

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้ จะเน้นที่การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพรีเรค-
วิจิตโมเดล เนื่องจากในส่วนของแผนที่มโนทัศน์นั้น เป็นการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ซึ่งการวิเคราะห์นั้นเป็นเพียงการนำผลที่ได้จาก การวิจารณ์หรือแนะนำในบางประเด็นใน
แผนที่มโนทัศน์ และผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขปรับปรุงจนได้แผนที่มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ซึ่ง
รายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยละเอียดแล้ว ดังนั้นในการวิเคราะห์
ข้อมูลในบทที่ 4 จึงเป็นการรายงานผลการวิเคราะห์พรีเรควิจิตโมเดลทั้งหมด ในการนำ
เสนอผลการวิเคราะห์นั้น จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สถานภาพทั่วไปของนักศึกษา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การสอบกลางภาค

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์การสอบปลายภาค

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบวัดความรู้พื้นฐาน

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์พรีเรควิจิตโมเดล ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ประเด็นดังนี้

5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและความสัมพันธ์ของตัวแปร

5.2 การปรับโมเดล

5.3 อิทธิพลของตัวแปร

5.4 การแยกส่วนของความสัมพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์สถานภาพทั่วไปของนักศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้เปิดสอนหลักสูตรสาขาวิศวกรรมศาสตร์ทั้งหมด 6 สาขา มีการรับนักศึกษาเข้าศึกษาต่อใน 2 ลักษณะ คือ ผ่านการสอบของทบวงมหาวิทยาลัย สำหรับผู้สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.6) และสอบผ่านที่สถาบันโดยตรง สำหรับผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)สำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ นั้น เมื่อตัดจำนวนนักศึกษาที่ถอนวิชานี้ออกไปแล้ว จะเหลือนักศึกษาทั้งหมด 384 คนโดยมีรายละเอียดจำนวนนักศึกษาแต่ละสาขา ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนนักศึกษานในแต่ละสาขา

สาขา	พื้นฐานการศึกษา		รวม	ร้อยละ
	ม.6	ปวช.		
วิศวกรรมเครื่องกล	31	65	96	25
วิศวกรรมไฟฟ้า	37	95	132	34.4
วิศวกรรมการผลิต	-	60	60	15.6
วิศวกรรมเคมี	14	13	27	7
วิศวกรรมโยธา	23	20	43	11.2
วิศวกรรมอุตสาหการ	-	26	26	6.8
รวม	105	279	384	100
ร้อยละ	27.3	72.7	100	

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า นักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง มีจำนวนทั้งสิ้น 384 คน นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าซึ่งมีจำนวน 132 คนคิดเป็น ร้อยละ 34.4 รองลงมาเป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องกล

จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 25 สำหรับสาขาที่น้อยที่สุดได้แก่สาขาวิศวกรรมเคมี ซึ่งมีเพียง 27 คน คิดเป็นร้อยละ 7 สำหรับในด้านพื้นฐานการศึกษา นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาที่มีพื้นฐานการศึกษาจาก ปวช. ซึ่งมีจำนวนถึง 279 คน คิดเป็นร้อยละ 72.7 และมีพื้นฐานการศึกษาในระดับ ม.6 เพียง 105 คน คิดเป็นร้อยละ 27.3

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบกลางภาค

ในการสอบกลางภาค มีข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็มเท่ากันคือ 10 คะแนนจากผลการสอบได้ผลการวิเคราะห์ ความถี่และค่าร้อยละของจำนวนคนที่สอบได้ในแต่ละระดับคะแนนของแต่ละข้อ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละข้อ ดังแสดงในตารางที่ 9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อสอบกลางภาค

คะแนน ที่ได้	ข้อที่																			
	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ
0	46	11.8	70	17.9	32	8.2	17	4.4	201	51.5	182	46.7	66	16.9	47	12.1	46	11.8	72	18.5
1	2	0.5	13	3.3	2	0.5	24	6.2	12	3.1	44	11.3	32	8.2	18	4.6	3	0.8	16	4.1
2	38	9.7	27	6.9	20	5.1	45	11.5	10	2.6	45	11.5	27	6.9	53	13.6	40	10.3	33	8.5
3	42	10.8	22	5.6	26	6.7	47	12.1	7	1.8	42	10.8	42	10.8	57	14.6	62	15.9	26	6.7
4	21	5.4	16	4.1	20	5.1	53	13.6	3	0.8	18	4.6	39	10	41	10.5	95	24.4	32	8.2
5	54	13.8	48	12.3	27	6.9	52	13.3	6	1.5	5	1.3	49	12.6	38	9.7	45	11.5	17	4.4
6	58	14.9	32	8.2	39	10.0	43	11.0	12	3.1	4	1	43	11.0	52	13.3	40	10.3	21	5.4
7	1	0.3	2	0.5	82	21.0	41	10.5	15	3.8	4	1	14	3.6	29	7.4	9	2.3	24	6.2
8	47	12.1	11	2.8	16	4.1	28	7.2	14	3.6	5	1.3	47	12.1	35	9.0	11	2.8	25	6.4
9	3	0.8	-	-	23	5.9	21	5.4	2	0.5	11	2.8	8	2.1	14	3.6	5	1.3	27	6.9
10	78	20.0	149	38.2	103	26.4	19	4.9	108	27.7	30	7.7	23	5.9	6	1.5	34	8.7	97	24.9
รวม	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100
\bar{X}	5.37		5.70		6.43		4.81		3.80		2.17		4.22		4.18		4.23		5.33	
S.D.	3.26		3.92		3.12		2.64		4.45		3.09		3.04		2.69		2.68		3.81	

จากตารางที่ 9 พบว่าข้อที่ 6 เป็นข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.17 รองลงมาจะเป็นข้อที่ 5 ค่าเฉลี่ย 3.80 สำหรับข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ข้อที่ 3 เท่ากับ 6.43 โดยสรุปแล้ว ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง มีข้อสอบค่อนข้างยากอยู่ 2 ข้อ คือ ข้อ 5, 6 เนื่องจากค่าเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ สำหรับการกระจายของข้อมูล ข้อที่มีการกระจายมากที่สุด คือ ข้อ 2 มีค่า S.D. เท่ากับ 3.92 รองลงมาได้แก่ ข้อ 10 มีค่า S.D. เท่ากับ 3.81 สำหรับข้อที่มีการกระจายน้อยที่สุด คือ ข้อ 4 มีค่า S.D. เท่ากับ 2.64

