

บทที่ 4

ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองตามขั้นตอนของวิธีดำเนินงานเบื้องต้นแล้ว จะนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาเทคนิคการแบ่งข้อมูล สัดส่วนการแบ่งข้อมูล เทคนิคการจัดกลุ่ม พารามิเตอร์การจัดกลุ่ม พารามิเตอร์การเรียนรู้ เทคนิคการหาค่าความน่าจะเป็น และชุดตัวแปรอินพุต ที่เหมาะสม โดยจะวัดประสิทธิภาพแบบจำลองทำนายเกรดเฉลี่ยสะสมด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยสุด ส่วนแบบจำลองทำนายความน่าจะเป็นจะวัดประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าความเหวี่ยง และคะแนนไบรเออ มีผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลองต่อไปนี้

จากการทดลองก่อนหน้านี้เพื่อหาข้อมูลอินพุตที่เหมาะสมต่อการทำนายผลการสำเร็จการศึกษา มีการทดลองใช้หน่วยกิต คะแนนที่ได้จากการคูณกันของหน่วยกิตกับเกรด และเกรดเฉลี่ย ซึ่งเกรดเฉลี่ยให้ผลการทดลองที่ดีกว่าหน่วยกิตและคะแนน ต่อมาทดลองเกรดเฉลี่ยแบบไม่สะสมกับเกรดเฉลี่ยแบบสะสม เกรดเฉลี่ยไม่สะสมคือ เกรดเฉลี่ยที่ได้รับในแต่ละภาคเรียน ส่วนเกรดเฉลี่ยแบบสะสม คือเกรดเฉลี่ยที่ได้รับตั้งแต่ภาคเรียนที่ 1 จนถึงภาคเรียนปัจจุบัน เกรดเฉลี่ยแบบสะสมให้ผลการทดลองที่ดีกว่าแบบไม่สะสม จากนั้นทดลองเลือกภาคเรียนสุดท้ายที่จะใช้ในการทำนายมีภาคเรียนที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 แต่เมื่อคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับแล้วภาคเรียนที่ 7 และ 8 หรือชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 และ 2 จะมีประโยชน์น้อยกว่าถ้านำมาทำนายชั้นปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 เนื่องจากมีภาคเรียนที่ใกล้เคียงกันและภาคเรียนที่ 3 กับ 6 เป็นภาคเรียนฤดูร้อนของแต่ละชั้นปี จึงตัดออก เนื่องจากนักศึกษาบางส่วนไม่ได้ลงทะเบียนในภาคเรียนนี้ การคัดเลือกนักศึกษาที่สถานะพื้นฐานแตกต่างกัน การพื้นฐานเนื่องจากสาเหตุอื่น เช่น ย้ายสาขาวิชา พื้นฐานเนื่องจากขาดการติดต่อ ลาออก ไม่สามารถวัดได้จากข้อมูลการเรียนที่มี จึงตัดออก และเมื่อนำข้อมูลนักศึกษาทั้งหมดมาทดลองแล้ว ให้ผลการทดลองที่ไม่ดีเมื่อเทียบกับการเลือกใช้เฉพาะพื้นฐานเนื่องจากเกรดเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์และสำเร็จการศึกษากการทดลองกำหนดค่าความน่าจะเป็นเองให้ผลการทดลองที่ไม่ดี การทดลองทำนายกลุ่มเอาท์พุตโดยกำหนดค่าเอาท์พุตเป็นกลุ่ม เช่น เลข 1 แทนพื้นฐาน เลข 2 แทนจบเกินหลักสูตร เลข 3 แทนจบตามหลักสูตร แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการค่าเอาท์พุตเป็นค่าความน่าจะเป็น จึงใช้เทคนิคอื่นเข้ามาช่วย

แต่ค่าความน่าจะเป็นที่ได้ไม่มีการกระจายตัว ต่อมาทดลองโดยที่มีข้อมูลแต่ละภาคเรียนในแต่ละหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชาเป็นหนึ่งระเบียบ แต่ทำให้มีจำนวนข้อมูลหลายระเบียบ จึงใช้เวลาในการประมวลผลมากและผลการทดลองมีความถูกต้องน้อย มีการเพิ่มตัวแปรภาคเรียนเข้าไป แต่ผลการทดลองที่ได้ก็ยังไม่ดีขึ้น จึงกำหนดให้ภาคเรียนหนึ่งเป็นหนึ่งตัวแปรอินพุตและเมื่อแบ่งหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา ชุดตัวแปรอินพุตหนึ่งจะประกอบด้วยหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชาในแต่ละภาคเรียน เช่น แบ่งหมวดหมู่เป็นหมวดหมู่ศึกษาทั่วไป หมวดหมู่เฉพาะ หมวดหมู่เลือกเสรี และใช้ข้อมูลถึงภาคเรียนที่ 4 ชุดตัวแปรอินพุตนี้จะมีตัวแปรอินพุตทั้งหมด 12 ตัวแปรคือ ตัวแปรหมวดหมู่ศึกษาทั่วไปภาคเรียนที่ 1, 2, 3, 4 ตัวแปรหมวดหมู่เฉพาะภาคเรียนที่ 1, 2, 3, 4 ตัวแปรหมวดหมู่เลือกเสรีภาคเรียนที่ 1, 2, 3, 4 เมื่อทดลองแล้วใช้เวลาในการประมวลผลและผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องน้อย จึงแบ่งออกหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชาแยกกัน เป็นหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชานั้นของภาคเรียนที่ 1, 2, 3 และ 4 ทำนายเกรดเฉลี่ยสะสมของหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชานั้นในภาคเรียนที่ 11 หรือชั้นปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 และทำนายความน่าจะเป็นด้วยเทคนิคอื่น

4.1 ผลการทดลองเทคนิคการแบ่งข้อมูลและสัดส่วนการแบ่งข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบ

ผลการเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งข้อมูลระหว่างแบบสุ่มร้อยละที่มีสัดส่วนการแบ่งข้อมูลเรียนรู้ต่อข้อมูลทดสอบ 2 ค่า คือ 80:20 และ 90:10 กับเทคนิคแบบสลับ k กลุ่มที่มี k 2 ค่า คือ k เท่ากับ 5 กลุ่ม มีสัดส่วนข้อมูลเรียนรู้ 4 กลุ่ม ต่อข้อมูลทดสอบ 1 กลุ่ม จึงเทียบเป็น 80:20 และ k เท่ากับ 10 กลุ่ม มีสัดส่วนข้อมูลเรียนรู้ 9 กลุ่ม ต่อข้อมูลทดสอบ 1 กลุ่ม เทียบเป็น 90:10 จากตารางที่ 4.1 เป็นค่า RMSE จากการทดลองซ้ำ 5 รอบสำหรับสัดส่วน 80:20 ส่วน 10 รอบสำหรับสัดส่วน 90:10 พบว่า เทคนิคการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มร้อยละที่มีสัดส่วนข้อมูลเรียนรู้ต่อข้อมูลทดสอบเป็น 90:10 มีค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ RMSE น้อยที่สุด ดังตัวเลขที่มีตัวหนา ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเลือกเทคนิคการแบ่งข้อมูลแบบสุ่มร้อยละที่มีข้อมูลเรียนรู้ร้อยละ 90 ของข้อมูลทั้งหมด และมีข้อมูลทดสอบร้อยละ 10 ของข้อมูลทั้งหมด มีการสุ่มวนซ้ำทั้งหมด 10 รอบ ซึ่งจำนวนข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบสามารถแบ่งได้ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบเทคนิคแบ่งข้อมูลและสัดส่วนข้อมูลเรียนรู้ต่อข้อมูลทดสอบ

