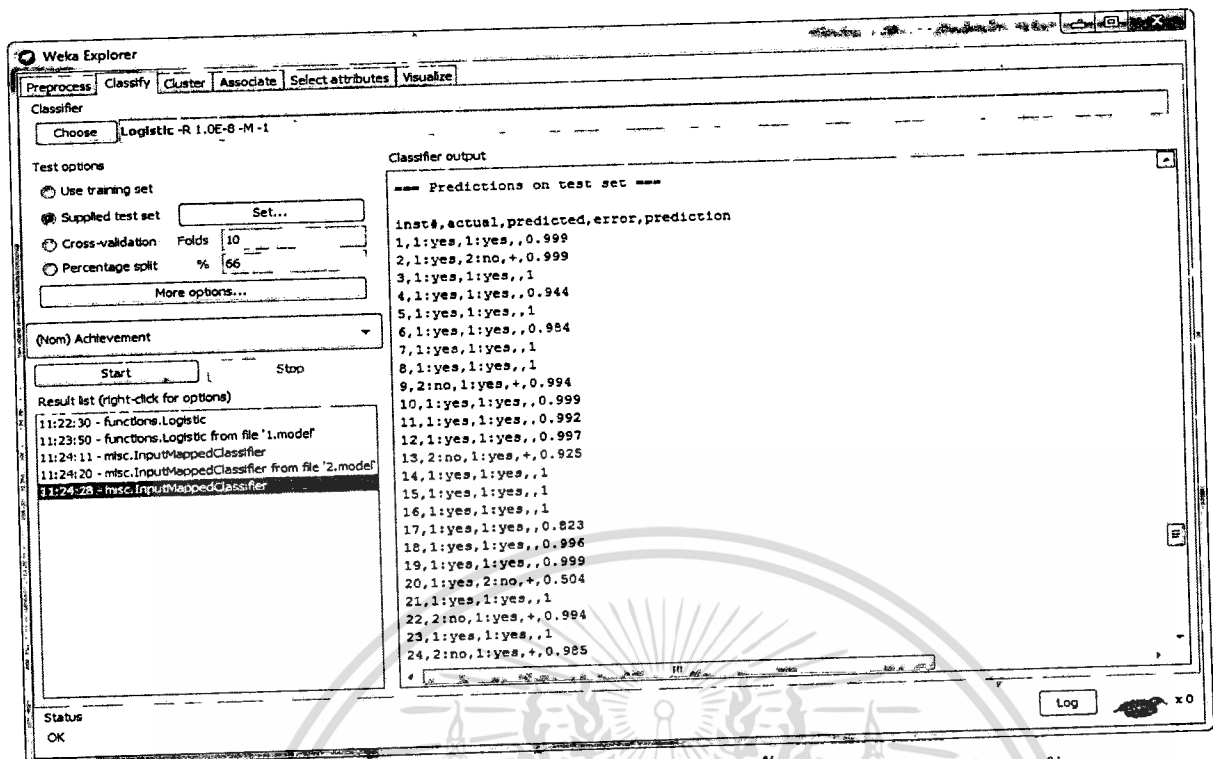
|               | TP Rate | FP Rate | Precision | Recall | F-Measure | ROC Area | Class |
|---------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-------|
|               | 0.777   | 0.722   | 0.904     | 0.777  | 0.836     | 0.582    | yes   |
|               | 0.278   | 0.223   | 0.125     | 0.278  | 0.172     | 0.582    | no    |
| Weighted Avg. | 0.726   | 0.671   | 0.824     | 0.726  | 0.767     | 0.582    |       |

