บทที่ 4

ผลการสร้างแบบทดสอบ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์และการประเมินผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับการวัดผลทางการศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 สร้างแบบทดสอบปิรามิด แบบทดสอบดั้งเดิม และการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิด และ ระยะที่ 2 ประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น จากการดำเนินงานทั้งสองระยะดังกล่าว และจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ผู้วิจัยขอเสนอผลการพัฒนาเครื่องมือและการประเมินผลการทดลองใช้เครื่องมือดังกล่าวดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การสร้างแบบทดสอบ

4.1.1 ผลการสร้างกลุ่มข้อสอบ (Item pool)

จากการเขียนข้อสอบ วิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกริยา จำนวน 200 ข้อ แล้วจัดเป็นแบบทดสอบจำนวน 8 ฉบับ ๆ ละ 50 ข้อ หลังจากนำไปทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 1,912 คนแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อตามทฤษฎีคุณลักษณะแฝง โดยใช้โปรแกรม LOGIST V การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์รายข้อนี้ได้จำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 4 เซ็ท ๆ ละ 50 ข้อ ตามจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่สอบรายข้อ

ผลการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อจำนวน 200 ข้อ พบว่ามีข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (a) น้อยกว่า .30 จำนวน 14 ข้อได้แก่ข้อที่ 9,11,24,26,29,30,46,89,112, 137,139,165,166 และข้อที่ 188 มีข้อสอบที่มีค่าการเดา (c) มากกว่า .30 จำนวน 14 ข้อ ได้แก่ข้อที่ 1,7,10,31,40,41,61,65,66,121,131,174,184 และข้อที่ 196 รวมข้อสอบที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมตามเกณฑ์และต้องตัดทิ้งไปจำนวน 28 ข้อ ดังนั้นจึงมีข้อสอบที่นำมาสร้างเป็นกลุ่มข้อสอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้จำนวน 172 ข้อ สำหรับการสร้างแบบทดสอบปิรามิดและแบบทดสอบดั้งเดิมต่อไป รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 26 ภาคผนวก ก

จากการตรวจสอบคุณสมบัติวัดความสามารถด้านเดียวกันของข้อสอบในกลุ่มข้อสอบ ซึ่งแยกวิเคราะห์เป็น 4 เซ็ท ๆ ละ 50 ข้อตามที่จัดเซ็ทข้อสอบในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อ ได้ค่า Eigenvalue ของแต่ละตัวประกอบดังแสดงในตารางที่ 3

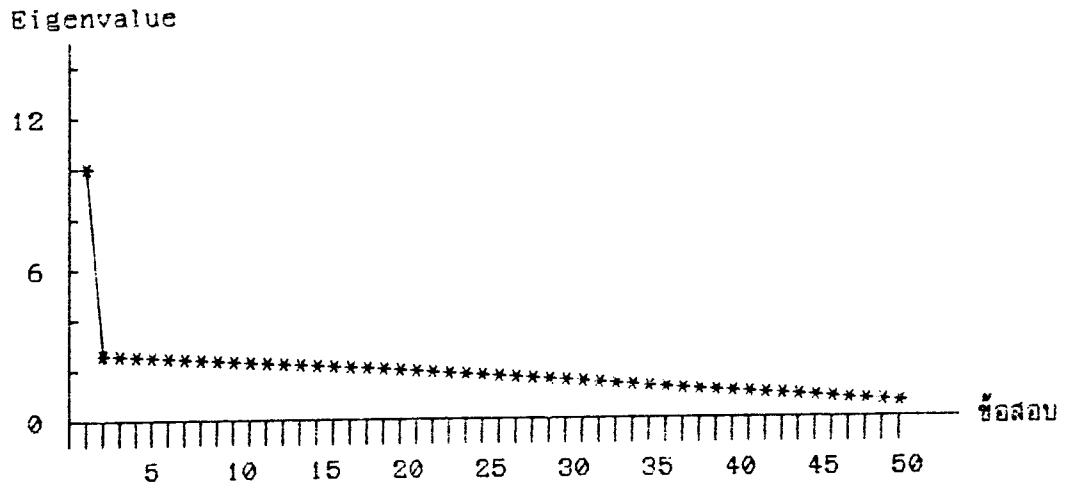
ตารางที่ 3 แสดงค่า Eigenvalue ของแต่ละตัวประกอบ (50 ข้อ)ของข้อสอบ 4 เซ็ท

ตัวประกอบที่	เซ็ทที่ 1	เซ็ทที่ 2	เซ็ทที่ 3	เซ็ทที่ 4
1	9.342	9.301	9.360	12.155
2	2.463	2.484	2.450	2.461
3	2.254	2.280	2.121	2.105
4	2.018	2.029	1.907	1.965
5	1.917	1.915	1.742	1.911
6	1.855	1.864	1.660	1.828
7	1.693	1.715	1.591	1.659
8	1.621	1.612	1.535	1.602
9	1.563	1.571	1.498	1.490
10	1.523	1.559	1.421	1.430
11	1.454	1.477	1.361	1.368
12	1.402	1.414	1.338	1.320
13	1.314	1.346	1.288	1.224
14	1.271	1.267	1.263	1.191
15	1.248	1.256	1.213	1.157
16	1.195	1.217	1.187	1.063
17	1.143	1.137	1.115	1.009
18	1.128	1.125	1.107	0.991
19	1.042	1.053	1.022	0.937
20	1.007	1.011	1.001	0.923
21	0.975	0.959	0.966	0.882
22	0.927	0.928	0.921	0.863
23	0.915	0.911	0.884	0.797
24	0.891	0.893	0.869	0.757
25	0.854	0.848	0.853	0.720