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบปลายภาค

ในการสอบปลายภาคมีข้อสอบทั้งหมด 10 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็มเท่ากัน คือ 10 คะแนนจากผลการสอบได้ผลการวิเคราะห์ ค่าความถี่และค่าร้อยละของจำนวนคนที่ตอบได้ในแต่ละระดับคะแนนของแต่ละข้อ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละข้อ ดังแสดงในตารางที่ 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ ความดี ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ข้อสอบปลายภาค

คะแนน ที่ได้	ข้อที่																			
	ข้อที่ 1		ข้อที่ 2		ข้อที่ 3		ข้อที่ 4		ข้อที่ 5		ข้อที่ 6		ข้อที่ 7		ข้อที่ 8		ข้อที่ 9		ข้อที่ 10	
	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ	จำนวนคน	ร้อยละ
0	77	19.7	85	21.8	56	14.4	101	25.9	118	2.7	219	56.2	181	41.4	44	11.3	75	19.2	70	1.6
1	28	7.2	25	6.4	14	3.6	2	0.5	36	8.2	18	4.6	31	7.1	14	3.6	10	2.6	7	1.6
2	70	17.9	33	8.5	23	5.9	6	1.5	28	6.4	22	5.6	60	13.7	62	15.9	87	22.3	96	2.2
3	27	6.9	33	8.5	29	7.5	16	4.1	25	5.7	15	3.8	2	0.5	10	2.6	2	0.5	30	6.9
4	35	9.0	41	10.5	24	6.2	21	5.4	13	3.0	20	5.1	9	2.1	49	12.6	11	2.8	29	6.6
5	16	4.1	10.5	9.0	22	5.7	11	2.8	3	0.7	10	2.6	12	2.7	31	7.9	18	4.6	20	4.6
6	44	11.3	33	8.5	41	10.6	46	11.8	34	7.8	22	5.6	12	2.7	32	8.2	29	7.4	21	4.8
7	22	5.6	25	6.4	25	6.4	7	1.8	7	1.6	3	8	-	-	-	-	-	-	16	3.7
8	61	15.6	20	5.1	54	13.9	15	3.8	30	6.9	38	9.7	7	1.6	20	5.1	21	5.4	29	6.6
9	4	1.0	8	2.1	10	2.6	12	3.1	8	1.8	6	1.5	-	-	-	-	-	-	19	4.3
10	6	1.5	52	13.3	92	23.7	153	39.2	88	20.1	17	4.4	76	17.4	128	32.8	136	34.9	53	12.1
รวม	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100	390	100
X	3.77		4.24		5.68		5.86		4.31		2.35		2.93		5.52		5.45		4.29	
S.D.	2.98		3.41		3.55		4.13		4.04		3.29		3.89		3.68		6.33		3.46	

จากตารางที่ 10 พบว่า ข้อ 6 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.35 รองลงมา คือ ข้อ 7 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 สำหรับข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ข้อที่ 4 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 5.86 โดยภาพรวมค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับปานกลาง จะมีข้อที่จัดว่ายากคือ ข้อ 6 ข้อ 7 และข้อ 1 สำหรับข้อที่มีการกระจายมากที่สุดคือ ข้อ 9 มีค่า S.D. เท่ากับ 6.33 ส่วนข้ออื่น ๆ มีการกระจายที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกันโดยมี ข้อ 10 มีการกระจายน้อยที่สุด มีค่าส่วนเบี่ยงมาตรฐาน เท่ากับ 2.98

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบวัดความรู้พื้นฐาน

ในการสอบวัดความรู้พื้นฐานมีข้อสอบทั้งหมด 25 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็มเท่ากันคือ 1 คะแนน เนื่องจากข้อสอบมีหลายข้อ ผู้วิจัยจึงทำการจัดกลุ่มของข้อสอบทั้ง 25 ข้อออกเป็นออกเป็น 7 กลุ่ม ตามลักษณะของตัวแปรโนโมเทค จากผลการสอบได้ทำการวิเคราะห์ หาค่าความถี่ และค่าร้อยละของจำนวนคนที่สอบได้ในแต่ละระดับคะแนนของแต่ละกลุ่มเนื้อหา พร้อมทั้งค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแต่ละกลุ่มเนื้อหาด้วย ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 11

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ของข้อสอบวัดความรู้พื้นฐานแต่ละกลุ่มเนื้อหา

คะแนน	เรขาคณิต		ลิมิต		อนุพันธ์		ประยุกต์		การอินทิเกรต		ประยุกต์		คำตอบสมการฯ	
	วิเคราะห์		ความต่อเนื่อง		ของฟังก์ชัน		อนุพันธ์		การอินทิเกรต		อินทิเกรต		สมการฯ	
	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ	จำนวน คน	ร้อยละ
0	28	7.3	11	2.5	23	6.0	8.4	21.9	3	0.8	3	0.8	266	69.3
1	104	27.1	63	14.4	73	19.0	178	46.4	15	3.9	23	6.0	118	30.7
2	120	31.3	164	37.5	169	44.0	122	31.8	55	14.3	47	12.2	-	-
3	95	24.7	146	33.4	119	31.0	-	-	96	25.0	81	21.2	-	-
4	37	9.6	-	-	-	-	-	-	106	27.6	115	29.9	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	69	18.0	115	30.0	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	33	8.6	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1.8	-	-	-	-
รวม	384	100	384	100	384	100	384	100	384	100	384	100	384	100
X	2.02		2.16		2.00		1.10		3.72		3.64		0.310	
S.D.	1.09		0.80		0.86		0.73		1.38		1.24		0.46	

หมายเหตุ

เรขาคณิตวิเคราะห์	มีทั้งหมด	4 ข้อ	รวม	4	คะแนน
ลิมิตและความต่อเนื่อง	มีทั้งหมด	3 ข้อ	รวม	3	คะแนน
อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	มีทั้งหมด	3 ข้อ	รวม	3	คะแนน
การประยุกต์ของอนุพันธ์	มีทั้งหมด	2 ข้อ	รวม	2	คะแนน
การอินทิเกรต	มีทั้งหมด	7 ข้อ	รวม	7	คะแนน
การประยุกต์ของการอินทิเกรต	มีทั้งหมด	5 ข้อ	รวม	5	คะแนน
การคำตอบสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น	มีทั้งหมด	1 ข้อ	รวม	1	คะแนน