=== Confusion Matrix ===

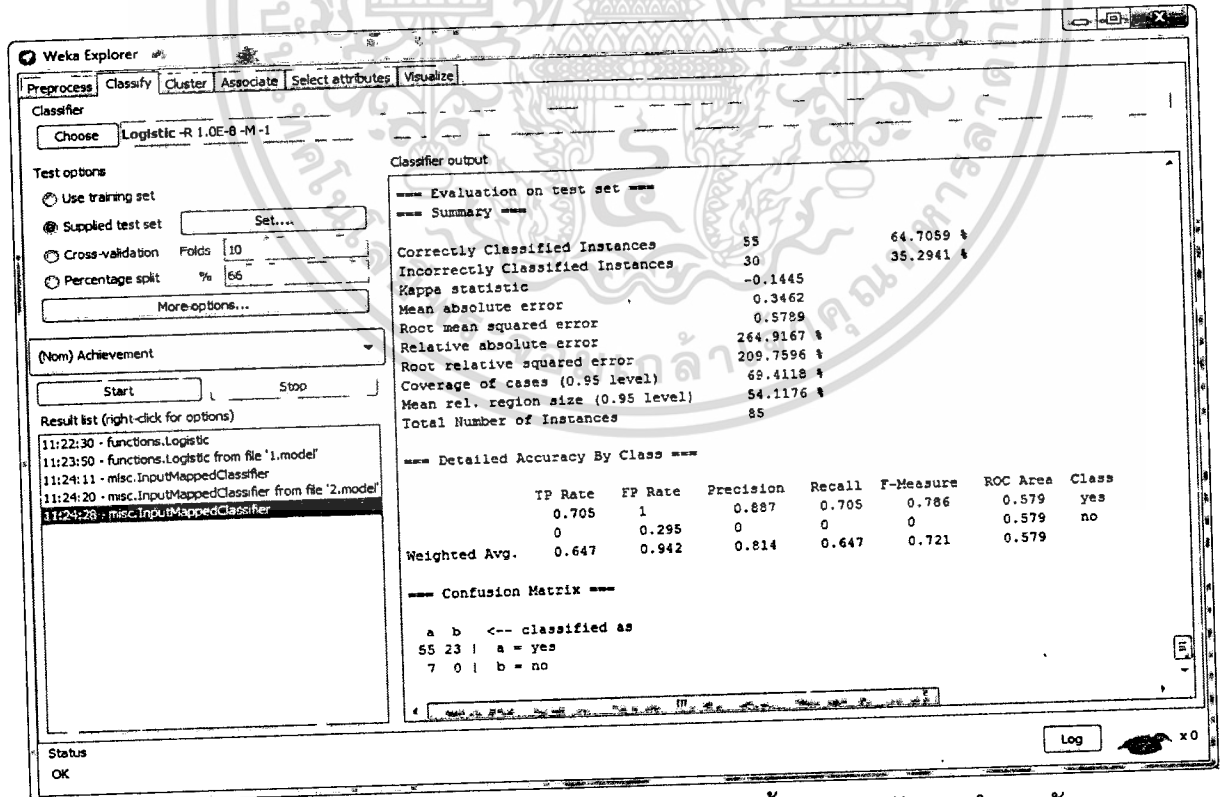
| a   | b  | ←-- classified as |  |
|-----|----|-------------------|--|
| 122 | 35 | a = yes           |  |
| 13  | 5  | b = no            |  |

รูปที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ  
โดยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ  
โดยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม



รูปที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ

โดยวิธีการถดถอยโลจิสติกแบบ 2 กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. วิธีนี้อีฟ เบย์ (Naïve Bayes Method)

**Classifier output**

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      505      83.7479 %
Incorrectly Classified Instances    98      16.2521 %
Kappa statistic                    0.1392
Mean absolute error                 0.2266
Root mean squared error            0.3495
Relative absolute error            210.0595 %
Root relative squared error        151.4857 %
Coverage of cases (0.95 level)     97.8441 %
Mean rel. region size (0.95 level) 79.1874 %
Total Number of Instances          603

=== Detailed Accuracy By Class ===
          TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
          -----  -----  -
          0.865    0.618    0.959    0.265    0.909    0.647    yes
          0.382    0.135    0.144    0.382    0.21    0.647    no
Weighted Avg.   0.837    0.59    0.913    0.837    0.87    0.647

=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
492 77 | a = yes
 21 13 | b = no
  
```

รูปที่ ข-17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแบบ  
โดยวิธีนี้อีฟ เบย์

**Classifier output**