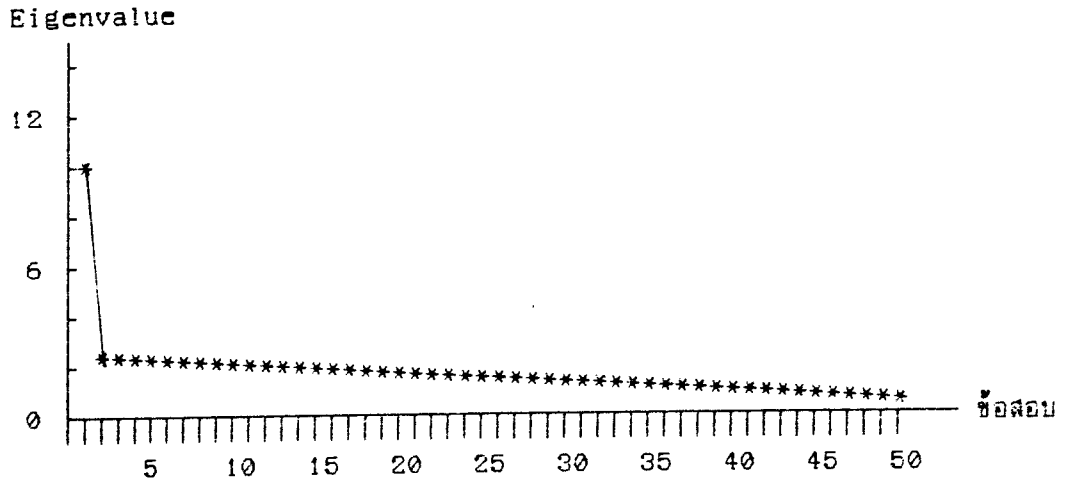
ตารางที่ 3 แสดงค่า Eigenvalue ของแต่ละตัวประกอบ (50 ข้อ)ของข้อสอบ 4 เซ็ท(ต่อ)

ตัวประกอบที่	เซ็ทที่ 1	เซ็ทที่ 2	เซ็ทที่ 3	เซ็ทที่ 4
26	0.797	0.781	0.791	0.696
27	0.742	0.738	0.739	0.673
28	0.714	0.709	0.703	0.637
29	0.668	0.656	0.699	0.616
30	0.647	0.636	0.653	0.587
31	0.586	0.583	0.590	0.578
32	0.558	0.564	0.548	0.559
33	0.540	0.525	0.530	0.473
34	0.463	0.480	0.455	0.435
35	0.452	0.415	0.441	0.356
36	0.384	0.375	0.404	0.345
37	0.356	0.348	0.349	0.279
38	0.324	0.313	0.321	0.244
39	0.302	0.264	0.307	0.218
40	0.291	0.225	0.284	0.193
41	0.245	0.177	0.237	0.166
42	0.218	0.125	0.220	0.132
43	0.174	0.117	0.169	0.065
44	0.153	0.080	0.141	0.002
45	0.106	0.029	0.099	0.000
46	0.082	0.028	0.054	0.000
47	0.041	0.020	0.030	0.000
48	0.018	0.013	0.026	0.000
49	0.004	0.002	0.004	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ตัวประกอบคือค่า Eigenvalue และตัวประกอบ(ข้อสอบ) มาเขียนกราฟได้ผลดังภาพที่ 15