จากตารางที่ 11 พบว่า กลุ่มเนื้อหาที่นักศึกษาทำคะแนนได้ต่ำกว่าครึ่งของคะแนน ได้แก่ เกี่ยวกับการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ส่วนหัวข้ออื่น ๆ จะมีความเฉลี่ยเกินครึ่งของคะแนนเต็มในแต่ละกลุ่มเนื้อหา

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์พรีวิคิวชิทโมเดล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะใช้สัญลักษณ์ของตัวแปร ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การกำหนดชื่อและสัญลักษณ์ของตัวแปร

ชื่อตัวแปร	สัญลักษณ์ของตัวแปร
เรขาคณิตวิเคราะห์	Anal หรือ X_1
ลิมิต-ความต่อเนื่อง	Limit หรือ X_2
อนุพันธ์ของฟังก์ชัน	Diff หรือ Y_1
การประยุกต์ของอนุพันธ์	Appdiff หรือ Y_2
การอินทิเกรต	Int หรือ Y_3
การประยุกต์ของการอินทิเกรต	Appint หรือ Y_4
การหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น	Soln หรือ Y_5

5.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต เวกคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความเข้มพันธ์ ของตัวแปร

จากการสอบทั้ง 3 ครั้ง ในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย มีคะแนนเต็มครั้งละ 100 คะแนน ส่วนในการสอบวัดความรู้พื้นฐานในครั้งที่ 3 นั้นเป็นข้อสอบปรนัย คะแนนเต็ม 25 คะแนน ผู้วิจัยได้กำหนดสัดส่วนร้อยละของคะแนนดังนี้ ส่วนที่เป็นข้อสอบ

อัตราเท่ากับร้อยละ 75 และข้อสอบปรนัยร้อยละ 25 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการแปลงคะแนนในการสอบกลางภาคและปลายภาค โดยการนำ $0.375 (75/200)$ ไปคูณคะแนนแต่ละข้อของนักศึกษาทุกคนเพื่อปรับคะแนนเต็มให้เป็น 75 คะแนน (จากเดิมคะแนนเต็ม 200 คะแนน) ส่วนข้อสอบวัดความรู้พื้นฐานไม่ต้องปรับเพราะคะแนนเต็ม 25 คะแนนพอดีแล้ว ดังนั้นคะแนนในการสอบของแต่ละคนทั้ง 3 ครั้งจะมีคะแนนเต็ม 100 คะแนนพอดี หลังจากนั้นผู้วิจัย จึงได้ทำการแยกคะแนนของแต่ละคนออกเป็นกลุ่มเนื้อหาทั้งหมด 7 กลุ่มตามโมเดลซึ่งมี 7 ตัวแปร ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการสอบทั้ง 3 ครั้งจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ได้ค่าสถิติพื้นฐาน ดังแสดงในตารางที่ 13 และตารางที่ 14

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปรในโมเดล

ตัวแปร	สัดส่วนร้อยละของคะแนน (โดยประมาณ)	\bar{X}	S.D.
Anal	11	4.63	1.98
Funt	18	5.05	2.02
Diff	10	5.63	1.92
Appdiff	25	8.54	3.89
Int	21	8.50	3.42
Appint	20	10.18	4.57
Soln	5	2.21	1.31
รวม	100		

จากตารางที่ 13 เมื่อแยกเนื้อหาออกเป็น 7 กลุ่ม จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ การประยุกต์ของอนุพันธ์ (Appdiff) รองลงมาตามลำดับ คือ การอินทิเกรต (Int) การประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) ทิมาต-ความต่อเนื่องของ ฟังก์ชัน (Funt) เรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) และ การหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Soln) สำหรับกลุ่มเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ยเกินครึ่งหนึ่งของ คะแนนเต็มมีอยู่ 3 กลุ่มคือ ทิมาต-ความต่อเนื่อง การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและการประยุกต์ ของการอินทิเกรต นอกนั้นมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดล

	Anal	Funt	Diff	Appdiff	Int	Appint	Soln
Anal	1						
Funt	0.45**	1					
Diff	0.37**	0.38**	1				
Appdiff	0.41**	0.54**	0.43**	1			
Int	0.41**	0.51**	0.39**	0.45**	1		
Appint	0.43*	0.52*	0.44*	0.55*	0.60*	1	
Soln	0.13**	0.15**	0.11*	0.09	0.12**	0.19**	1

** P < .01

* P < .05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 14 พบว่า ตัวแปรเกือบทุกคู่ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .01 ยกเว้นเรื่องการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Dinf) กับเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ส่วนเรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Soln) กับเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ (Appdiff) มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญ สำหรับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดที่สุดคือ การอินทิเกรต (Int) กับเรื่องการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) มีค่าเท่ากับ 0.60 นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Fune) จะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับตัวแปรอื่น แต่เรื่องการหาคำตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Soln) จะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำกับแปรทุกตัว

5.2 การปรับโมเดล

ในการพัฒนาพีเรควิชิตโมเดลผู้วิจัยได้ พัฒนา จากแผนมโนทัศน์ที่ สร้างขึ้นโดยมีรูปแบบของโมเดลดังแผนภาพที่ 21

แผนภาพที่ 21 พีเรควิชิตโมเดลในวิชาคณิตศาสตร์สำหรับวิศวกรรมศาสตร์ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

