

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250013

การพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

ทิพย์ทิพย์ ทองธรรมชาติ

วิทยานิพนธ์เสนอแนะที่มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของวารสารศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

พฤษภาคม 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

600254694

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250013

การพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล



ทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
พฤษภาคม 2555
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล” ของ ทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร


.....ประธาน
(ดร.จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต)


.....กรรมการ
(ดร.พรรณี สิทธิเดช)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตต์จันทร์ จำปาไชยศรี)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมคิด พรหมจ้อย)

อนุมัติ



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณินิจ ภูพัฒน์วิบูลย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

๑๑ พฤษภาคม 2555

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก ดร.พรรณี สิทธิเดช ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ อีกทั้งความห่วงใย กำลังใจแก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตต์จันทร์ จำปาไชยศรี กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในด้านต่าง ๆ จึงทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.จักรกฤษณ์ เสน่ห์ นมะหุต ประธาน และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมคิด พรหมจ้อย กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และดร.เอกสิทธิ์ เทียมแก้ว กรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือแก้ไข และให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณกองบริการการศึกษาที่กรุณาให้ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ จึงทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ส่งเสริมด้านทุนทรัพย์ คอยห่วงใย และเป็นแรงบันดาลใจให้ทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ

ชื่อเรื่อง	การพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล
ผู้วิจัย	ทิพย์หทัย ทองธรรมชาติ
ประธานที่ปรึกษา	ดร.พรรณี สิทธิเดช
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม., สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2554
คำสำคัญ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพยากรณ์ การทำเหมืองข้อมูล

บทคัดย่อ

250013

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิต การดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษา 1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ 2) เทคนิคการคัดเลือกตัวแปรระหว่างเทคนิคการคัดเลือกชุดตัวแปรแบบอัตราส่วนเกณฑ์ร่วมกับวิธีการค้นหาแบบจัดลำดับเปรียบเทียบกับเทคนิคค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันและสัมประสิทธิ์อันดับ และ 3) พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล 4 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคเคเนียร์เนสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor) เทคนิคเนอีฟเบย์ (Naive Bayes) เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Back-propagation Neural Network)

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ คือ ข้อมูลภูมิหลัง และข้อมูลผลการเรียนรายวิชาที่อยู่ในแผนการเรียน ชั้นปีที่ 1 และ ปีที่ 2 ของนิสิตสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ศึกษาด้วยหลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2548 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จำนวนทั้งสิ้น 489 คน จำแนกเป็นข้อมูลชุดฝึกสอน (Training Data) ซึ่งเป็นผู้สำเร็จการศึกษาประจำปีการศึกษา 2551 – 2552 จำนวน 236 คน ข้อมูลชุดทดสอบ (Testing Data) เป็นผู้สำเร็จการศึกษาประจำปีการศึกษา 2553 จำนวน 126 คน และข้อมูลชุดตรวจสอบ (Validation Data) ซึ่งเป็นผู้สำเร็จการศึกษาประจำปีการศึกษา 2554 จำนวน 127 คน

จากการทดลองพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความแตกต่างกัน ชุดตัวแปรสำคัญที่คัดเลือกโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และสัมประสิทธิ์อันดับเมื่อนำมาใช้จะให้ผลการพยากรณ์สูงกว่าชุดตัวแปรที่ได้จากแบบอัตราส่วนเกณฑ์ร่วมกับวิธีการค้นหา

แบบจัดลำดับ และพบว่า ข้อมูลภูมิหลังไม่อยู่ในตัวแปรสำคัญที่คัดเลือกทั้ง 2 วิธี และในขั้นตอนการพยากรณ์นั้น ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพบว่า เทคนิคเนอ์ฟเบย์และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับให้ค่าความถูกต้องในการพยากรณ์สูงใกล้เคียงกันและสูงกว่าเทคนิคเคเนียร์สเนเบอร์และเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ผู้วิจัยจึงได้นำผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์ร่วมกับผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับที่เป็นประเภทกลุ่มมาแปลงค่าเป็นค่าเกรดแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อเสนอผลการพยากรณ์เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเกรดเฉลี่ย ซึ่งวิธีการนี้สามารถให้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE) ที่ต่ำกว่าการใช้เทคนิคเนอ์ฟเบย์ และเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับเพียงอย่างเดียว เมื่อได้รูปแบบแนวทางการพยากรณ์ที่ดีที่สุดในข้อมูลชุดฝึกสอนแล้ว จึงนำหลักการเดียวกันมาใช้ทดลองกับชุดข้อมูลทดสอบ และชุดตรวจสอบ ได้ผลการพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีสอดคล้องกันกับชุดฝึกสอน