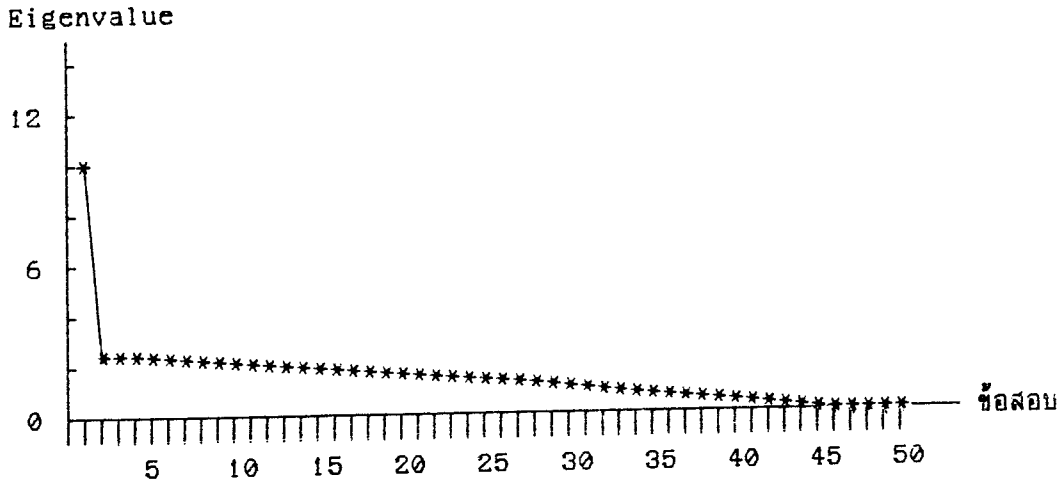


ก. เซ็ทที่ 1

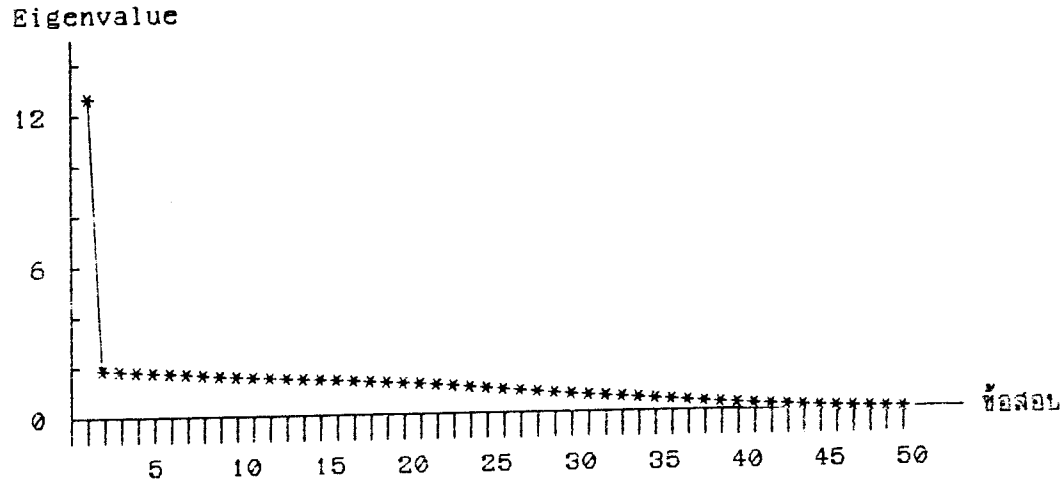


ข. เซ็ทที่ 2

ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่า Eigenvalue กับตัวประกอบ(ข้อสอบ) สำหรับการพิจารณาความเป็น Unidimensionality ของข้อสอบในกลุ่มข้อสอบ



ค. เซ็ทที่ 3



ง. เซ็ทที่ 4

ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่า Eigenvalue กับตัวประกอบ(ข้อสอบ) สำหรับการพิจารณาความเป็น Unidimensionality ของข้อสอบในกลุ่มข้อสอบ (ต่อ)

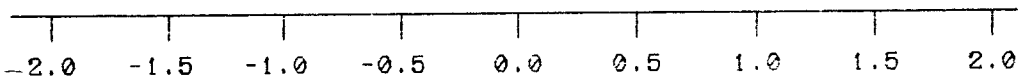
จากตารางที่ 3 ผลปรากฏว่าข้อสอบทั้ง 4 เซ็ทมีค่า Eigenvalue ของตัวประกอบที่ 1 สูงกว่าค่า Eigenvalue ของตัวประกอบที่สอง และเมื่อนำค่า Eigenvalue และตัวประกอบมาเขียนกราฟได้ผลดังภาพที่ 15 ซึ่งลักษณะของเส้นกราฟที่ได้ แสดงถึงคุณสมบัติวัดความสามารถด้านเดียวกัน (Warm,1978) ทั้ง 4 เซ็ท

จากผลการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อ และการวิเคราะห์เนื้อตรวจสอบคุณสมบัติวัดความสามารถด้านเดียวกันของข้อสอบดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า กลุ่มข้อสอบที่สร้างขึ้นนี้ได้ข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์ตามทฤษฎีคุณลักษณะแฝง และเป็นข้อสอบที่ใช้วัดความสามารถด้านเดียวกัน ซึ่งสามารถเลือกมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบปิรามิดได้

4.1.2 ผลการสร้างแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบปิรามิดชนิด 8 ชั้นที่มีขนาดชั้นคงที่ ภายใต้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม1/ลด1 มีข้อสอบจำนวนทั้งสิ้น 36 ข้อ ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 16

ชั้นที่	หมายเลขข้อสอบ
1	1
	(b = -.07)
2	2 3
	(-.22) (0.23)
3	4 5 6
	(-.52) (0.08) (0.41)
4	7 8 9 10
	(-.73) (-.28) (0.24) (0.76)
5	11 12 13 14 15
	(-1.03) (-.53) (-.08) (0.52) (1.00)
6	16 17 18 19 20 21
	(-1.22) (-.80) (-.13) (0.24) (0.79) (1.23)
7	22 23 24 25 26 27 28
	(-1.41) (-1.08) (-0.50) (-.01) (0.44) (1.03) (1.50)
8	29 30 31 32 33 34 35 36
	(-1.71)(-1.32) (-.74) (-.18) (0.29) (0.50) (1.29) (1.76)



ภาพที่ 16 แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

จากการนิจารณาเลือกข้อสอบจากกลุ่มข้อสอบที่สร้างไว้เนื่อสร้างแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ตามโครงสร้างในภาพที่ 16 นั้น ได้ข้อสอบจานวน 36 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อดัง แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