```

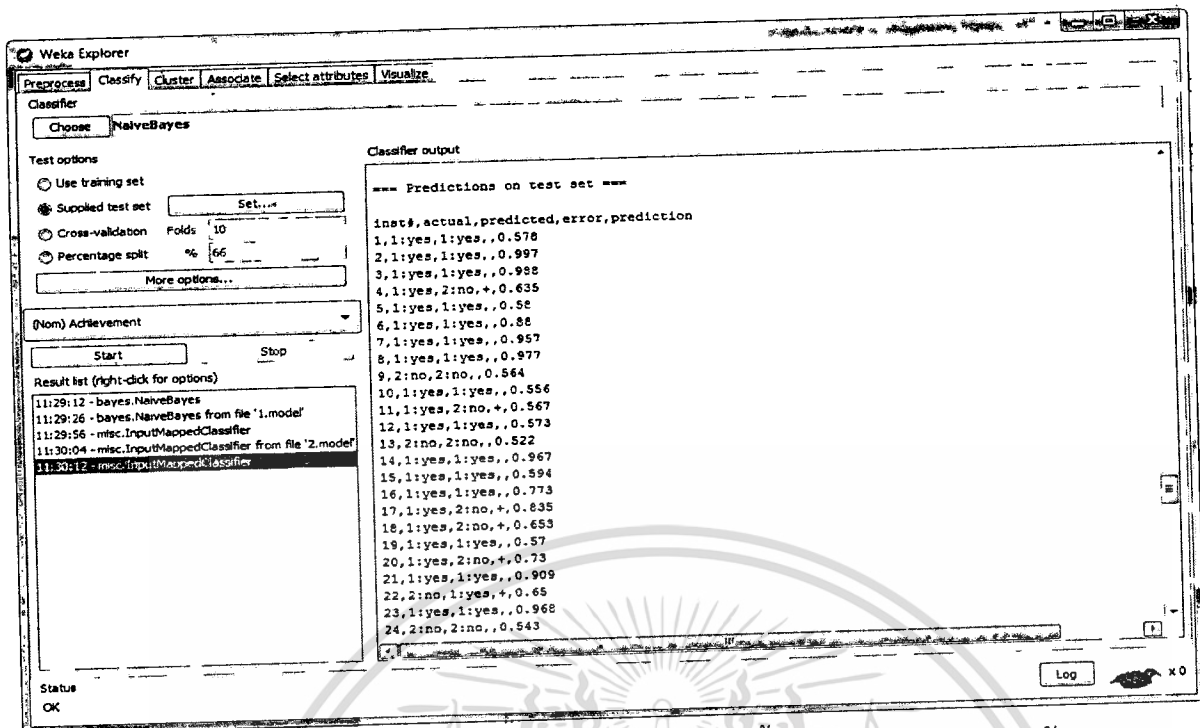
=== Evaluation on test set ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      125      71.4286 %
Incorrectly Classified Instances    50      28.5714 %
Kappa statistic                    0.3162
Mean absolute error                 0.4269
Root mean squared error            212.495 %
Relative absolute error            139.0174 %
Root relative squared error        96.5714 %
Coverage of cases (0.95 level)     82 %
Mean rel. region size (0.95 level) 82 %
Total Number of Instances          175

=== Detailed Accuracy By Class ===
          TP Rate  FP Rate  Precision  Recall  F-Measure  ROC Area  Class
          -----  -----  -
          0.771    0.778    0.896    0.771    0.829    0.491    yes
          0.222    0.229    0.1    0.222    0.138    0.491    no
Weighted Avg.   0.714    0.721    0.814    0.714    0.758    0.491