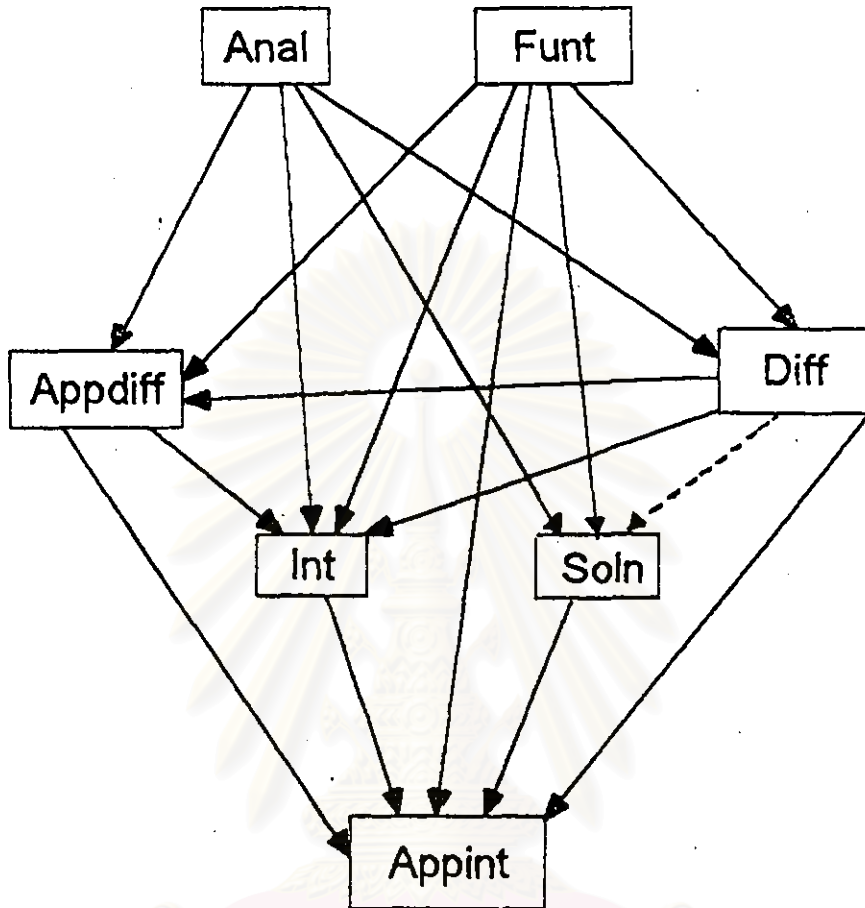
จากการวิเคราะห์พหุรีควิวทโมเดลในครั้งที่ 1 ด้วยโปรแกรม LISREL พบว่า ค่าไค-สแควร์ = 4.19 $df = 3$ และ $P = 0.242$ แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่า GFI (Goodness of Fit Index) เท่ากับ 0.997 แต่เนื่องจากมีค่าอิทธิพลบางค่า ไม่มีนัยสำคัญ สำหรับรายละเอียดผลการวิเคราะห์อิทธิพลดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรพหุรีควิวทโมเดล

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม				
	Diff	Appdiff	Int	Appint	Soln
Anal	0.24**	0.30**	0.27**	-	0.04
Funt	0.25**	0.74**	0.50**	0.32**	0.07
Diff	-	0.46**	0.27**	0.31**	0.03
Appdiff	-	-	0.16**	0.29**	-
Int	-	-	-	0.47**	-
Soln	-	-	-	0.31*	-
R	0.43	.60	0.59	0.70	0.17
R ²	0.19	0.37	0.35	0.50	0.03
R ² x 100	19%	37%	35%	50%	3%

จากตารางที่ 15 พบว่า ขนาดอิทธิพลที่ไม่มีนัยสำคัญมีอยู่ 3 เส้นทางคือ Anal $\xrightarrow{0.4}$ Soln , Funt $\xrightarrow{0.07}$ Soln และ Diff $\xrightarrow{0.03}$ Soln ผู้วิจัย จึงทำการปรับโมเดล โดยการตัดคู่ที่มีอิทธิพลค่าที่สุดออกไป 1 คู่คือ Diff $\xrightarrow{0.03}$ Soln ออกไปจะได้ โมเดลที่ปรับครั้งที่ 1 ดังแผนภาพต่อไปนี้

แผนภาพที่ 22 พหุเรควิชี ทโมเดลที่ได้จากการปรับครั้งที่ 1



หมายเหตุ

Anal คือ ความรู้ทางด้านรขาคณิตวิเคราะห์ Funt คือความรู้ทางด้านนิमितและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน
 Diff คือ ความรู้ทางด้านกรหาอนุพันธ์ Appdiff คือความรู้ทางด้านกรประยุกต์ของอนุพันธ์
 Int คือความรู้ด้านกรอินทิเกรต Appint คือความรู้ด้านกรประยุกต์ของกรอินทิเกรต
 Soln คือ ความรู้ทางด้านกรหาค่าตอบของสมกรที่ไม่เป็นเชิงเส้น

นำโมเดลตามแผนภาพที่ 22 ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LISREL จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ไค-สแควร์ = 4.87 df = 4 และ P = 0.301 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมี GFI = 0.996 แต่เนื่องจากมีขนาดอิทธิพลบางค่าไม่มีนัยสำคัญสำหรับรายละเอียดผลการวิเคราะห์อิทธิพล ดังแสดงในตารางที่ 16

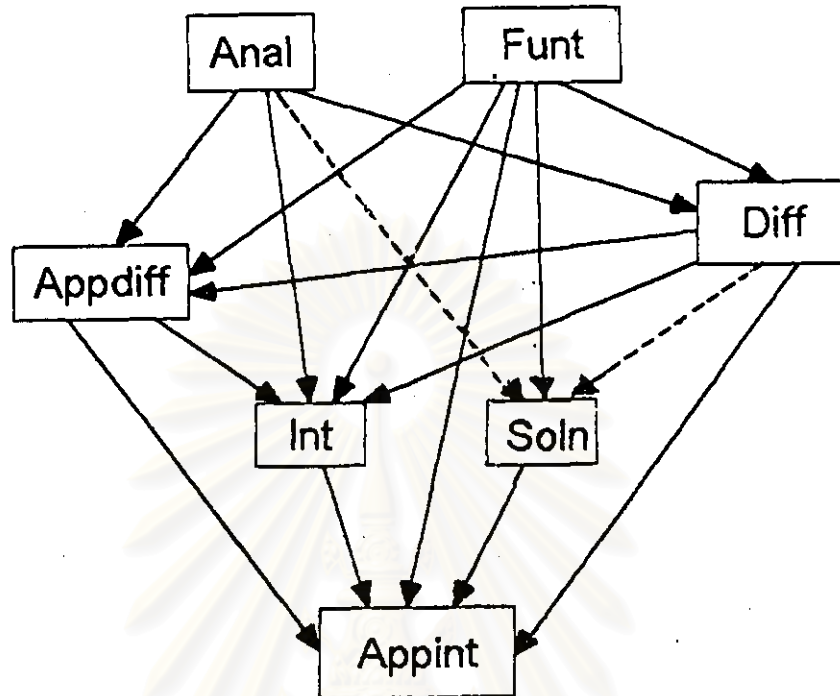
ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรในปริวรรตวิธีทโมเดลจากการปรับครั้งที่ 1