เทคนิค	สัดส่วนข้อมูล	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5-fold	80:20	0.00	1.55	0.21	0.18	0.20
10-fold	90:10	0.00	5.94	0.21	0.16	0.44
holdout	80:20	0.00	1.33	0.20	0.17	0.17
holdout	90:10	0.00	1.52	0.19	0.16	0.17

ตารางที่ 4.2 จำนวนข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบในแต่ละชุดทดสอบ

ชุดข้อมูล	ภาคเรียนที่ 4		ภาคเรียนที่ 5	
	ข้อมูลเรียนรู้	ข้อมูลทดสอบ	ข้อมูลเรียนรู้	ข้อมูลทดสอบ
1	291	32	288	31
2	291	32	288	31
3	291	32	288	31
4	291	32	288	31
5	291	32	288	31
6	291	32	288	31
7	291	32	288	31
8	291	32	288	31
9	291	32	288	31
10	291	32	288	31

เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบายและการเข้าใจ จึงมีการแทนค่าตัวแปรอินพุตด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขดังตารางที่ 4.3 ตัวอย่างเช่น หมวดหมู่ศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาโท หมวดหมู่เลือกเสรี แทนด้วย BNE หมายถึง B มาจากหมวดหมู่ศึกษาทั่วไป N มาจากกลุ่มวิชาโท และ E มาจากหมวดหมู่เลือกเสรี

ตารางที่ 4.3 กำหนดตัวแทนหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย

ลำดับ	หมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา	ตัวแทน
1	หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไป	B
2	กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ และกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์	B12
3	กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์	B1
4	กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์	B2
5	กลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร	B3
6	กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	B4
7	กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ และหมวดหมู่วิชาเลือกเสรี	B12E
8	หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาโท และหมวดหมู่วิชาเลือกเสรี	BNE
9	กลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ กลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ กลุ่มวิชาโท และหมวดหมู่เลือกเสรี	B12NE
10	หมวดศึกษาศาสตร์ศึกษาทั่วไป กลุ่มวิชาชีววิทยา กลุ่มวิชาโท และหมวดหมู่เลือกเสรี	BC1NE
11	หมวดหมู่ศึกษาทั่วไป กลุ่มชีววิทยา กลุ่มวิชาสถิติ กลุ่มวิชาโท หมวดหมู่เลือกเสรี	BC15NE
12	กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และกลุ่มวิชาแกน	B4C
13	หมวดวิชาเฉพาะ	S
14	กลุ่มวิชาแกน	C

ตารางที่ 4.3 กำหนดตัวแทนหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา เพื่อให้ง่ายต่อการอธิบาย (ต่อ)

ลำดับ	หมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา	ตัวแทน
15	กลุ่มวิชาชีววิทยา	C1
16	กลุ่มวิชาเคมี	C2
17	กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์	C3
18	กลุ่มวิชาฟิสิกส์	C4
19	กลุ่มวิชาสถิติ	C5
20	กลุ่มวิชาชีววิทยา และกลุ่มวิชาเคมี	C12
21	กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาฟิสิกส์ และกลุ่มวิชาสถิติ	C345
22	กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ และกลุ่มวิชาสถิติ	C35
23	กลุ่มวิชาฟิสิกส์ และกลุ่มวิชาสถิติ	C45
24	กลุ่มวิชาเคมี กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ และกลุ่มวิชาฟิสิกส์	C234
25	กลุ่มวิชาเคมี กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาฟิสิกส์ และกลุ่มวิชาสถิติ	C2345
26	กลุ่มวิชาเอก	M
27	กลุ่มวิชาโท	N
28	หมวดหมู่วิชาเลือกเสรี	E
29	กลุ่มวิชาโท และหมวดหมู่วิชาเลือกเสรี	NE

4.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูล

ผลการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคแบบลบบอกและฟัซซีซีมีน มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่า เทคนิคแบบลบบอกและฟัซซีซีมีน มีค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐานเท่ากัน แต่เทคนิคแบบลบบอกมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดแสดงถึงการกระจายตัวของค่า RMSE ที่น้อยกว่าเทคนิคฟัซซีซีมีน ดังตัวเลขตัวหนา จึงมีผลการทดลองเพิ่มเข้าไปในแต่ละตัวแปรอินพุต ดังตารางที่ 4.5 พบว่า เทคนิคฟัซซีมีนสามารถจัดกลุ่มได้เพียง 19 ตัวแปรจากทั้งหมด 29 ตัวแปร ซึ่งตัวแปรอินพุตที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้จะแสดงด้วยเครื่องหมายขีด (-) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RMSE จากตัวแปรอินพุตที่สามารถจัดกลุ่มได้ มีค่าใกล้เคียงกันกับเทคนิคแบบลบบอก จึงสรุปได้ว่า เทคนิคแบบลบบอกเป็นเทคนิคการจัดกลุ่มที่เหมาะสมกับทุกตัวแปรอินพุต ตัวแปร B12NE ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ทั้ง 2 เทคนิค แต่เมื่อทดลองปรับพารามิเตอร์ radii แล้ว สามารถหาค่า RMSE ได้ จะอธิบายในส่วนต่อไป

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบเทคนิคการจัดกลุ่มข้อมูลระหว่างแบบลบบอกกับฟัซซีซีมีน

เทคนิคการจัดกลุ่ม	ค่าน้อยสุด	ค่ามากที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามัธยฐาน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
แบบลบบอก	0.00	1.34	0.17	0.15	0.17
ฟัซซีซีมีน	0.00	1.95	0.17	0.15	0.19

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบเทคนิคการจัดกลุ่มระหว่างแบบลบออกกับฟิชชีซีนในแต่ละตัวแปรอินพุต

ตัวแปรอินพุต	เทคนิคแบบลบออก	เทคนิคฟิชชีซีน
B	0.104	0.105
B12	0.316	-
B1	0.479	-
B2	0.445	-
B3	0.116	0.113
B4	0.037	0.039
B12E	0.314	-
BNE	0.187	0.177
B12NE	-	-
BC1NE	0.172	0.171
BC15NE	0.159	0.156
B4C	0.219	0.221
S	0.225	0.228
C	0.104	0.097
C1	0.005	0.005
C2	0.147	0.130
C3	0.134	0.128
C4	0.191	-
C5	0.190	-
C12	0.040	0.042
C345	0.222	0.200
C35	0.171	0.169
C45	0.295	-
C234	0.151	0.123
C2345	0.110	0.105
M	0.346	0.344
N	1.278	-
E	0.880	-
NE	1.374	-

4.3 ผลการทดลองการปรับพารามิเตอร์ของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบลบบอก

ผลการเปรียบเทียบการปรับพารามิเตอร์ของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบลบบอก มีการปรับพารามิเตอร์ของเทคนิคการจัดกลุ่มแบบลบบอก 3 พารามิเตอร์ คือ พารามิเตอร์ $radii$ มีค่า 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 พารามิเตอร์ $qushFactor$ มีค่า 1.00, 1.25, 1.50 และพารามิเตอร์ $inputmf$ มีฟังก์ชัน $dsigmf$, $gauss2mf$, $gaussmf$, $gbellmf$, $psigmf$, $sigmf$, smf วัดประสิทธิภาพด้วยค่า RMSE ที่มีค่าน้อยที่สุด ทำการปรับพารามิเตอร์แยกเป็นแต่ละตัวแปร ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 แต่จะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับตัวแปรอินพุตส่วนมาก

จากตารางการทดลองเปรียบเทียบเทคนิคการจัดกลุ่ม ตัวแปร B12NE ไม่สามารถจัดกลุ่ม แต่เมื่อมีการปรับพารามิเตอร์ $radii$ ที่มีค่าน้อยกว่า 0.5 แล้ว สามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้ แสดงว่า ข้อมูลของกลุ่มตัวแปรนี้มีการกระจายตัวหรือมีข้อมูลน้อย จำนวนกลุ่มที่ได้มีน้อยกว่า 2 กลุ่ม จึงไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ แต่เมื่อปรับพารามิเตอร์แล้วทำให้มีจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้น

แต่ละตัวแปรอินพุตมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาที่พารามิเตอร์ $radii$ ในตารางที่ 4.6 พบว่า พารามิเตอร์ที่มีค่า 0.5 กับ 0.6 ของตัวแปร B12NE ไม่สามารถจัดกลุ่ม จึงเลือกพิจารณาเฉพาะค่า 0.3 และ 0.4 พบว่า ตัวแปรอินพุตส่วนมากที่มีค่าพารามิเตอร์ เท่ากับ 0.4 จะมีค่า RMSE น้อยกว่าค่า 0.3 ดังตัวเลขตัวหนาคอลัมน์ที่ 3 จึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ $radii$ เท่ากับ 0.4 เป็นค่าที่เหมาะสมกับทุกตัวแปรอินพุต

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ $qushFactor$ ที่ใช้ลดปัญหาระยะขอบของกลุ่มที่อยู่ใกล้กันในตารางที่ 4.6 พบว่าค่าพารามิเตอร์ 1.50 ไม่สามารถจัดกลุ่มตัวแปร B12NE ได้ จึงพิจารณาเฉพาะค่า 1.00 กับ 1.25 พบว่า ตัวแปรอินพุตส่วนมากที่มีค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 1.25 มีค่า RMSE น้อยกว่าค่า 1.00 ดังตัวเลขตัวหนาคอลัมน์ที่ 7 จึงเลือกค่าพารามิเตอร์ $qushFactor$ เท่ากับ 1.25 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับทุกตัวแปรอินพุต

พารามิเตอร์ $radii$ และพารามิเตอร์ $qushFactor$ จะส่งผลต่อจำนวนกลุ่ม ทำให้เมื่อมีค่าพารามิเตอร์มากจะได้จำนวนกลุ่มน้อยลง แต่ถ้าค่าพารามิเตอร์น้อยจะทำให้มีจำนวนกลุ่มเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าพารามิเตอร์น้อยจึงจัดกลุ่มข้อมูลได้ในตัวแปร B12NE

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ $inputmf$ ที่ใช้เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกด้านอินพุต เพื่อหาค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละกลุ่มของตัวแปรอินพุต มีผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.7 พบว่า ตัวแปรอินพุตส่วนมากที่มีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟังก์ชัน smf จะมีค่า RMSE น้อยที่สุด ดังตัวเลขที่มีตัวหนา

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย RMSE ของการปรับพารามิเตอร์ radii และ qushFactor

ตัวแปร อินพุต	radii				qushFactor		
	0.3	0.4	0.5	0.6	1.00	1.25	1.50
B	0.110	0.106	0.104	0.106	0.112	0.106	0.104
B12	0.743	0.346	0.316	0.314	0.504	0.346	0.390
B1	0.590	0.475	0.479	0.491	0.496	0.475	0.486
B2	0.469	0.448	0.445	0.586	0.462	0.448	0.481
B3	0.130	0.115	0.116	0.117	0.169	0.115	0.117
B4	0.038	0.033	0.037	0.066	0.035	0.033	0.033
B12E	0.317	0.321	0.314	0.401	0.323	0.321	0.324
BNE	0.191	0.185	0.187	0.182	0.185	0.185	0.188
B12NE	0.286	0.291	-	-	0.294	0.291	-
BC1NE	0.181	0.175	0.172	0.172	0.182	0.175	0.173
BC15NE	0.174	0.159	0.159	0.156	0.171	0.159	0.158
B4C	0.241	0.222	0.219	0.217	0.231	0.222	0.218
S	0.241	0.228	0.225	0.226	0.234	0.228	0.223
C	0.118	0.099	0.104	0.094	0.104	0.099	0.095
C1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
C2	0.147	0.174	0.147	0.132	0.150	0.174	0.140
C3	0.146	0.129	0.134	0.127	0.130	0.129	0.130
C4	0.204	0.196	0.191	0.233	0.216	0.196	0.230
C5	0.291	0.297	0.190	0.221	0.252	0.297	0.276
C12	0.042	0.048	0.040	0.062	0.043	0.048	0.039
C345	0.212	0.218	0.222	0.206	0.216	0.218	0.193
C35	0.194	0.185	0.171	0.158	0.180	0.185	0.166
C45	0.290	0.520	0.295	0.266	0.479	0.520	0.424
C234	0.144	0.153	0.151	0.152	0.185	0.153	0.145
C2345	0.110	0.108	0.110	0.115	0.112	0.108	0.106
M	0.374	0.346	0.346	0.327	0.359	0.346	0.336
N	1.259	1.296	1.278	1.227	1.317	1.296	1.296
E	0.649	0.563	0.880	1.248	0.660	0.563	0.606
NE	0.770	1.504	1.374	0.949	1.593	1.504	1.544

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า RMSE ของการปรับพารามิเตอร์ inputmf

ตัวแปร อินพุต	inputmf						
	dsigmf	gauss2mf	gaussmf	gbellmf	psigmf	sigmf	smf
B	0.111	0.106	0.106	0.108	0.110	0.110	0.104
B12	0.529	0.414	0.346	0.331	0.529	0.299	0.285
B1	0.534	0.521	0.475	0.675	0.562	0.461	0.477
B2	0.520	0.580	0.448	0.530	0.519	0.585	0.466
B3	0.126	0.115	0.115	0.121	0.126	0.119	0.124
B4	0.060	0.344	0.033	0.046	0.060	0.045	0.053
B12E	0.328	0.331	0.321	0.321	0.326	0.314	0.298
BNE	0.184	0.184	0.185	0.182	0.184	0.183	0.178
B12NE	0.289	0.284	0.291	0.292	0.289	0.377	0.285
BC1NE	0.174	0.178	0.175	0.181	0.173	0.175	0.175
BC15NE	0.162	0.162	0.159	0.165	0.162	0.162	0.166
B4C	0.235	0.231	0.222	0.227	0.234	0.232	0.227
S	0.235	0.234	0.228	0.233	0.235	0.229	0.230
C	0.096	0.099	0.099	0.100	0.096	0.096	0.097
C1	0.005	0.005	0.005	0.008	0.005	0.005	0.005
C2	0.146	0.170	0.174	0.161	0.146	0.143	0.142
C3	0.131	0.128	0.129	0.130	0.131	0.132	0.131
C4	0.211	0.217	0.196	0.376	0.239	0.194	0.187
C5	0.147	0.159	0.297	0.146	0.148	0.133	0.139
C12	0.041	0.044	0.048	0.040	0.045	0.045	0.048
C345	0.181	0.198	0.218	0.197	0.186	0.202	0.152
C35	0.190	0.220	0.185	0.186	0.189	0.184	0.180
C45	0.420	0.276	0.520	0.406	0.354	0.269	0.243
C234	0.141	0.149	0.153	0.135	0.140	0.141	0.116
C2345	0.114	0.111	0.108	0.111	0.113	0.109	0.104
M	0.358	0.337	0.346	0.351	0.356	0.365	0.341
N	1.212	1.483	1.296	1.259	1.212	1.147	1.243
E	1.030	0.610	0.563	0.808	0.976	0.814	0.740
NE	1.512	0.612	1.504	0.652	1.498	0.640	0.505