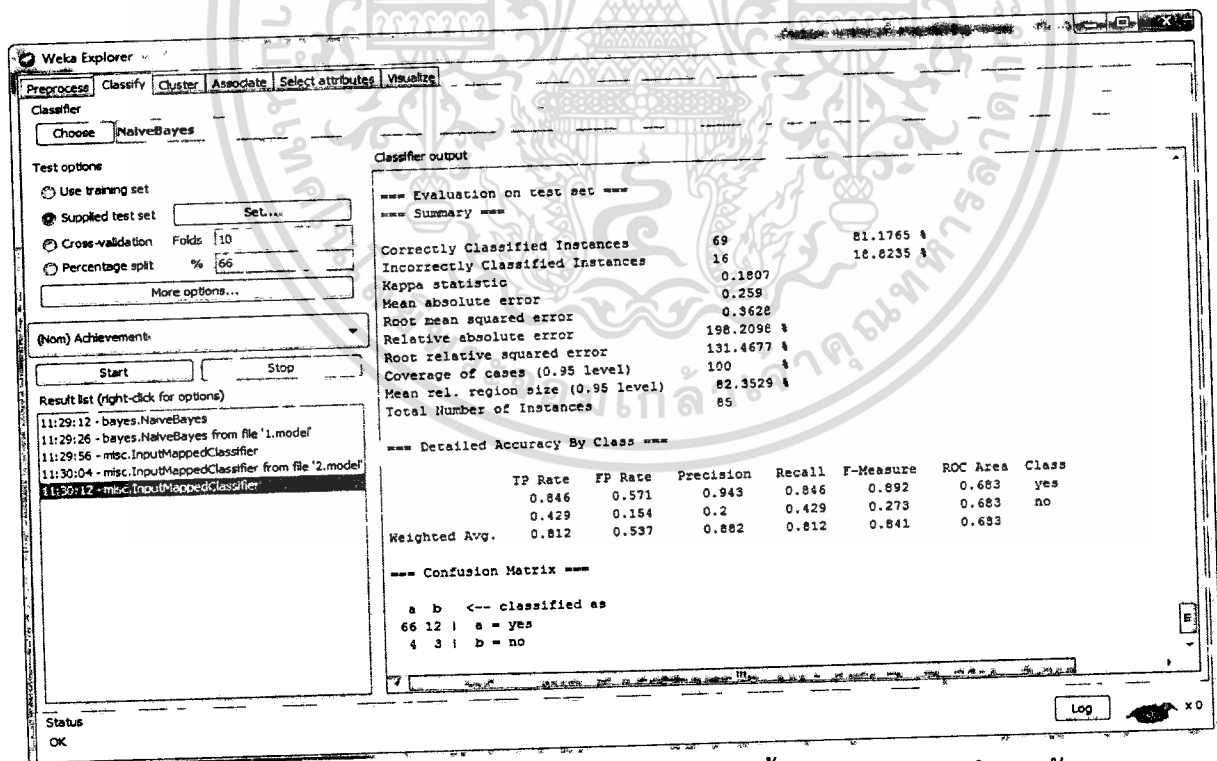
=== Confusion Matrix ===
  a  b  <-- classified as
121 36 | a = yes
 14  4 | b = no
  
```

รูปที่ ข-18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทดสอบตัวแบบ  
โดยวิธีนี้อีฟ เบย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีนาอิว เบย์



รูปที่ ข-20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบ โดยวิธีนาอิว เบย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตัวอย่างที่ 1** การคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าความถ่วงดุล (F-Measure) ของการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูปที่ ข-12

$$\begin{aligned} \text{ค่าความถูกต้อง (Accuracy)} &= \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \\ &= \frac{68+0}{68+0+7+10} \\ &= 0.8000 \text{ หรือ } 80.00\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความแม่นยำ (Precision)} &= \frac{TP}{TP+FP} \\ &= \frac{68}{68+7} \\ &= 0.9070 \text{ หรือ } 90.70\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความระลึก (Recall)} &= \frac{TP}{TP+FN} \\ &= \frac{68}{68+10} \\ &= 0.8720 \text{ หรือ } 87.20\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าความถ่วงดุล (F-Measure)} &= \frac{2 \times (\text{Recall} \times \text{Precision})}{\text{Recall} + \text{Precision}} \\ &= \frac{2 \times (0.8720 \times 0.9070)}{0.8720 + 0.9070} \\ &= 0.8890 \text{ หรือ } 88.90\% \end{aligned}$$

**ตัวอย่างที่ 2** การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ของการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานสำหรับการทำนายตัวแบบโดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

จากรูปที่ ข-11

กำหนดให้ค่า  $y_i = 1$  ได้จากกรณีที่ค่าจริง (actual) ใน class attribute ของข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในระเบียนนั้นตรงกับค่าทำนาย (predicted)

เช่น ระเบียนที่ 2 ค่าจริง (actual) = 1 : yes ค่าทำนาย (predicted) = 1 : yes จะได้  $y_i = y_2 = 1$

กำหนดให้ค่า  $y_i = 0$  ได้จากกรณีที่ค่าจริง (actual) ใน class attribute ของข้อมูลผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานในระเบียนนั้นไม่ตรงกับค่าทำนาย (predicted)

เช่น ระเบียนที่ 3 ค่าจริง (actual) = 1 : yes ค่าทำนาย (predicted) = 2 : no จะได้  $y_i = y_3 = 0$

ระเบียนที่ 9 ค่าจริง (actual) = 2 : no ค่าทำนาย (predicted) = 1 : yes จะได้  $y_i = y_9 = 0$

กำหนดให้ค่า  $\hat{y}_i$  ได้จากค่าการทำนาย (predicted) ซึ่งอยู่ที่คอลัมน์ขวาสุดของระเบียนนั้นในช่อง Classifier output

| ลำดับที่ | $y_i$ | $\hat{y}_i$ | $e_i^2$  |
|----------|-------|-------------|----------|
| 1        | 1     | 1           | 0        |
| 2        | 1     | 1           | 0        |
| 3        | 0     | 1           | 1        |
| 4        | 1     | 1           | 0        |
| 5        | 0     | 0.621       | 0.385641 |
| 6        | 0     | 1           | 1        |
| 7        | 1     | 1           | 0        |
| 8        | 1     | 1           | 0        |
| 9        | 0     | 1           | 1        |
| 10       | 1     | 1           | 0        |
| 11       | 1     | 0.997       | 0.000009 |
| 12       | 1     | 1           | 0        |
| 13       | 0     | 1           | 1        |
| 14       | 1     | 1           | 0        |
| 15       | 1     | 1           | 0        |
| 16       | 1     | 1           | 0        |
| 17       | 0     | 1           | 1        |
| 18       | 1     | 1           | 0        |