หมายเลขในโครงสร้าง	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
1	102	1.07890	-0.07682	0.20413
2	125	1.80687	-0.22782	0.07349
3	14	1.30213	0.23665	0.23482
4	19	1.03864	-0.52899	0.00000
5	173	0.51711	0.08537	0.16263
6	6	0.88706	0.41271	0.27511
7	32	0.92972	-0.73867	0.16519
8	12	0.48155	-0.28222	0.18432
9	135	1.45695	0.24274	0.21137
10	199	1.79036	0.75803	0.28043
11	183	0.45911	-1.03546	0.18432
12	72	0.63501	-0.53838	0.18432
13	27	0.61843	-0.08015	0.18761
14	42	0.77606	0.52631	0.16519
15	149	1.39690	1.00265	0.24509
16	18	0.96755	-1.22235	0.18761
17	163	0.69713	-0.80553	0.18761
18	23	1.22358	-0.13476	0.09340
19	161	0.73558	0.24555	0.18761
20	185	2.00000	0.79666	0.20083

ตารางที่ 4 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1(ต่อ)

หมายเลขในโครงสร้าง	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
21	150	1.43627	1.23155	0.29446
22	22	1.06893	-1.41179	0.18761
23	45	0.45330	-1.08741	0.16263
24	83	1.20449	-0.50733	0.25059
25	28	0.63910	-0.01554	0.16519
26	114	0.54210	0.44222	0.16263
27	92	0.80498	1.03238	0.03576
28	186	1.86268	1.50238	0.26792
29	60	0.90017	-1.71873	0.18432
30	104	0.36654	-1.32639	0.16519
31	70	0.57453	-0.74225	0.18432
32	113	0.99070	-0.18256	0.16263
33	106	0.91542	0.29047	0.20216
34	34	0.64185	0.50882	0.26506
35	192	1.34546	1.29923	0.18912
36	64	0.37145	1.76560	0.18432

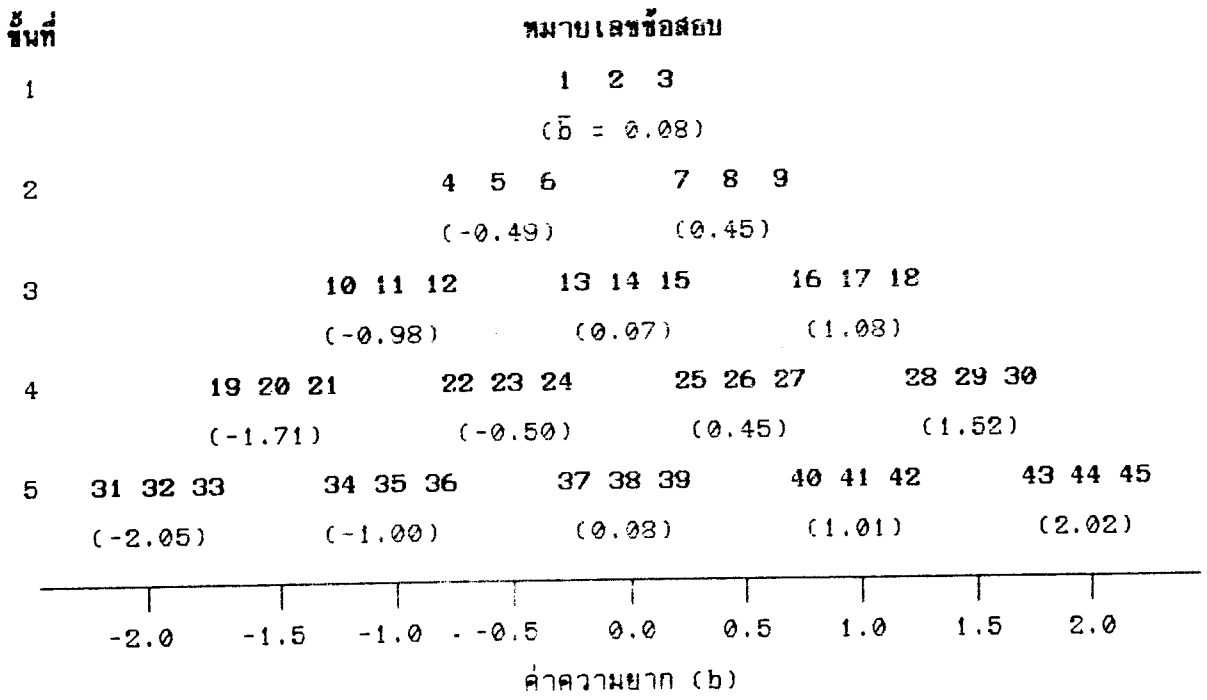
จากตารางที่ 4 เมื่อนิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของค่าพารามิเตอร์ a,b และ c ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แล้ว สรุปได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

พารามิเตอร์	$\bar{X}$	S.D.	ต่ำสุด	สูงสุด
a	.9699	.4460	.3565	2.0000
b	-.0076	.8663	-1.7187	1.7656
c	.1855	.0622	.0000	.2945

4.1.3 ผลการสร้างแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2

แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบปิรามิดชนิด 5 ชั้นที่มีข้อสอบ 3 ข้อในแต่ละชั้นและมีขนาดชั้นคงที่ภายใต้กฎการแยกทางแบบเพิ่ม1/ลด1 มีข้อสอบจำนวนทั้งสิ้น 45 ข้อ ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงโครงสร้างของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2