4.4 ผลการทดลองปรับพารามิเตอร์การเรียนรู้

ผลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ errorGoal ที่ใช้เป็นค่าเป้าหมายของความผิดพลาด โดยจะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่มีค่า RMSE ที่น้อยที่สุด และเหมาะสมกับทุกตัวแปรอินพุต เมื่อทำการทดลองแล้วได้ผลลัพธ์ตามตารางที่ 4.8

จากการปรับพารามิเตอร์จัดกลุ่มได้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมดังนี้ พารามิเตอร์ radii เท่ากับ 0.4 พารามิเตอร์ qushFactor เท่ากับ 1.25 และพารามิเตอร์ inputmf เป็น smf แต่เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ qushFactor เท่ากับ 1.25 เป็นค่าเริ่มต้นของระบบ จึงเลือกปรับพารามิเตอร์ errorGoal ที่มีแตกต่างกัน 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ปรับพารามิเตอร์ radii เท่ากับ 0.4 ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นเป็นค่าเริ่มต้นของระบบ แบบที่ 2 ปรับพารามิเตอร์ inputmf เป็น smf ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นเป็นค่าเริ่มต้นของระบบ และแบบที่ 3 ปรับพารามิเตอร์ radii เท่ากับ 0.4 และมีพารามิเตอร์ inputmf เป็น smf ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นเป็นค่าเริ่มต้นของระบบ มีผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.8 พบว่า เมื่อพิจารณาการปรับพารามิเตอร์ radii หรือปรับพารามิเตอร์ inputmf ที่มีค่าพารามิเตอร์ errorGoal เท่ากับ 0.10 ส่วนมากจะมีค่า RMSE น้อย

แต่เมื่อดูจำนวนรอบการเรียนรู้จากตารางที่ 4.9 พบว่า ตัวแปรหมวดหมู่ศึกษาทั่วไป (B) ตัวแปรกลุ่มวิชาภาษาและการสื่อสาร (B3) ตัวแปรกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (B4) ตัวแปรวิชาแกน (C) ตัวแปรกลุ่มวิชาชีพวิทยา (C1) ตัวแปรกลุ่มวิชาฟิสิกส์ (C3) ตัวแปรกลุ่มวิชาสถิติ (C5) ตัวแปรกลุ่มวิชาชีพวิทยา กลุ่มวิชาเคมี (C12) ตัวแปรกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาฟิสิกส์ กลุ่มวิชาสถิติ (C345) ตัวแปรกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาสถิติ (C35) ตัวแปรกลุ่มวิชาเคมี กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาฟิสิกส์ (C234) และตัวแปรกลุ่มวิชาเคมี กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มวิชาฟิสิกส์ กลุ่มวิชาสถิติ (C2345) มีจำนวนรอบการเรียนรู้เท่ากับ 1 รอบ แสดงว่า ค่า RMSE ของข้อมูลเรียนรู้ของตัวแปรเหล่านี้มีค่าน้อยกว่า 0.10 ตั้งแต่รอบแรกของการเรียนรู้ ซึ่งยังไม่ได้มีการเรียนรู้เพื่อปรับพารามิเตอร์ ดังนั้นพารามิเตอร์ errorGoal เท่ากับ 0.10 จึงไม่เหมาะสมกับตัวแปรเหล่านี้ เนื่องจากมีค่าสูงเกินไป

ตัวแปร C1 เป็นตัวแปรที่มีค่าความผิดพลาดน้อยมากตั้งแต่รอบแรกของการเรียนรู้ ทุกพารามิเตอร์จึงมีการเรียนรู้เพียง 1 รอบ เนื่องจากตัวแปรนี้ไม่มีการลงทะเบียนเพิ่มหลังจากภาคเรียนที่ 4 จึงทำให้สามารถทำนายได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง ส่งผลให้มีค่า RMSE น้อย ดังนั้นจะตัดตัวแปรนี้ออกจากการพิจารณา

เมื่อพิจารณาที่ตัวแปร B4 จากตารางที่ 4.9 เมื่อพารามิเตอร์ inputmf คือฟังก์ชัน smf ที่มีค่าพารามิเตอร์ errorGoal เท่ากับ 0.01 เพียงค่าเดียวที่มีรอบการเรียนรู้มากกว่า 1 รอบ และค่า RMSE ที่ได้ในแต่ละตัวแปรอินพุตส่วนมากจะมีค่าน้อย จึงสรุปว่า การปรับพารามิเตอร์ inputmf คือฟังก์ชัน smf มีค่าพารามิเตอร์ errorGoal เท่ากับ 0.01 เป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับทุกตัวแปรอินพุต

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ย RMSE ของพารามิเตอร์เป้าหมายความผิดพลาด

ตัวแปร อินพุต	radii = 0.3			inputmf = smf			radii = 0.3 , inputmf = smf		
	0.01	0.05	0.10	0.01	0.05	0.10	0.01	0.05	0.10
B	0.112	0.112	0.106	0.104	0.104	0.104	0.110	0.110	0.107
B12	0.684	0.684	0.684	0.285	0.285	0.285	0.284	0.284	0.284
B1	0.532	0.532	0.532	0.486	0.486	0.486	0.517	0.517	0.517
B2	0.481	0.481	0.481	0.474	0.474	0.474	0.445	0.445	0.445
B3	0.129	0.128	0.128	0.124	0.120	0.120	0.132	0.131	0.131
B4	0.041	0.056	0.056	0.053	0.057	0.057	0.049	0.053	0.053
B12E	0.319	0.319	0.319	0.298	0.298	0.298	0.299	0.299	0.299
BNE	0.199	0.199	0.199	0.179	0.179	0.179	0.194	0.194	0.194
B12NE	0.296	0.296	0.296	0.285	0.285	0.285	0.284	0.284	0.284
BC1NE	0.187	0.187	0.187	0.177	0.177	0.177	0.182	0.182	0.182
BC15NE	0.174	0.174	0.174	0.175	0.175	0.175	0.181	0.181	0.181
B4C	0.270	0.270	0.270	0.234	0.234	0.234	0.235	0.235	0.235
S	0.253	0.253	0.253	0.232	0.232	0.232	0.236	0.236	0.236
C	0.153	0.153	0.090	0.097	0.097	0.095	0.103	0.103	0.095
C1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
C2	0.151	0.151	0.148	0.142	0.142	0.142	0.160	0.160	0.160
C3	0.174	0.174	0.148	0.134	0.134	0.128	0.131	0.131	0.126
C4	0.227	0.227	0.227	0.192	0.192	0.192	0.196	0.196	0.196
C5	0.234	0.285	0.285	0.139	0.152	0.152	0.219	0.188	0.188
C12	0.046	0.041	0.037	0.048	0.044	0.037	0.046	0.047	0.042
C345	0.226	0.226	0.217	0.152	0.152	0.152	0.165	0.165	0.165
C35	0.227	0.227	0.190	0.185	0.185	0.177	0.178	0.178	0.172
C45	0.298	0.298	0.298	0.260	0.260	0.260	0.310	0.310	0.310
C234	0.144	0.144	0.139	0.116	0.116	0.116	0.112	0.112	0.116
C2345	0.120	0.120	0.111	0.107	0.107	0.105	0.115	0.115	0.109
M	0.389	0.389	0.389	0.341	0.341	0.341	0.338	0.338	0.338
N	1.315	1.315	1.315	1.249	1.249	1.249	1.248	1.248	1.248
E	0.610	0.610	0.610	0.859	0.859	0.859	0.803	0.803	0.803
NE	0.791	0.791	0.791	0.514	0.514	0.514	0.614	0.614	0.614