| 19       | 1     | 1           | 0        |
| 20       | 1     | 1           | 0        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | $y_i$ | $\hat{y}_i$ | $e_i^2$  |
|----------|-------|-------------|----------|
| 21       | 1     | 0.999       | 0.000001 |
| 22       | 0     | 1           | 1        |
| 23       | 1     | 1           | 0        |
| 24       | 0     | 1           | 1        |
| 25       | 1     | 1           | 0        |
| 26       | 0     | 1           | 1        |
| 27       | 1     | 1           | 0        |
| 28       | 1     | 1           | 0        |
| 29       | 1     | 1           | 0        |
| 30       | 1     | 1           | 0        |
| 31       | 0     | 1           | 1        |
| 32       | 1     | 1           | 0        |
| 33       | 1     | 1           | 0        |
| 34       | 1     | 1           | 0        |
| 35       | 1     | 1           | 0        |
| 36       | 1     | 1           | 0        |
| 37       | 1     | 1           | 0        |
| 38       | 1     | 1           | 0        |
| 39       | 1     | 1           | 0        |
| 40       | 1     | 1           | 0        |
| 41       | 1     | 1           | 0        |
| 42       | 1     | 1           | 0        |
| 43       | 1     | 1           | 0        |
| 44       | 1     | 1           | 0        |
| 45       | 1     | 1           | 0        |
| 46       | 1     | 1           | 0        |
| 47       | 1     | 1           | 0        |
| 48       | 1     | 1           | 0        |
| 49       | 0     | 1           | 1        |
| 50       | 1     | 1           | 0        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | $y_i$ | $\hat{y}_i$ | $e_i^2$  |
|----------|-------|-------------|----------|
| 51       | 1     | 1           | 0        |
| 52       | 1     | 1           | 0        |
| 53       | 1     | 1           | 0        |
| 54       | 1     | 1           | 0        |
| 55       | 1     | 1           | 0        |
| 56       | 1     | 0.993       | 0.000049 |
| 57       | 1     | 1           | 0        |
| 58       | 1     | 1           | 0        |
| 59       | 1     | 1           | 0        |
| 60       | 1     | 1           | 0        |
| 61       | 1     | 1           | 0        |
| 62       | 1     | 1           | 0        |
| 63       | 1     | 0.999       | 0.000001 |
| 64       | 0     | 1           | 1        |
| 65       | 1     | 0.994       | 0.000036 |
| 66       | 0     | 1           | 1        |
| 67       | 1     | 0.996       | 0.000016 |
| 68       | 1     | 1           | 0        |
| 69       | 0     | 1           | 1        |
| 70       | 1     | 1           | 0        |
| 71       | 1     | 1           | 0        |
| 72       | 1     | 0.997       | 0.000009 |
| 73       | 0     | 0.931       | 0.866761 |
| 74       | 1     | 0.969       | 0.000961 |
| 75       | 1     | 1           | 0        |
| 76       | 1     | 1           | 0        |
| 77       | 0     | 0.846       | 0.715716 |
| 78       | 1     | 1           | 0        |
| 79       | 1     | 1           | 0        |
| 80       | 1     | 1           | 0        |
| 81       | 1     | 0.999       | 0.000001 |
| 82       | 1     | 1           | 0        |
| 83       | 0     | 1           | 1        |
| 84       | 1     | 1           | 0        |