Title	LEARNING ACHIEVEMENT PREDICTION USING DATA MINING TECHNIQUES
Author	Tiphathai Thongthammachart
Advisor	Punnee Sittidech, Ph.D.
Co - Advisor	Assistant Professor Katechan Jampachaisri, Ph.D.
Academic Paper	Thesis M.S. in Computer Science, Naresuan University, 2011
Keywords	Learning Achievement, Prediction, Data Mining

ABSTRACT

250013

This research is to apply data mining techniques to predict learning achievement of students. The study aims 1) to find major factors affecting academic achievement of students in the field of computer science and in the field of information technology 2) to compare the variables selection techniques between Gain Ratio Attribute Evaluators Technique with Ranker and Person Correlation Coefficient with Eta Coefficient, and 3) to apply four data mining techniques; the K-nearest Neighbor, Naïve Bayes, Decision Tree and Back-propagation Neural Network Techniques, to predict the students' achievement.

The data used in this research include the students' background information and studied grades in the first and second years of Bachelor's degree students who studied in Computer Science program and Information Technology program at Faculty of Science, Naresuan University, using the adjusted curriculum of the year 2005. The overall data of 489 records includes 236 records of training data, 126 records of testing data, and 127 records of validation data of students who graduated in the year 2008-2009, graduated in the year 2010, and graduated in the year 2011, respectively.

The experiment results show that the major factors affecting academic achievement of students in the field of computer science and in the field of information technology are different. The significant variables selected by the Person Correlation with Coefficient Eta Coefficient can be used to predict learning achievement with higher

accuracy than Gain Ratio Attribute Evaluators Techniques with Ranker. It is found that the students' background information is not included in the key factors in both techniques. For prediction experiment process among 4 data mining techniques, Naïve Bayes and Back-propagation Neural Network Techniques have comparable accuracies in prediction and higher perform than K-nearest Neighbor and Decision Tree. Finally, we then combined the better two methods' results by transforming learning achievement predicted class into numeric predicted learning achievement and then computed grade point average. This final result has the lowest RMSE (Root Mean Squared Error). The proposed method was applied to the test data set and the validation data set, which have consistent performances compare to the training set's results.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา	2
ขอบเขตของงานวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
การพยากรณ์.....	5
สถิติ	8
การทำเหมืองข้อมูล.....	9
กระบวนการสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (CRISP-DM: Cross Industry Standard Process for Data Mining)	11
เทคนิคเคมีน (K-means)	12
เทคนิคการคัดเลือกตัวแปร (Attribute Selection)	17
การแปลงค่าข้อมูล (Data Transformation).....	20
เทคนิคเคเน็ยเรสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbor: K-NN)	
เทคนิคเนอ์ฟเบย์ (Naïve Bayes)	21
เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)	22
โครงข่ายประสาทเทียม (ANN: Artificial Neural Network)	24
k-fold Cross Validation	39
การวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์.....	40
ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE)	41
การพัฒนาหลักสูตร.....	42

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	46
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
3 วิธีดำเนินการวิจัย	51
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	51
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	51
4 ผลการวิจัย	79
ผลการทดลองที่ 1	79
ผลการทดลองที่ 2	96
5 บทสรุป.....	112
สรุปผลการวิจัย.....	112
อภิปรายผล	113
ข้อเสนอแนะ	114
บรรณานุกรม.....	116
ภาคผนวก.....	120
ประวัติผู้วิจัย.....	150

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงตัวอย่างข้อมูลสำหรับการแบ่งกลุ่มเคมีน.....	13
2 แสดง Confusion Matrix	40
3 แสดงโครงสร้างหลักสูตร ปรับปรุง พ.ศ. 2548 หลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	53
5 แสดงตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2.....	54
6 แสดงตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2.....	55
7 แสดงผลการคำนวณหาความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูลทุกตัวกับจุดศูนย์กลางวัด ระยะทางแบบยูคลิดีเดียน	58
8 แสดงข้อมูลนิสิตที่เรียนในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2	60
9 แสดงข้อมูลนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2	65
10 แสดงข้อมูลภูมิหลังของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2.....	66
11 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน.....	67
12 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ด้วย สัมประสิทธิ์อีต้า	68
13 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศด้วย สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน	68
14 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยสัมประสิทธิ์อีต้า.....	69
15 แสดงข้อมูลผลการเรียนนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	71
16 แสดงการแปลงค่าข้อมูลผลการเรียนนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์	72
17 แสดงข้อมูลนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	73
18 แสดงข้อมูลผลการเรียนนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ช่วงชั้นปีที่ 1 และ 2.....	75
19 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคเคเนียร์โรสเนเบอร์	80