ตารางที่ 4.9 จำนวนรอบการเรียนรู้ของพารามิเตอร์เป้าหมายความผิดพลาด

ตัวแปร อินพุต	radii = 0.3			inputmf = smf			radii = 0.3 , inputmf = smf		
	0.010	0.050	0.100	0.010	0.050	0.100	0.010	0.050	0.100
B	499	499	499	499	499	499	499	499	1
B12	499	499	499	499	499	499	499	499	499
B1	500	500	500	500	500	500	500	500	500
B2	500	500	500	500	500	500	500	500	500
B3	499	499	499	499	499	499	499	1	1
B4	1	1	1	499	1	1	1	1	1
B12E	499	499	499	499	499	499	499	499	499
BNE	499	499	499	499	499	499	499	499	499
B12NE	499	499	499	499	499	499	499	499	499
BC1NE	500	500	500	499	499	499	499	499	499
BC15NE	500	500	500	500	500	500	499	499	499
B4C	499	499	499	499	499	499	499	499	499
S	499	499	499	499	499	499	499	499	499
C	500	500	1	500	500	1	499	499	1
C1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	499	499	499	499	499	499	499	499	499
C3	500	500	500	499	499	499	499	499	1
C4	499	499	499	499	499	499	499	499	499
C5	499	499	499	499	499	499	499	1	1
C12	499	499	1	499	499	1	499	1	1
C345	499	499	499	499	499	499	499	499	1
C35	499	499	499	499	499	499	499	499	1
C45	499	499	499	499	499	499	499	499	499
C234	499	499	1	499	499	1	499	499	1
C2345	499	499	90	499	499	37	499	499	1
M	499	499	499	499	499	499	499	499	499
N	500	500	500	500	500	500	500	500	500
E	500	500	500	500	500	500	500	500	500
NE	500	500	500	500	500	500	500	500	500

4.5 ผลการทดลองภาคเรียนฤดูร้อนและภาคเรียนสุดท้าย

ผลการเปรียบเทียบชุดตัวแปรอินพุตที่มีภาคเรียนฤดูร้อนกับไม่มีภาคเรียนฤดูร้อน และการเปรียบเทียบภาคเรียนที่สุดท้ายของชุดตัวแปรอินพุตระหว่างภาคเรียนที่ 4 กับภาคเรียนที่ 5 จากตารางที่ 4.10 พบว่า ส่วนมากตัวแปรอินพุตที่ใช้ข้อมูลภาคเรียนสุดท้ายเป็นภาคเรียนที่ 5 และไม่มีภาคเรียนฤดูร้อนมีค่า RMSE น้อย แสดงดังตัวหนา

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบภาคเรียนฤดูร้อนและภาคเรียนสุดท้าย

ตัวแปรอินพุต	ภาคเรียนที่ 4		ภาคเรียนที่ 5	
	ไม่มีภาคเรียนฤดูร้อน	มีภาคเรียนฤดูร้อน	ไม่มีภาคเรียนฤดูร้อน	มีภาคเรียนฤดูร้อน
B	0.125	0.134	0.079	0.080
B12	0.355	0.319	0.220	0.246
B1	0.487	0.596	0.471	0.389
B2	0.548	0.457	0.437	0.456
B3	0.202	0.180	0.050	0.064
B4	0.053	0.025	0.077	0.058
B12E	0.314	0.333	0.273	0.272
BNE	0.212	0.206	0.148	0.150
B12NE	0.338	0.366	0.220	0.214
BC1NE	0.201	0.213	0.145	0.150
BC15NE	0.184	0.182	0.181	0.154
B4C	0.264	0.255	0.201	0.215
S	0.263	0.245	0.214	0.204
C	0.096	0.120	0.086	0.088
C2	0.140	0.115	0.156	0.159
C3	0.171	0.158	0.096	0.111
C4	0.212	0.197	0.215	0.142
C5	0.222	0.179	0.111	0.044
C12	0.083	0.077	0.011	0.019
C345	0.160	0.133	0.202	0.114
C35	0.270	0.191	0.140	0.139
C45	0.284	0.406	0.221	0.129
C234	0.119	0.122	0.104	0.120
C2345	0.128	0.114	0.102	0.085

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบภาคเรียนฤดูร้อนและภาคเรียนสุดท้าย (ต่อ)

ตัวแปรอินพุต	ภาคเรียนที่ 4		ภาคเรียนที่ 5	
	ไม่มีภาคเรียนฤดูร้อน	มีภาคเรียนฤดูร้อน	ไม่มีภาคเรียนฤดูร้อน	มีภาคเรียนฤดูร้อน
M	0.381	0.386	0.289	0.308
N	1.251	1.242	1.050	1.454
E	0.618	0.657	0.811	1.351
NE	0.509	0.548	0.525	0.474

4.6 ผลการทดลองแต่ละตัวแปรอินพุต

ผลการทดลองของแต่ละตัวแปรอินพุตที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดจากชุดข้อมูล 10 ชุด พบว่า ตัวแปรกลุ่มวิชาสังคมศาสตร์ (B1) ตัวแปรกลุ่มวิชามนุษยศาสตร์ (B2) ตัวแปรกลุ่มวิชาโท (N) ตัวแปรหมวดหมู่เลือกเสรี (E) และตัวแปรกลุ่มวิชาโท หมวดหมู่เลือกเสรี (NE) มีค่า RMSE สูง ดังตารางที่ 4.11 แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่มาก จึงตัดตัวแปรเหล่านี้ออก

ตารางที่ 4.11 ค่า RMSE ของแต่ละตัวแปรอินพุต

ตัวแปรอินพุต	ข้อมูลเรียนรู้	ข้อมูลทดสอบ	จำนวนรอบการเรียนรู้ที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด
B	0.071	0.059	61
B12	0.257	0.137	2
B1	0.401	0.336	500
B2	0.375	0.244	499
B3	0.047	0.015	103
B4	0.035	0.011	1
B12E	0.267	0.175	2
BNE	0.141	0.115	1
B12NE	0.208	0.164	59
BC1NE	0.120	0.133	223
BC15NE	0.120	0.097	499
B4C	0.186	0.167	58
S	0.185	0.157	131
C	0.071	0.052	57
C2	0.139	0.073	1
C3	0.078	0.035	500
C4	0.171	0.040	1