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม				
	Diff	Appdiff	Int	Appint	Soln
Anal	0.24**	0.30**	0.27**	-	0.05
Funt	0.25**	0.74**	0.50**	0.32**	0.07*
Diff	-	0.46**	0.27**	0.31**	-
Appdiff	-	-	0.16**	0.29**	-
Int	-	-	-	0.47**	-
Soln	-	-	-	0.31*	-
R	0.43	0.60	0.59	0.70	.017
R ²	0.19	0.37	0.35	0.50	0.03
R ² x 100	19%	37%	35%	50%	3%

จากตารางที่ 16 พบว่า ขนาดอิทธิพลที่ไม่มีนัยสำคัญเหลือเพียงคู่เดียว คือ Anal $\xrightarrow{0.08}$ Soln และเดิมอิทธิพลของ Funt ที่มีต่อ Soln ไม่มีนัยสำคัญ เมื่อปรับแก้โมเดลแล้ว ทำให้อิทธิพลของ Funt ที่มีต่อ Soln มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.5 จึงทำการปรับโมเดลอีกครั้ง โดยการตัดคู่ที่ขนาดอิทธิพลไม่มีนัยสำคัญออกไป จะได้โมเดลที่ปรับครั้งที่ 2 ดังแผนภาพที่ 23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 29 พรีเรดิคชันโมเดล ที่ได้จากการปรับในครั้งที่ 2



หมายเหตุ

Anal คือ ความรู้ทางด้านรขาคณิตวิเคราะห์ Funt คือความรู้ทางด้านนิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน
 Diff คือ ความรู้ทางด้านการศึกษาอนุพันธ์ Appdiff คือความรู้ทางด้านการศึกษาประยุกต์ของอนุพันธ์
 Int คือความรู้ด้านการอินทิเกรต Appint คือความรู้ด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต
 Soln คือ ความรู้ทางด้านการศึกษาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น

จากผลการวิเคราะห์ แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานที่สูงสุด (The Largest Standardized Residual) มีค่าเท่ากับ 1.41 ซึ่งตามเกณฑ์มาตรฐานเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐานของทุกคู่ไม่ควรเกิน 2.00 ประกอบกับขนาดอิทธิพลทุกคู่ที่เป็นพื้นฐานของกันและกันมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงสรุปได้ว่า พรีเรดิคชันโมเดล ในแผนภาพที่ 29 เป็นโมเดลที่ดีโมเดลหนึ่งสำหรับขนาดอิทธิพลของตัวแปรที่เป็นพื้นฐานของกันและกัน ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรในพหุรีgressionโมเดลจากการปรับในครั้งที่ 2

ตัวแปรอิสระ	ตัวแปรตาม				
	Diff	Appdiff	Int	Appint	Soln
Anal	0.24**	0.30**	0.27**	-	-
Funt	0.25**	0.74**	0.50**	0.32**	0.10**
Diff	-	0.46**	0.27**	0.31**	-
Appdiff	-	-	0.16**	0.29**	-
Int	-	-	-	0.47**	-
Soln	-	-	-	0.31*	-
R	0.43	0.60	0.59	0.70	.017
R ²	0.19	0.37	0.35	0.50	0.03
R ² x 100	19%	37%	35%	50%	3%
สัมประสิทธิ์การพยากรณ์รวม เท่ากับ 48 %					

จากตารางที่ 17 มีตัวแปรตามทั้งหมด 5 ตัวแปร จะได้สมการโครงสร้างในรูปคะแนนดิบทั้งหมด 5 สมการ เพื่อความสะดวกในการเขียนสมการ จะใช้สัญลักษณ์แทนตัวแปรในเทอมของ X และ Y ตามตารางที่ 12 กล่าวคือ

$$\text{Anal} = X_1 \quad \text{Int} = Y_3$$

$$\text{Funt} = X_2 \quad \text{Soln} = Y_4$$

$$\text{Diff} = Y_1 \quad \text{Appint} = Y_5$$

$$\text{Appdiff} = Y_2$$

จากการใช้สัญลักษณ์ดังกล่าว จะได้สมการโครงสร้างในรูปคะแนนดิบทั้ง 5 สมการ ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์สมการโครงสร้างของทริเวควิชโกโมเดล

ลำดับ	สมการโครงสร้าง(ในรูปคะแนนดิบ)	R ²
สมการที่ 1	$Y_1 = 0.24 X_1 + 0.25 X_2$	0.19
สมการที่ 2	$Y_2 = 0.30 X_2 + 0.74 X_3 + 0.46Y_1$	0.37
สมการที่ 3	$Y_3 = 0.27 X_1 + 0.50X_2 + 0.27Y_1 + 0.14Y_2$	0.35
สมการที่ 4	$Y_4 = 0.10 X_2$	0.03
สมการที่ 5	$Y_5 = 0.32X_2 + 0.31Y_1 + 0.29Y_2 + 0.47Y_3 + 0.31Y_4$	0.50

จากตารางที่ 19 พบว่า ในสมการที่ 5 ตัวแปรทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (X_2) การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Y_1) การประยุกต์ของอนุพันธ์ (Y_2) การอินทิเกรต (Y_3) และการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Y_4) สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่อง การประยุกต์ของการอินทิเกรต (Y_5) ได้สูงที่สุดถึงร้อยละ 50

สำหรับสมการ สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามอยู่ในระดับปานกลางได้แก่ สมการที่ 2 ตัวแปรความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (X_1) ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (X_2) และอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Y_1) อธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ (Y_2) ได้ร้อยละ 37 และอีกสมการหนึ่งคือ สมการที่ 3 ความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (X_1) ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (X_2) การหาอนุพันธ์(Y_1) และการประยุกต์ของอนุพันธ์ (Y_2) สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการอินทิเกรต (Y_3) ได้ร้อยละ 35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับ สมการที่ 1 ตัวแปรความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (X_1) ถิมิต-ความ
ต่อเนื่องของฟังก์ชัน (X_2) สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง
อนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Y_1) ได้อยู่ในระดับพอใช้คือ ร้อยละ 19 ส่วนสมการที่ 4 อานาจาก
ทำนายอยู่ในระดับต่ำมากเพียง ร้อยละ 3 เท่านั้น