จากการพิจารณาเลือกข้อสอบจากกลุ่มข้อสอบที่สร้างไว้ และที่ไม่ได้เลือกใช้ในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 เพื่อสร้างแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ดังภาพที่ 17 ได้ข้อสอบจำนวน 45 ข้อที่มีค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบรายข้อดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2

หมายเลขในโครงสร้าง	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
1	130	0.32557	0.09794	0.18432
2	127	1.04964	0.08629	0.22935
3	197	1.34548	0.06050	0.10707
4	154	2.00000	-0.47551	0.20728
5	43	0.74351	-0.57643	0.16263
6	132	0.36762	-0.44258	0.18432
7	2	0.99977	0.41748	0.24430
8	51	0.57211	0.38404	0.16263
9	52	1.45071	0.56565	0.22632
10	160	0.49540	-1.12338	0.18761
11	31	0.94600	-0.89866	0.16519
12	33	0.44711	-0.93779	0.16519
13	144	1.62407	0.02636	0.25044
14	145	1.38437	0.11838	0.22170
15	156	1.67484	0.08105	0.20150
16	90	0.97283	1.09938	0.28764
17	103	0.51385	1.08462	0.16519
18	136	0.63983	1.07357	0.09708
19	53	0.47694	-1.56424	0.16263
20	133	0.61003	-1.60548	0.18432
21	8	0.58457	-1.96818	0.16263

ตารางที่ 6 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2(ต่อ)

หมายเลขในโครงสร้าง	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
22	198	0.70459	-0.45952	0.18432
23	16	0.98903	-0.44663	0.10637
24	134	2.00000	-0.59978	0.14109
25	111	0.99797	0.38255	0.25219
26	82	0.74857	0.40535	0.23498
27	129	0.60366	0.58342	0.12869
28	47	2.20504	1.43966	0.21604
29	88	0.77556	1.53793	0.17436
30	167	1.94667	1.60945	0.21087
31	13	0.68403	-1.96200	0.18751
32	17	0.35495	-2.02253	0.18761
33	73	0.49521	-2.18661	0.18761
34	107	0.90390	-1.35675	0.16519
35	91	0.72393	-0.87013	0.16519
36	79	0.57963	-0.78839	0.18761
37	155	2.00000	0.11598	0.17351
38	23	1.22358	0.13476	0.09340
39	28	0.63910	0.01554	0.16519
40	179	1.50056	0.96746	0.20172
41	176	1.44629	0.98673	0.18750
42	171	1.23884	1.09157	0.25553
43	67	2.00000	2.05106	0.22693
44	100	0.59400	2.06536	0.16519
45	151	1.65617	1.95104	0.17630

จากตารางที่ 6 เมื่อนิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของค่าพารามิเตอร์ a,b และ c ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 แล้วสรุปได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2

พารามิเตอร์	$\bar{X}$	S.D.	ต่ำสุด	สูงสุด
a	1.0275	.5423	.3256	2.2050
b	.0077	1.1353	-2.1866	2.0654
c	.1852	.0422	.0934	.2876

4.1.4 ผลการสร้างแบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบดั้งเดิมที่สร้างขึ้นนี้ ได้นิจารณาเลือกข้อสอบจากกลุ่มข้อสอบที่เหลือจากการเลือกใช้ในการสร้างแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับแล้วจำนวน 30 ข้อ แล้วนำมาเรียงลำดับข้อสอบตามค่าความยาก (b) จากน้อยไปมาก ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบดั้งเดิม

หมายเลขในแบบทดสอบ	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
1	3	0.41626	-2.42421	0.18761
2	25	0.30135	-2.41861	0.18761
3	49	0.99736	-0.68919	0.16263
4	149	0.53725	-0.66612	0.18761
5	95	0.45335	-0.59248	0.16519

ตารางที่ 8 แสดงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบดั้งเดิม(ต่อ)

หมายเลขในแบบทดสอบ	หมายเลขในกลุ่มข้อสอบ	ค่าพารามิเตอร์ a	b	c
6	105	0.35686	-0.40400	0.16519
7	116	0.90923	-0.34142	0.16263
8	200	2.00000	-0.16893	0.26798
9	55	0.73506	0.13116	0.16263
10	20	0.80689	0.22696	0.21250
11	14	1.30213	0.23665	0.23482
12	78	0.34196	0.30042	0.18761
13	98	0.58047	0.32155	0.16519
14	182	0.66510	0.37739	0.14963
15	178	0.99305	0.52762	0.12400
16	152	0.83966	0.66956	0.16263
17	124	1.41603	0.77935	0.12006
18	38	0.77283	0.88507	0.18122
19	115	1.33154	0.91438	0.25965
20	148	0.98864	1.04358	0.20219
21	80	0.68911	1.09691	0.26920
22	74	0.95426	1.12069	0.29311
23	118	1.41765	1.12374	0.27218
24	35	0.82990	1.12852	0.26887
25	195	2.19174	1.19167	0.20889
26	62	2.00000	1.22302	0.20422
27	159	2.00000	1.25592	0.17963
28	126	0.47232	1.82606	0.16263
29	68	2.00000	2.16018	0.04944
30	74	0.57630	2.19938	0.18761

จากตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของค่าพารามิเตอร์ a,b และ c ของข้อสอบในแบบทดสอบดั้งเดิมแล้วสรุปได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด ของค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแบบทดสอบดั้งเดิม

พารามิเตอร์	$\bar{X}$	S.D.	ต่ำสุด	สูงสุด
a	.9959	.5640	.3014	2.1917
b	.4345	1.0903	-2.4242	2.1994
c	.1915	.0527	.0494	.2931

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของค่าความยากของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม

แบบทดสอบ	$\bar{X}$	ต่ำสุด	สูงสุด
ปิรามิดฉบับที่ 1	-.0076	-1.7187	1.7656
ปิรามิดฉบับที่ 2	.0077	-2.1866	2.0654
ดั้งเดิม	.4345	-2.4242	2.1994

จากตารางที่ 10 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบในแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับและแบบทดสอบดั้งเดิมแล้วจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยค่าความยากของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกันคือ -.0076 และ .0077 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 จึงกล่าวได้ว่าแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับมีค่าความยากในระดับปานกลาง และเป็นไปตามโครงสร้างของแบบทดสอบปิรามิด ส่วนค่าความยากเฉลี่ยของแบบทดสอบดั้งเดิมมีค่าเท่ากับ .4345 ซึ่งกล่าวได้ว่า

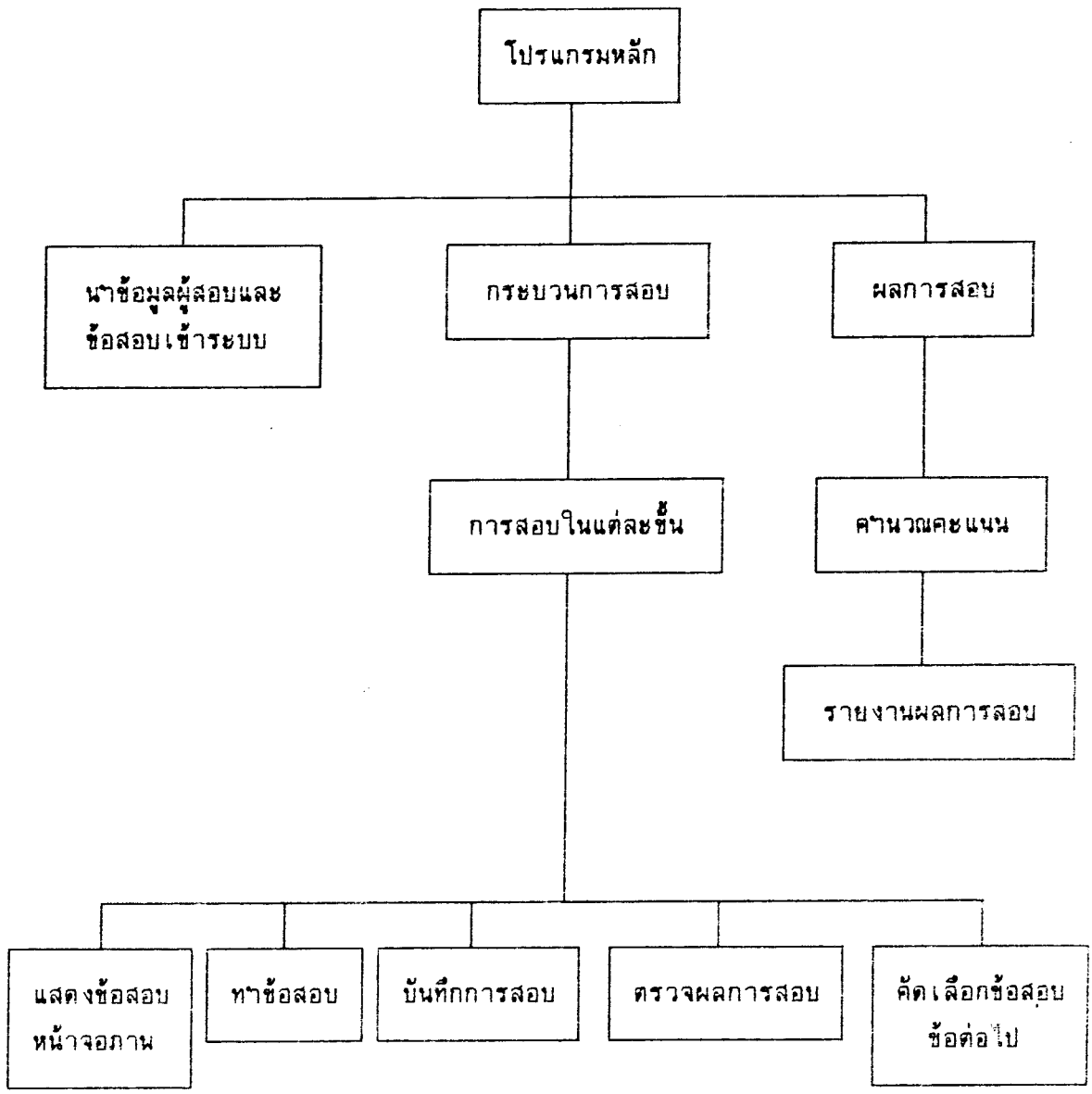
แบบทดสอบดั้งเดิมฉบับนี้มีความยากในระดับปานกลางค่อนไปทางยากเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาช่วงกว้างของค่าความยากของแบบทดสอบทั้งสามฉบับแล้วพบว่าแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิมมีช่วงกว้างใกล้เคียงกัน คือแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 มีค่าต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ -2.1866 และ 2.0654 แบบทดสอบดั้งเดิมมีค่าเท่ากับ -2.4242 และ 2.1994 ตามลำดับ ส่วนแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 มีช่วงกว้างของค่าความยากน้อยกว่าคือมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ -1.7187 และ 1.7656 ตามลำดับ