ตารางที่ 4.11 ค่า RMSE ของแต่ละตัวแปรอินพุต (ต่อ)

ตัวแปรอินพุต	ข้อมูลเรียนรู้	ข้อมูลทดสอบ	จำนวนรอบการเรียนรู้ที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด
C5	0.046	0.011	1
C12	0.021	0.003	68
C345	0.197	0.099	2
C35	0.094	0.076	500
C45	0.139	0.098	1
C234	0.085	0.060	1
C2345	0.091	0.073	1
M	0.267	0.247	1
N	1.086	0.831	500
E	0.462	0.377	500
NE	0.431	0.368	158

4.7 ผลการทดลองตัวแปรอินพุตและรูปแบบกลุ่มเอาต์พุตของการทำนายความน่าจะเป็น

จากผลการทดลองทำนายเกรดเฉลี่ยสะสมด้วยระบบอนุมานนิเวศวิธีแบบปรับตัวได้ เมื่อพิจารณาที่ค่า *RMSE* ของแต่ละตัวแปรอินพุตแล้ว มีตัวแปรอินพุตที่ให้ค่าน้อยอยู่ทั้งหมด 23 ตัวแปร ทำให้ได้ชุดตัวแปรอินพุตทั้งหมด 13 ชุด ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ชุดตัวแปรอินพุตของแบบจำลองทำนายความน่าจะเป็น

ลำดับที่	ชุดตัวแปรอินพุต	ตัวแปรอินพุต
1	6	B12NE, B3, B4, C, M
2	12	BNE, C, M
3	13	BNE, C12, C345, M
4	14	B12NE, B3, B4C, M
5	15	B12NE, B3, B4, C, M
6	18	BC1NE, C234, C5, M
7	19	BC1NE, C2345, M
8	20	BC15NE, C234, M
9	21	B12NE, B3, B4, C12, C3, C45, M
10	22	B12NE, B3, B4, C12, C3, C4, C5, M
11	24	BNE, C12, C3, C45, M
12	25	BC1NE, C2, C345, M
13	26	BC15NE, C2, C3, C4, M

จากตารางที่ 4.12 สามารถอธิบายตัวแทนตัวแปรอินพุตได้ดังตารางที่ 4.2 และชุดตัวแปรอินพุตมาจาก ตารางที่ 3.6 เมื่อได้ชุดตัวแปรอินพุตแล้ว จะนำมาทำนายความน่าจะเป็นด้วย 4 เทคนิค ซึ่งจะใช้ตัวย่อ ภาษาอังกฤษแทนชื่อเทคนิค คือ PRN แทน โครงข่ายรู้จำแบบ MLR แทน การถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม NB แทน ตัวจำแนกเบย์อย่างง่าย และ DT แทน ต้นไม้ตัดสินใจ การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง จะใช้ค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าความเหวี่ยง และค่าคะแนนไบรเออ เพื่อ เปรียบเทียบหาชุดตัวแปรอินพุตที่ดีที่สุด ใน 13 ชุด พบว่า ชุดตัวแปรอินพุตแบบที่ 21 ให้ผลดีที่สุด ต่อมาจะพิจารณารูปแบบเอาต์พุตที่เหมาะสมกับการทำนายผลการสำเร็จการศึกษา

เมื่อพิจารณาที่ค่าความถูกต้องจากตารางที่ 4.13 พบว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าเฉลี่ยของค่าความ ถูกต้องมากกว่าเทคนิคโครงข่ายรู้จำแบบ การถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และตัวจำแนกเบย์อย่างง่าย และเมื่อพิจารณารูปแบบการแบ่งกลุ่มเอาต์พุตแบบที่ 1 ที่มีการแบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบเกิน หลักสูตร และกลุ่มจบตามหลักสูตร มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 89.34 แต่เมื่อมีการแบ่งกลุ่มแบบที่ 2 เป็น กลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบมากกว่าปี 4 และกลุ่มจบปี 4 มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 92.48 ซึ่งมีค่ามากกว่า แบบที่ 1, 3, 4, 5, และ 6

ตารางที่ 4.13 ค่าความถูกต้องชุดตัวแปรอินพุตที่ 21

รูปแบบเอาต์พุต	PRN	MLR	NB	DT	ค่าเฉลี่ย
แบบที่ 1	75.55	72.73	70.53	89.34	77.04
แบบที่ 2	79.62	79.31	74.61	92.48	81.50
แบบที่ 3	72.73	74.92	68.97	90.60	76.80
แบบที่ 4	74.92	74.92	68.97	90.60	77.35
แบบที่ 5	76.18	73.98	67.71	90.28	77.04
แบบที่ 6	73.04	73.98	67.71	90.28	76.25
ค่าเฉลี่ย	75.34	74.97	69.75	90.60	

ต่อมาจะพิจารณาค่าคะแนนไบรเออจากตารางที่ 4.14 พบว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าเฉลี่ยของ คะแนนไบรเออน้อยกว่าเทคนิคโครงข่ายรู้จำแบบ การถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และตัวจำแนกเบย์ อย่างง่ายแสดงดังตัวหนา และเมื่อพิจารณารูปแบบการแบ่งกลุ่มเอาต์พุตแบบที่ 1 ที่มีการแบ่งเป็นกลุ่ม พื้นฐาน กลุ่มจบเกินหลักสูตร และกลุ่มจบตามหลักสูตร มีคะแนนไบรเออมากกว่าทุกรูปแบบ เอาต์พุต แบบที่ 3 และ 4 มีคะแนนไบรเออน้อยที่สุด ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบปี 4 กลุ่มจบปี 5 กลุ่มจบปี 6 กลุ่มจบปี 7 และกลุ่มจบปี 8

ตารางที่ 4.14 คะแนนโปรเอกของชุดตัวแปรอินพุตที่ 21

รูปแบบเอาต์พุต	PRN	MLR	NB	DT	ค่าเฉลี่ย
แบบที่ 1	0.11	0.12	0.14	0.05	0.11
แบบที่ 2	0.10	0.10	0.13	0.04	0.09
แบบที่ 3	0.06	0.06	0.07	0.02	0.05
แบบที่ 4	0.06	0.06	0.07	0.02	0.05
แบบที่ 5	0.09	0.09	0.11	0.04	0.08
แบบที่ 6	0.09	0.09	0.11	0.04	0.08
ค่าเฉลี่ย	0.08	0.08	0.11	0.04	

ต่อมาจะเป็นการวัดประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความเหวี่ยง โดยจะแบ่งเป็น 3 ตาราง มีจำนวนกลุ่มของรูปแบบเอาต์พุตที่เท่ากัน ตารางที่ 4.15 เป็นรูปแบบเอาต์พุตที่ 1 และ 2 มีจำนวนกลุ่ม 3 กลุ่ม แบบที่ 1 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นสภาพ กลุ่มจบเกินหลักสูตร และกลุ่มจบตามหลักสูตร แบบที่ 2 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นสภาพ กลุ่มจบมากกว่าปี 4 และกลุ่มจบปี 4 พบว่า เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าเฉลี่ยของค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความเหวี่ยง มากกว่าเทคนิคโครงข่ายรู้จำแบบ การถดถอยโลจิสติกพหุกลุ่ม และตัวจำแนกแบบอย่างง่ายแสดงดังตัวหนา ในทุกกลุ่มเอาต์พุต เมื่อพิจารณา รูปแบบเอาต์พุตแบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของค่าความแม่นยำ ค่าระลึก และค่าค่าความเหวี่ยง มากกว่าแบบที่ 1