เนื่องจากสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการโครงสร้างโดยรวม (Total
Coefficient of Determination for Structural Equation) มีค่าเท่ากับ 48 % แสดงว่ายังมี
ตัวแปรสาเหตุอื่นๆอีก ที่ยังไม่นำมารวมในโมเดลอีก

5.3 อิทธิพลของตัวแปร

ในการวิเคราะห์อิทธิพลนั้น โปรแกรม LISREL สามารถวิเคราะห์ได้ทั้ง
อิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อมและอิทธิพลรวม จากการวิเคราะห์ได้อิทธิพลของตัวแปร
ที่เป็นพื้นฐานของและกันในทริเรควิวทโมเดล ดังแสดงในตารางที่ 19

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ ขนาดอิทธิพล ของตัวแปรต่างๆในพรีรีควิ จิต โมเดล

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล														
	Diff			Appdiff			Int			Appint			Soln		
	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE
Anal	0.24	0.24	0	0.41	0.30	0.11	0.39	0.27	0.12	0.40	0	0.40	.0	0	0
ความกลาดเคลื่อน	0.05	.05	0.0	0.09	0.09	0.03	0.08	0.08	0.03	0.07	0	0.07	0	0	0
Funt	0.25	0.25	0	0.86	0.74	0.12	0.69	0.50	0.19	1	0.32	0.68	.07	.10	0
ความกลาดเคลื่อน	0.05	0.05	0	0.09	0.09	0.03	0.08	0.09	0.04	0.10	0.11	0	.04	.03	0
Diff	0	0	0	0.46	0.46	0	0.33	0.27	0.07	0.60	0.31	0.29	0	0	0
ความกลาดเคลื่อน	0	0	0	0.09	0.09	0	0.08	0.08	0	0.11		0.06	0		0
Appdiff	0	0	0	0.60	0	0	0.14	0.14	0	0.30	0.29	0.07	0	0	0
ความกลาดเคลื่อน	0			0		0	0.05	0.05	0	0	0.05	0.02	0		0
Int	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.44	0.47	0	0	0	0
ความกลาดเคลื่อน	0		0	0		0	0		0	0.06	0.06	0	0		0
Soln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.31	0.31	0	0	0	0
ความกลาดเคลื่อน	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0.13	0	0	0	0

หมายเหตุ

Anal คือ ความรู้ทางด้านทฤษฎีวิเคราะห์ Funt คือความรู้ทางด้านนิเทศและการดำเนินงานของทั้งชั้น
 Diff คือ ความรู้ทางด้านทฤษฎีทางปฏิบัติ Appdiff คือความรู้ทางด้านทฤษฎีการประยุกต์ของอนุพันธ์
 Int คือความรู้ด้านการอินทิเกรต Appint คือความรู้ด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต
 Soln คือ ความรู้ทางด้านทฤษฎีการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น

TE = Total Effect
 DE = Direct Effect
 IE = Indirect Effect

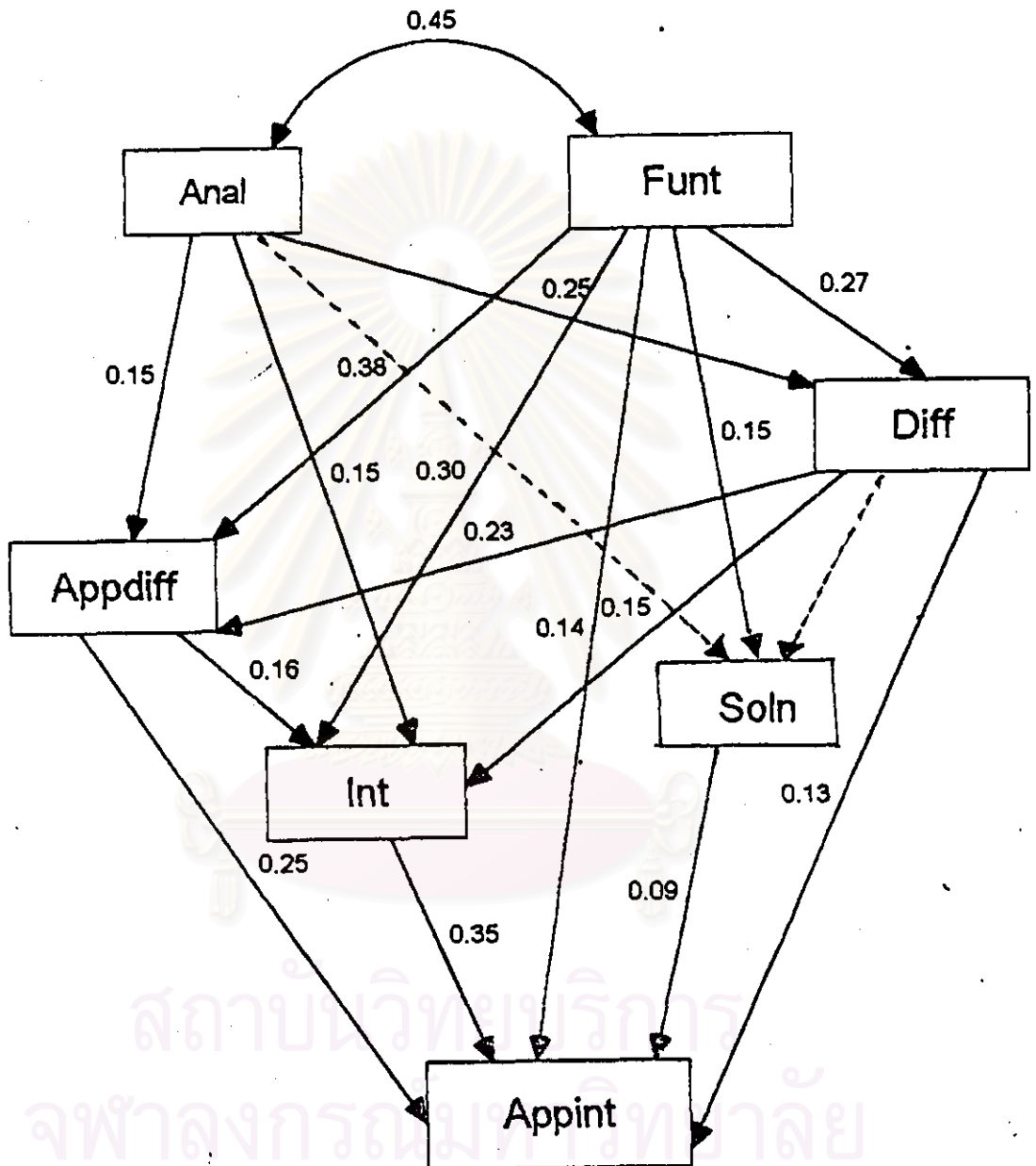
ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ ขนาดอิทธิพลมาตรฐาน ของตัวแปรต่างๆในพหุคูณเชิงพหุคูณ