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
20 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์.....	81
21 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ กำหนดอัตราการเรียนรู้ = 0.1	82
22 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ กำหนดอัตราการเรียนรู้ = 0.2	83
23 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ กำหนดอัตราการเรียนรู้ = 0.3	84
24 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ อัตราการเรียนรู้ = 0.1.....	85
25 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ อัตราการเรียนรู้ = 0.2.....	86
26 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ อัตราการเรียนรู้ = 0.3.....	87
27 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ของสองสาขาวิชา จำนวน 4 ตัวแปรต้น.....	88
28 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ.....	89
29 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลชุดฝึกสอน	93
30 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลชุดฝึกสอนที่รวมสาขา.....	94
31 แสดงการเปรียบเทียบการทดสอบประสิทธิภาพของข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูลชุดทดสอบ	95
32 แสดงการเปรียบเทียบค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของข้อมูลชุดฝึกสอนและข้อมูลชุดทดสอบ	95
33 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลชุดตรวจสอบ.....	96
34 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลด้วยเทคนิคเคเนียร์เรสเนเบอร์	97
35 แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลด้วยเทคนิคเนอ์ฟเบย์	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
36 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.1 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	99
37 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	100
38 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.3 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์.....	101
39 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.1 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ.....	102
40 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.2 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ.....	103
41 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ กำหนดอัตราการเรียนรู้จาก 0.3 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ.....	104
42 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ	105
43 แสดงผลทดลองของโมเดลด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ	106
44 แสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลชุดฝึกสอน	109
45 แสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลชุดฝึกสอนที่รวมสาขา	110
46 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของข้อมูลชุดฝึกสอน และข้อมูล ชุดทดสอบ	110
47 แสดงการเปรียบเทียบค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ของข้อมูล	111
48 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบของข้อมูลชุดตรวจสอบ	111

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงรูปแบบกระบวนการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (CPI)	49
1 แสดงกระบวนการค้นหาความรู้	10
2 แสดงขั้นตอนของกระบวนการสำหรับการทำเหมืองข้อมูล	11
3 แสดงการสุ่มข้อมูลเพื่อทำการแบ่งกลุ่มเคมีน	13
4 แสดงระยะทางของข้อมูลกับข้อมูลเริ่มต้นของกลุ่ม	14
5 แสดงข้อมูลที่ได้รับการแบ่งโดยอาศัย K	15
6 แสดงจุดศูนย์กลางของข้อมูลในแต่ละกลุ่มข้อมูล	16
7 แสดงการวัดระยะทางของข้อมูลกับจุดศูนย์กลาง	16
8 แสดงกลุ่มข้อมูลใหม่	16
9 แสดงโครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจ	29
10 แสดงแบบจำลองข่ายประสาทในสมองมนุษย์	25
11 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม	26
12 แสดงแบบจำลองโครงข่ายประสาทในคอมพิวเตอร์	27
13 แสดงฟังก์ชันแบบเชิงเส้น	28
14 แสดงซิกมอยด์ฟังก์ชัน	29
15 แสดงไฮเปอร์โบลิกแทนเจนต์ฟังก์ชัน	29
16 แสดงการเรียนรู้แบบมีผู้สอน	30
17 แสดงการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน	31
18 แสดงสถาปัตยกรรมของ Feedforward Network	31
19 แสดงสถาปัตยกรรมของ Feedback Network	32
20 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น	34
21 แสดงโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ	36
22 แสดงวิธีการแบบ 10-fold Cross Validation	39
23 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
24 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ด้วยเทคนิคการคัดเลือกชุดตัวแปรแบบอัตราส่วนเกณฑ์ร่วมกับวิธีการ ค้นหาแบบจัดลำดับ	62
25 แสดงการคัดเลือกตัวแปรของนิสิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยเทคนิคการคัดเลือกชุดตัวแปรแบบอัตราส่วนเกณฑ์ร่วมกับ วิธีการค้นหาแบบจัดลำดับ	63
26 แสดงขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรด้วยเทคนิคการคัดเลือกชุดตัวแปร แบบอัตราส่วนเกณฑ์ร่วมกับวิธีการค้นหาแบบจัดลำดับ	64
27 แสดงขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปรด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และสัมประสิทธิ์อันดับ	70
28 แสดงใช้ค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกณฑ์สูงสุดเป็นตัวแปรเริ่มต้น	77
29 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 22 ตัวแปรต้น สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์	90
30 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 11 ตัวแปรต้น สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์	90
31 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 22 ตัวแปรต้น สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ	91
32 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 8 ตัวแปรต้น สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ	91
33 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 4 ตัวแปรต้น สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์	92
34 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 4 ตัวแปรต้น สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ	92
35 แสดงต้นไม้ตัดสินใจของสองสาขาวิชา จำนวน 4 ตัวแปรต้น	93
36 แสดงต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 13 ตัวแปรต้น	107
37 แสดงต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 13 ตัวแปรต้น	107
38 แสดงต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 4 ตัวแปรต้น	108
39 แสดงต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 4 ตัวแปรต้น	108
40 แสดงต้นไม้ตัดสินใจ จำนวน 4 ตัวแปรต้น ของสองสาขาวิชา	109