ตารางที่ 4.15 วัดประสิทธิภาพของชุดตัวแปรอินพุตที่ 21 ที่มีเอาต์พุต 3 กลุ่ม

เทคนิค	กลุ่ม	ค่าความแม่นยำ		ค่าความระลึก		ค่าความเหวี่ยง		ค่าเฉลี่ยรวม
		แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 1	แบบที่ 2	
PRN	1	65.22	82.61	100.00	79.17	78.95	80.85	81.13
	2	81.25	56.99	73.03	69.74	76.92	62.72	70.11
	3	70.59	89.66	76.19	83.11	73.28	86.26	79.85
MLR	1	65.22	65.22	75.00	78.95	69.77	71.43	70.93
	2	75.00	60.22	72.29	67.47	73.62	63.64	68.71
	3	71.32	89.66	72.93	83.87	72.12	86.67	79.43
NB	1	78.26	78.26	78.26	81.82	78.26	80.00	79.14
	2	75.63	75.27	69.14	55.56	72.24	63.93	68.63
	3	63.24	73.89	71.07	87.72	66.93	80.21	73.84
DT	1	95.65	91.30	88.00	95.45	91.67	93.33	92.57
	2	91.88	86.02	87.50	87.91	89.63	86.96	88.32
	3	85.29	95.57	92.06	94.17	88.55	94.87	91.75
ค่าเฉลี่ยรวม		76.54	78.72	79.62	80.41	77.66	79.24	

เมื่อพิจารณากลุ่มที่ 2 และ 3 ของเทคนิคคันไม้ตัดดินใจในตารางที่ 4.15 ซึ่งกลุ่มที่ 2 ของแบบที่ 1 แทนด้วยกลุ่มจบเกินหลักสูตร และแบบที่ 2 แทนด้วยกลุ่มจบมากกว่าปี 4 พบว่า ค่าความแม่นยำของแบบที่ 1 มีค่ามากกว่าแบบที่ 2 แต่ค่าความระลึกลับและค่าความเหวี่ยงของแบบที่ 2 มีค่ามากกว่าแบบที่ 1 จากนั้นพิจารณากลุ่มที่ 3 ซึ่งแบบที่ 1 แทนกลุ่มจบตามหลักสูตร ส่วนแบบที่ 2 แทนกลุ่มจบปี 4 พบว่า ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลับ และค่าความเหวี่ยงของแบบที่ 2 มีค่ามากกว่าแบบที่ 1

ตารางที่ 4.16 วัดประสิทธิภาพของชุดตัวแปรอินพุตที่ 21 ที่มีเอาต์พุต 6 กลุ่ม

เทคนิค	กลุ่ม	ค่าความแม่นยำ		ค่าความระลึกลับ		ค่าความเหวี่ยง		ค่าเฉลี่ยรวม
		แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 3	แบบที่ 4	
PRN	1	69.57	78.26	80.00	66.67	74.42	72.00	73.49
	2	90.64	0.00	81.06	0.00	85.58	0.00	42.88
	3	46.38	0.00	44.44	0.00	45.39	0.00	22.70
	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	53.62	0.00	50.68	0.00	52.11	26.07
	6	0.00	90.64	0.00	84.02	0.00	87.20	43.64
MLR	1	82.61	82.61	70.37	70.37	76.00	76.00	76.33
	2	92.12	20.00	81.30	100.00	86.37	33.33	68.86
	3	42.03	20.00	50.88	100.00	46.03	33.33	48.71
	4	14.29	14.29	66.67	66.67	23.53	23.53	34.83
	5	20.00	42.03	100.00	50.88	33.33	46.03	48.71
	6	20.00	92.12	100.00	81.30	33.33	86.37	68.86
NB	1	69.57	69.57	76.19	76.19	72.73	72.73	72.83
	2	75.86	40.00	87.01	50.00	81.05	44.44	63.06
	3	65.22	40.00	40.54	40.00	50.00	40.00	45.96
	4	7.14	7.14	100.00	100.00	13.33	13.33	40.16
	5	40.00	65.22	40.00	40.54	40.00	50.00	45.96
	6	40.00	75.86	50.00	87.01	44.44	81.05	63.06
DT	1	86.96	86.96	90.91	90.91	88.89	88.89	88.92
	2	96.55	80.00	94.23	80.00	95.38	80.00	87.69
	3	81.16	40.00	86.15	100.00	83.58	57.14	74.67
	4	78.57	78.57	64.71	64.71	70.97	70.97	71.42
	5	40.00	81.16	100.00	86.15	57.14	83.58	74.67
	6	80.00	96.55	80.00	94.23	80.00	95.38	87.69
ค่าเฉลี่ยรวม		51.61	52.27	66.02	65.85	53.40	53.64	

ตารางที่ 4.16 เป็นรูปแบบเอทพุตที่ 3 และ 4 มีจำนวนกลุ่ม 6 กลุ่ม แบบที่ 4 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบปี 4 กลุ่มจบปี 5 กลุ่มจบปี 6 กลุ่มจบปี 7 และกลุ่มจบปี 8 ส่วนแบบที่ 5 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบปี 8 กลุ่มจบปี 7 กลุ่มจบปี 6 และกลุ่มจบปี 5 มีผลการทดลองดังนี้ เทคนิคที่สามารถทำนายได้ดีที่สุดคือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบเอทพุตที่ 2 รูปแบบเอทพุตที่ 4 และ 6 มีค่าน้อยกว่ารูปแบบเอทพุตที่ 2

ส่วนตารางที่ 4.17 เป็นรูปแบบเอทพุตที่ 5 และ 6 มีจำนวนกลุ่ม 4 กลุ่ม แบบที่ 5 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบปี 4 กลุ่มจบปี 5 และกลุ่มจบมากกว่าปี 5 แบบที่ 6 แบ่งเป็นกลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบมากกว่าปี 5 กลุ่มจบปี 5 และกลุ่มจบปี 4 แตกต่างกันที่การเรียงลำดับการแทนค่าเอทพุต พบว่ารูปแบบเอทพุตแบบที่ 5 มีค่าเฉลี่ยของค่าแม่นยำ ค่าความระลึก และค่าความเหวี่ยง มากกว่ารูปแบบเอทพุตที่ 6 แสดงดังตัวหนา ส่วนเทคนิคที่มีค่ามากที่สุดคือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ และเมื่อเทียบค่ากับรูปแบบเอทพุตที่ 2 ในตารางที่ 4.15 รูปแบบเอทพุตที่ 2 มีค่ามากกว่ารูปแบบเอทพุตที่ 5 และ 6