ตัวแปรสาเหตุ	ตัวแปรผล														
	Diff			Appdiff			Int			Appint			Soln		
	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE
Anal	0.25	0.25	0	0.21	0.15	0.06	0.23	0.15	0.07	0.17	0	0.17	0	0	0
Funt	0.27	0.27	0	0.45	0.38	0.11	0.41	0.30	0.11	0.45	0.14	0.30	0.15	0.15	0.00
Diff	0.00	0	0	0.23	0.23	0	0.19	0.15	0.04	0.25	0.13	0.12	0	0	0
Appdiff	0	0	0	0	0	0	0.16	0.16	0	0.31	0.25	0.06	0	0	0
Int	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0.35	0	0	0	0
Soln	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0	0	0

หมายเหตุ

Anal คือ ความรู้ทางด้านเวลาชนิดวิเคราะห์ Funt คือ ความรู้ทางด้านอิทธิพลและความต่อเนื่องของปัจจัย
 Diff คือ ความรู้ทางด้านกรรหอนุพันธ์ Appdiff คือ ความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์
 Int คือ ความรู้ด้านอินทิเกรต Appint คือ ความรู้ด้านการประยุกต์ของอินทิเกรต
 Soln คือ ความรู้ทางด้านกรรหาคอบของสมการที่ไว้เป็นเชิงเส้น

แผนภาพที่ 24 ขนาดอิทธิพลมาตรฐานของตัวแปรต่างๆในพีเรอควิจิโมเคอ



หมายเหตุ

Anal คือความรู้ทางด้านระบบคณิตวิเคราะห์

Diff คือ ความรู้ทางด้านกรทอเมทรี

Int คือความรู้ด้านการอินทิเกรต

Soln คือ ความรู้ทางด้านกรหาค่าของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น

Funt คือความรู้ทางด้านนิพจน์และความต่อเนื่องของฟังก์ชัน

Appdiff คือความรู้ทางด้านกรประยุกต์ของอนุพันธ์

Appint คือความรู้ทางด้านกรประยุกต์ของกรอินทิเกรต

จากตารางที่ 20 และแผนภาพที่ 24 จะพบว่า อิทธิพลระหว่างตัวแปรต่างๆ ในปริมาตรวิซิทโมเดลเป็นดังนี้

ความรู้ทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวแปร 2 ด้านคือ ความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) และความรู้ในเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Fund) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จากการเปรียบเทียบอิทธิพลพบว่าความรู้ทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน ได้รับอิทธิพลจากความรู้ในเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันและ ความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) ด้วยขนาดอิทธิพลที่ใกล้เคียงกัน

ความรู้ทางการประยุกต์ของอนุพันธ์ (Appdiff) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวแปร 3 ด้าน คือความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) ความรู้ในเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Fund) และความรู้ทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จากการเปรียบเทียบอิทธิพล พบว่า ความรู้ทางการประยุกต์ของอนุพันธ์ ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ความรู้ทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) และที่น้อยที่สุด คือความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal)

สำหรับอิทธิพลทางอ้อมนั้นความรู้ทางการประยุกต์ของอนุพันธ์ ได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ความรู้ในเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน โดยผ่านตัวแปรทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

แต่พิจารณาอิทธิพลโดยรวมทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมจะพบว่าเรื่องที่มีอิทธิพลสูงที่สุดยังคงเป็น เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันอยู่ แต่ความรู้ทางการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) กับความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) มีอิทธิพลโดยรวมที่ใกล้เคียงกัน

ความรู้ทางการอินทิเกรต (Int) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวแปร 4 ด้านคือความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) ความรู้ทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Fund) ความรู้ทางการหาอนุพันธ์ (Diff) และความรู้ทางการประยุกต์ของอนุพันธ์

(Appdiff) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จากการเปรียบเทียบอิทธิพล ทางตรง พบว่าความรู้ทางด้านการอินทิเกรต ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวแปรด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันมากที่สุด สำหรับตัวแปรที่เหลืออีก 3 ด้าน คือ ความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ มีขนาดอิทธิพลใกล้เคียงกัน

สำหรับอิทธิพลทางอ้อมนั้นความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ของฟังก์ชันได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ ความรู้ในเรื่องลิมิต ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน โดยผ่านตัวแปรทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน และการประยุกต์ของอนุพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน โดยผ่านตัวแปรด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ด้วย

เมื่อพิจารณาอิทธิพลโดยรวมทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมจะพบว่า เรื่องที่มีอิทธิพลสูงสุดยังคงเป็น เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชันอยู่ สำหรับ 3 เรื่องที่เหลือมีอิทธิพลใกล้เคียงกันเหมือนเดิม

ความรู้ทางด้านการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Solu) ได้รับอิทธิพลโดยตรง จากความรู้ทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และไม่ได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากตัวแปรอื่น

ความรู้ทางด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Int) ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากตัวแปร 5 ด้าน คือ ความรู้ทางด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) ความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ (Diff) ความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ (Appdiff) ความรู้ทางด้านการอินทิเกรต (Int) และการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Solu) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ทุกคู่ ยกเว้นอิทธิพลโดยตรงจากการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จากการเปรียบเทียบอิทธิพล พบว่า ความรู้ทางด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต ได้รับอิทธิพลจากความรู้ทางด้านการอินทิเกรตสูงสุด รองลงมาได้แก่การประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับเรื่อง ลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน และเรื่องการหาอนุพันธ์มีอิทธิพลใกล้เคียงกัน ส่วนเรื่องการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้นมีอิทธิพลน้อยที่สุด