| 85       | 1     | 0.954       | 0.002116 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)} &= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \\ &= \frac{15.971317}{85} \\ &= 0.18789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)} &= \sqrt{\text{MSE}} \\ &= \sqrt{0.18789} \\ &= 0.43347 \end{aligned}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- 1) Bill, C. H., Rick, L. W. and Kent, A. W. 1994. Predicting Graduate Student Success : A Comparison of Neural Networks and Traditional Techniques. Computers Ops Res., 21(3), 249-263.
- 2) ชลนิศา สารระ 2550. การจำแนกกลุ่มสถานภาพการสำเร็จการศึกษาโดยแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ. สารนิพนธ์ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- 3) ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์. 2552. การเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลของแบบจำลอง CART, SVM, C5.0 และแบบผสมผสานกัน. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- 4) เกศรินดา สุศรีพ ทองม้วน นาเสียม สิริชัย บุษหมั่น และทินกร คุณาสีทธิ์ 2552. การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อพยากรณ์โอกาสการเกิดปัญหาของนักศึกษากรณีศึกษา นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์. สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น.
- 5) ภัทรพงศ์ พงศ์ภัทรกานต์ 2553. การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสภาพของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้คอมพิวเตอร์แมชชีน. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- 6) วลัยลักษณ์ สุขสมบูรณ์ และสมชาย ปราการเจริญ. 2553. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกประเภทปัญหาสำหรับระบบถามตอบโดยใช้ซอฟต์แวร์เวกเตอร์แมชชีน นาอ็ฟเบย์ และความใกล้เคียงกันมากที่สุด. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- 7) วาทีนี นัยเพียร และคณะ. 2553. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและวิเคราะห์การจำแนกข้อมูลโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน นาอ็ฟเบย์ และเคเนียร์เรสต์เนเบอร์. ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- 8) เดช ธรรมศิริ และพยุ่ง มีสัจ 2554. การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนโดยการปรับพารามิเตอร์และเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- 9) ปรียารัตน์ . นาคสุวรรณ และกิตาการ สายธนู. 2555. การทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสถิติเบื้องต้นของนิสิตปริญญาตรี มหาวิทยาลัยบูรพา ด้วยการวิเคราะห์การจำแนกและข่ายงานระบบประสาท. ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- 10) สัมพันธ์ ชัยภูมิ และสมชาย ปราการเจริญ. 2558. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพและเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิค C4.5, CART และ Neural Network เพื่อการพยากรณ์สาขาวิชาที่มีความเหมาะสมกับผู้สมัครคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- 11) พยูน พาณิชย์กุล. 2548. การพัฒนาระบบดาต้าไมน์นิ่งโดยใช้ Decision Tree. โครงการพัฒนาระบบงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ แขนงวิทยาการสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- 12) Wu, X. and Kumar, V. 2009. The Top Ten Algorithms in Data Mining. University of Minnesota Department of Computer Science and Engineering, Minneapolis, Minnesota : CRC Press.
- 13) รุจิรา ธรรมสมบัติ. 2554. ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกใช้แพคเกจอินเทอร์เน็ตมือถือโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ. สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยราชพฤกษ์.