ตารางที่ 4.17 วัดประสิทธิภาพของชุดตัวแปรอินพุตที่ 21 ที่มีเอทพุต 4 กลุ่ม

เทคนิค	กลุ่ม	ค่าความแม่นยำ		ค่าความระลึก		ค่าความเหวี่ยง		ค่าเฉลี่ยรวม
		แบบที่ 5	แบบที่ 6	แบบที่ 5	แบบที่ 6	แบบที่ 5	แบบที่ 6	
PRN	1	78.26	73.91	69.23	89.47	73.47	80.95	77.55
	2	91.63	0.00	84.55	0.00	87.94	0.00	44.02
	3	50.72	43.48	53.03	45.45	51.85	44.44	48.16
	4	16.67	91.63	57.14	79.49	25.81	85.13	59.31
MLR	1	69.57	69.57	72.73	72.73	71.11	71.11	71.13
	2	92.12	25.00	80.95	54.55	86.18	34.29	62.18
	3	39.13	39.13	49.09	49.09	43.55	43.55	43.92
	4	25.00	92.12	54.55	80.95	34.29	86.18	62.18
NB	1	78.26	78.26	78.26	78.26	78.26	78.26	78.26
	2	75.86	20.83	86.52	35.71	80.84	26.32	54.35
	3	56.52	56.52	37.50	37.50	45.09	45.09	46.37
	4	20.83	75.86	35.71	86.52	26.32	80.84	54.35
DT	1	78.26	78.26	94.74	94.74	85.71	85.71	86.24
	2	97.54	66.67	92.96	66.67	95.19	66.67	80.95
	3	81.16	82.61	88.89	87.69	84.85	85.07	85.05
	4	66.67	97.04	66.67	93.36	66.67	95.17	80.93
ค่าเฉลี่ยรวม		63.64	61.93	68.91	65.76	64.82	63.05	

เมื่อได้เทคนิคการทำนายค่าความน่าจะเป็นและรูปแบบเอาต์พุตแล้ว จะมีตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นของนักศึกษาแต่ละคนที่ได้มาจากกรณีศึกษาของแต่ละหมวดหมู่หรือกลุ่มวิชา ซึ่งแบ่งตามชุดตัวแปรอินพุตที่ 21 เทคนิคที่ใช้ในการทำนายค่าความน่าจะเป็นคือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ และมีการจัดกลุ่มรูปแบบเอาต์พุตตามแบบที่ 2 คือ กลุ่มพื้นฐาน กลุ่มจบมากกว่าปี 4 และกลุ่มจบปี 4 อยู่ในตารางที่ 4.18 อธิบายได้ว่า นักศึกษาคนที่ 1 มีความน่าจะเป็นที่จะจบปี 4 เท่ากับ 0.95 และมีความน่าจะเป็นที่จะจบมากกว่าปี 4 เท่ากับ 0.05 นักศึกษาคนที่ 5 มีความน่าจะเป็นที่จะพื้นฐานเท่ากับ 0.94 แต่ก็ยังมีความน่าจะเป็นที่จะจบมากกว่าปี 4 เท่ากับ 0.06 และนักศึกษาคนที่ 12 มีความน่าจะเป็นที่จะจบมากกว่าปี 4 เท่ากับ 0.94 ความน่าจะเป็นที่จะพื้นฐานเท่ากับ 0.03 และความน่าจะเป็นที่จะจบปี 4 เท่ากับ 0.03 ซึ่งค่าความน่าจะเป็นมากที่สุดแสดงดังตัวหนา

ตารางที่ 4.18 ตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นของนักศึกษาแต่ละคน โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

นักศึกษา	สถานภาพ	ค่าความน่าจะเป็น		
		พื้นฐาน	จบมากกว่าปี 4	จบปี 4
1	จบปี 4	0.00	0.05	0.95
2	จบมากกว่าปี 4	0.03	0.94	0.03
3	จบมากกว่าปี 4	0.00	1.00	0.00
4	จบปี 4	0.00	0.05	0.95
5	พื้นฐาน	0.94	0.06	0.00
6	จบปี 4	0.00	0.00	1.00
7	จบปี 4	0.00	0.05	0.95
8	จบปี 4	0.00	0.40	0.60
9	จบมากกว่าปี 4	0.03	0.94	0.03
10	จบมากกว่าปี 4	0.03	0.94	0.03
11	จบมากกว่าปี 4	0.00	1.00	0.00
12	จบมากกว่าปี 4	0.03	0.94	0.03
13	จบมากกว่าปี 4	0.00	0.78	0.22
14	จบปี 4	0.00	0.05	0.95
15	จบปี 4	0.00	0.40	0.60

ช่วงความเชื่อมั่นของค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการทำนาย มีผลการทดลองดังตารางที่ 4.19 พบว่า เมื่อพิจารณาที่มีสถานภาพอยู่กลุ่มพื้นฐาน จะทำนายว่า มีค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มพื้นฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 ช่วงค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.77 ถึง 0.98 ค่าความน่าจะเป็นที่จะอยู่กลุ่มจบมากกว่าปี 4 เฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ช่วงค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 0.05 ค่าความน่าจะเป็นที่จะอยู่กลุ่มจบปี 4

เฉลี่ยและช่วงค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0 ต่อมาเมื่อพิจารณาที่มีสถานภาพอยู่กลุ่มจบมากกว่าปี 4 จะทำนายว่ามีค่าความน่าจะเป็นจะอยู่กลุ่มพ้นสภาพเฉลี่ย 0.11 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.02 ถึง 0.20 ค่าความน่าจะเป็นที่อยู่กลุ่มจบมากกว่าปี 4 เฉลี่ย 0.80 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.74 ถึง 0.86 และค่าความน่าจะเป็นที่อยู่กลุ่มจบปี 4 เฉลี่ย 0.08 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.06 ถึง 0.10 สรุปท้ายเป็นการพิจารณาเมื่ออยู่ในสถานภาพกลุ่มจบปี 4 จะมีการทำนายค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มพ้นสภาพเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.00 ถึง 0.05 ค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มจบมากกว่าปี 4 เฉลี่ยเท่ากับ 0.17 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.12 ถึง 0.23 และค่าความน่าจะเป็นของกลุ่มจบปี 4 เฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ช่วงค่าความเชื่อมั่นระหว่าง 0.89 ถึง 0.94 จะเห็นว่า ค่าความน่าจะเป็นเฉลี่ยของกลุ่มพ้นสภาพในสถานภาพกลุ่มจบมากกว่าปี 4 จะมีค่ามากกว่ากลุ่มจบปี 4 และค่าความน่าจะเป็นเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มที่อยู่ในสถานภาพนั้นจะมีค่ามากกว่ากลุ่มอื่น

ตารางที่ 4.19 ช่วงค่าความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยจากค่าความน่าจะเป็นที่มีเอาต์พุตแบบที่ 2

กลุ่มเอาต์พุต	กลุ่มพ้นสภาพ			กลุ่มจบมากกว่าปี 4			กลุ่มจบปี 4		
	ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าความเชื่อมั่น		ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าความเชื่อมั่น		ค่าเฉลี่ย	ช่วงค่าความเชื่อมั่น	
		ขอบล่าง	ขอบบน		ขอบล่าง	ขอบบน		ขอบล่าง	ขอบบน
กลุ่มพ้นสภาพ	0.88	0.77	0.98	0.03	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
กลุ่มจบมากกว่าปี 4	0.11	0.02	0.20	0.80	0.74	0.86	0.08	0.06	0.10
กลุ่มจบปี 4	0.02	0.00	0.05	0.17	0.12	0.23	0.92	0.89	0.94