สำหรับอิทธิพลทางอ้อมนั้น ความรู้ทางด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต ยังได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ และ ความรู้ในเรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน โดยผ่านตัวแปรทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน การประยุกต์ของอนุพันธ์ และการอินทิเกรต อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน โดยผ่านตัวแปรการประยุกต์ของอนุพันธ์ และการอินทิเกรต อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลทางอ้อม จากความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยผ่านความรู้ทางด้านการอินทิเกรต อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ด้วย

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาอิทธิพลโดยรวม ทั้งอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมจะพบว่าเรื่องที่มีอิทธิพลสูงสุดจะเป็น เรื่องลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน รองลงไปตามลำดับ ที่มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน เป็น เรื่องการอินทิเกรต การประยุกต์ของอนุพันธ์ และ เรื่องการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน ส่วนเรื่องการทำตาบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ยังคงมีอิทธิพลน้อยที่สุดเหมือนเดิม

5.4 การแยกส่วนของความสัมพันธ์

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในพีริเรครีชีทโมเดลนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงสาเหตุ ซึ่งอาจจะเป็น ความสัมพันธ์เทียม หรือความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ไม่ได้ จากผลการวิเคราะห์สามารถแยก ความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่ โดยใช้อิทธิพลมาตรฐานจากตารางที่ 20 ได้ผลการแยก ส่วนความสัมพันธ์ ดังแสดงในตารางที่ 21

สถาบันนวัตกรรมการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ผลการแยกส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

แบบของความสัมพันธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร																			
	Anal Diff	Anal Appdiff	Anal Int	Anal Appint	Anal Soln	Funt Diff	Funt Appdiff	Funt Int	Funt Appint	Funt Soln	Diff Appdiff	Diff Int	Diff Appint	Diff Soln	Appdiff Int	Appdiff Appint	Appdiff Soln	Int Appint	Int Soln	Appint Soln
(1) ความสัมพันธ์รวม (r_{xy})	0.37	0.41	0.41	0.37	0.13	0.38	0.54	0.51	0.52	0.15	0.43	0.39	0.44	0.11	0.45	0.55	0.09	0.60	0.12	0.17
(2) ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ																				
2.1 สาเหตุทางตรง	0.25	0.15	0.16	-	-	0.27	0.38	0.30	0.15	0.14	0.23	0.15	0.13	-	0.16	0.25	-	0.35	-	0.09
2.2 สาเหตุทางอ้อม	0	0.06	0.07	0.17	-	-	0.07	0.11	0.30	0	-	0.05	0.12	-	-	0.06	-	-	-	-
รวมเชิงสาเหตุ (2.1 + 2.2)	0.25	0.21	0.23	0.17	-	0.27	0.45	0.41	0.45	0.14	0.23	0.20	0.25	-	0.16	0.31	-	0.35	-	0.09
ร้อยละของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ	68%	51%	56%	50%		71%	83%	80%	86%	93%	53%	50%	57%		36%	56%		58%		53%
(3) ความสัมพันธ์ที่ไม่ใช่เชิงสาเหตุ (1 - 3)	0.12	0.20	0.18	0.26	-	0.11	0.09	0.10	0.07	0.01	0.20	0.20	0.19	-	0.29	0.24	-	0.25		0.08

หมายเหตุ

Anal คือความรู้ทางด้านรากคณิตวิเคราะห์

Funt คือความรู้ทางด้านนิมิตและความต่อเนื่องของฟังก์ชัน

Diff คือ ความรู้ทางด้านกรทอเมทรี

Appdiff คือความรู้ทางด้านการประยุกต์ของอนุพันธ์

Int คือความรู้ด้านการอินทิเกรต

Appint คือความรู้ด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต

Soln คือ ความรู้ทางด้านกราฟค่าของสมการที่เป็นหนึ่งเส้น

จากตารางที่ 21 พบว่า สัดส่วนร้อยละของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจากความสัมพันธ์ทั้งหมด ของตัวแปรแต่ละคู่เป็นดังนี้

ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ที่มากกว่าร้อยละ 80 ของความสัมพันธ์ทั้งหมด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) กับการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Soln) คิดเป็นร้อยละ 93 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) กับการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) คิดเป็นร้อยละ 86 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) กับการประยุกต์ของอนุพันธ์ (Appdiff) คิดเป็นร้อยละ 83 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) กับการอินทิเกรต (Int) คิดเป็นร้อยละ 80

ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตั้งแต่ร้อยละ 60 แต่ไม่เกินร้อยละ 80 ของความสัมพันธ์ทั้งหมด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านลิมิต-ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน (Funt) กับการหาอนุพันธ์ (Diff) คิดเป็นร้อยละ 71 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) กับการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน (Diff) คิดเป็นร้อยละ 68.

ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ตั้งแต่ร้อยละ 50 แต่ไม่เกินร้อยละ 60 ของความสัมพันธ์ทั้งหมด เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านการอินทิเกรต (Int) กับการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) คิดเป็นร้อยละ 58 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านการประยุกต์การหาอนุพันธ์ (Appdiff) กับการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) คิดเป็นร้อยละ 56 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) กับการอินทิเกรต (Int) คิดเป็นร้อยละ 56 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านการหาอนุพันธ์ (Diff) กับการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) คิดเป็นร้อยละ 56 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านการหาอนุพันธ์ (Diff) กับการประยุกต์ของการหาอนุพันธ์ (Appdiff) คิดเป็นร้อยละ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านการประยุกต์ของการอินทิเกรต (Appint) กับการหาค่าตอบของสมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Soln) คิดเป็นร้อยละ 53 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ด้านเรขาคณิตวิเคราะห์ (Anal) กับการประยุกต์ของการหาอนุพันธ์ (Appdiff) คิดเป็นร้อยละ 51

สำหรับความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่ที่เหลือเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 36-49 ของความสัมพันธ์ทั้งหมด