- 14) Berson, A. and Smith, S. J. 1997. Data Warehousing, Data Mining, and OLAP. New York, John Wiley and Sons.
- 15) กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552. การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. กรุงเทพฯ : บริษัทธรรมสาร จำกัด.

## แบบสอบถาม

## เรื่อง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน  
ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ตอนที่ 1 สถานภาพส่วนตัว

คำสั่ง โปรดกาเครื่องหมาย  ลงในช่อง  ข้างหน้าที่ตรงกับความเป็นจริงของท่าน

1. เพศ

ชาย

หญิง

2. ขณะนี้ท่านอายุ ..... ปี (กรอกเป็นจำนวนเต็ม)

3. ขณะนี้ท่านศึกษาอยู่ชั้นปี

ปีที่ 1

ปีที่ 2

4. คณะที่ท่านสังกัด

1) วิทยาศาสตร์

2) วิศวกรรมศาสตร์

3) เทคโนโลยีการเกษตร

4) อุตสาหกรรมเกษตร

5) ..... (อื่น ๆ โปรดระบุ)

5. สาขาวิชา

1) สาขาคณิตศาสตร์

2) สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม

3) สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม

4) สาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม

5) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ

6) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

7) สาขาสถิติประยุกต์

8) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

9) วิศวกรรมโทรคมนาคม

10) วิศวกรรมการวัดคุม

11) วิศวกรรมอัตโนมัติ

12) วิศวกรรมระบบควบคุม

13) วิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

14) วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

15) วิศวกรรมชีวการแพทย์

16) วิศวกรรมเครื่องกล

17) วิศวกรรมเกษตร

18) วิศวกรรมปิโตรเคมี

19) วิศวกรรมเคมี

20) วิศวกรรมอาหาร

21) วิศวกรรมโยธา

22) วิศวกรรมอุตสาหกรรม

23) วิศวกรรมขนส่งทางราง

24) วิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า

25) ประมง

26) สัตวศาสตร์

27) พัฒนาการเกษตร

28) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร

29) เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม

30) วิศวกรรมแปรรูปอาหาร

31) ..... (อื่น ๆ โปรดระบุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. วิธีผ่านการสอบคัดเลือก

- 1) ระบบแอดมิชชัน
- 2) ระบบโควตา
- 3) ระบบรับตรง

## 7. จังหวัดของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) กรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- 2) ต่างจังหวัด

## 8. ประเภทของโรงเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) เอกชน
- 2) รัฐบาล

## 9. แผนการเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

- 1) วิทยาศาสตร์-คณิต
- 2) ศิลป์-คำนวณ
- 3) อื่น ๆ ..... (โปรดระบุ)

10. จำนวนหน่วยกิตที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป  
..... หน่วยกิต (เช่น 21 หน่วยกิต)

## 11. คะแนนเฉลี่ยสะสมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ..... (เช่น 3.12)

## 12. คะแนน GAT (GAT เชื่อมโยง) ..... คะแนน (คะแนนเต็ม 150 คะแนน)

## 13. คะแนน PAT 1 (คณิตศาสตร์) ..... คะแนน (คะแนนเต็ม 300 คะแนน)

## 14. คะแนน PAT 2 (วิทยาศาสตร์) ..... คะแนน (คะแนนเต็ม 300 คะแนน)

15. คะแนนเฉลี่ยในภาคการศึกษาเดียวกับที่เรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป  
..... (เช่น 2.45)

## 16. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานหรือฟิสิกส์ทั่วไป

- 1) ได้เกรด C, C+, B, B+ และ A (กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียน)
- 2) ได้เกรด W, F, D และ D+ (กลุ่มที่ไม่มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนและกลุ่มเสี่ยง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้