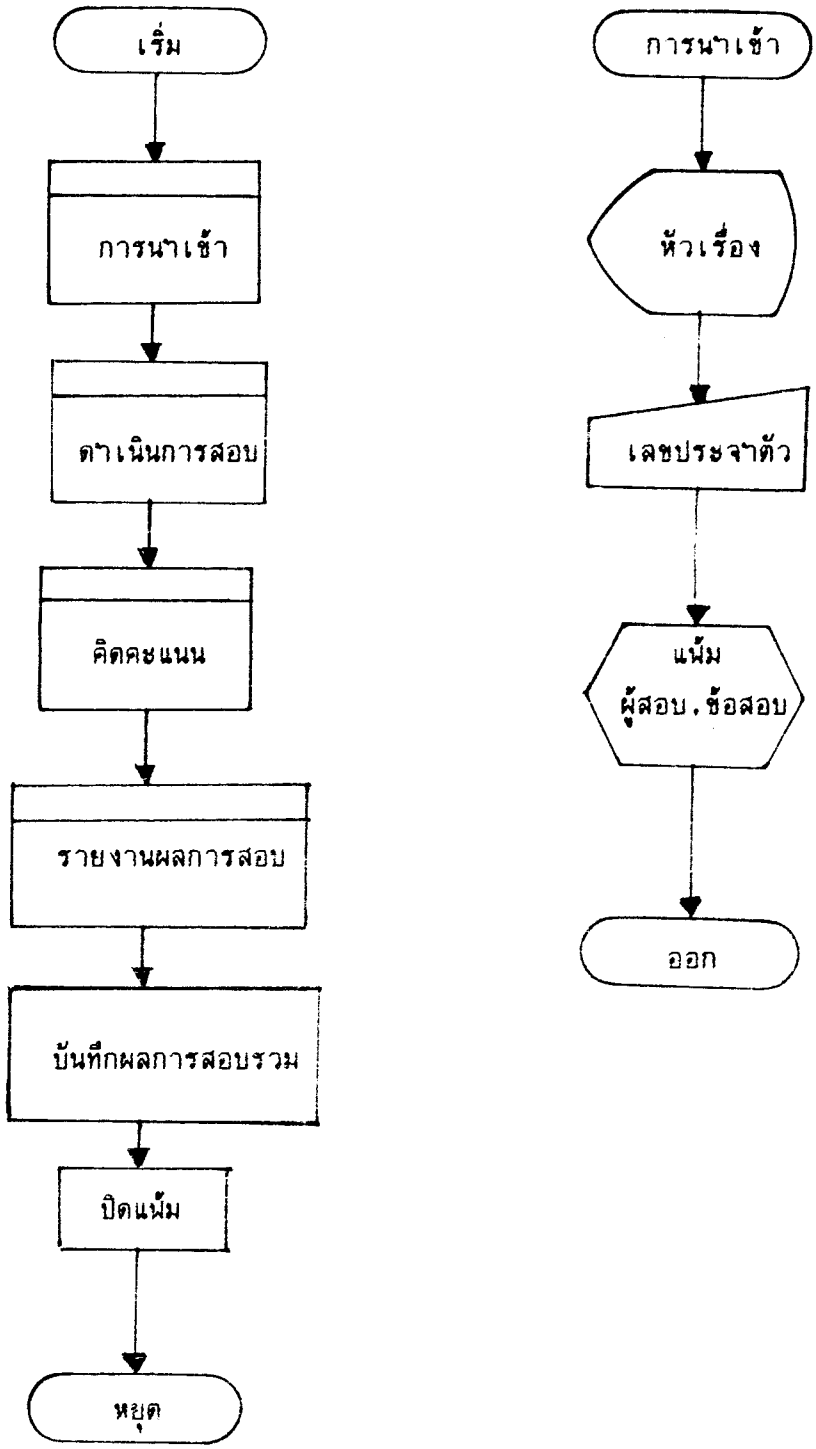
4.2 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิด

4.2.1 การกำหนดโครงสร้างและผังงานของโปรแกรม

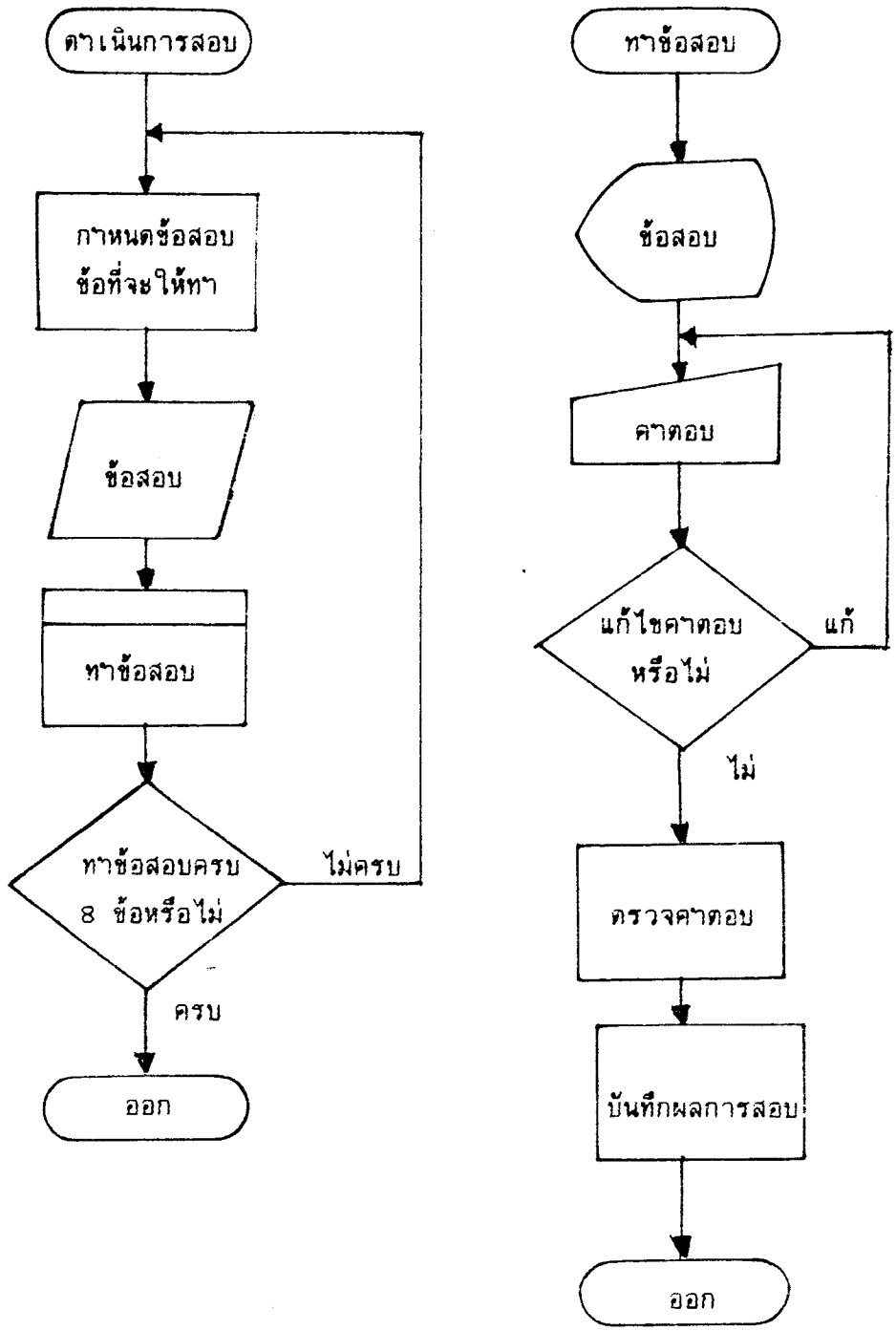
การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาทำความเข้าใจในกระบวนการทดสอบแบบปิรามิดทั้งสองรูปแบบ ศึกษาวิธีการเขียนผังงาน (Flowchart) เพื่อแสดงขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการทดสอบ หลังจากนั้นได้เขียนโครงสร้างของโปรแกรมได้ดังภาพที่ 18 และเขียนผังงานของโปรแกรมควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดทั้ง 2 ฉบับได้ดังภาพที่ 19 และ 20



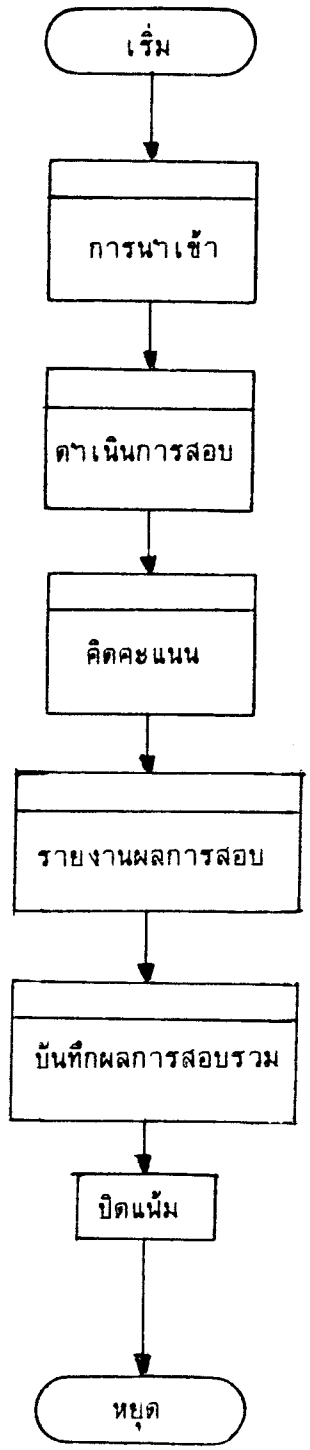
ภาพที่ 18 โครงสร้างของโปรแกรมการทดสอบแบบปิรามิด

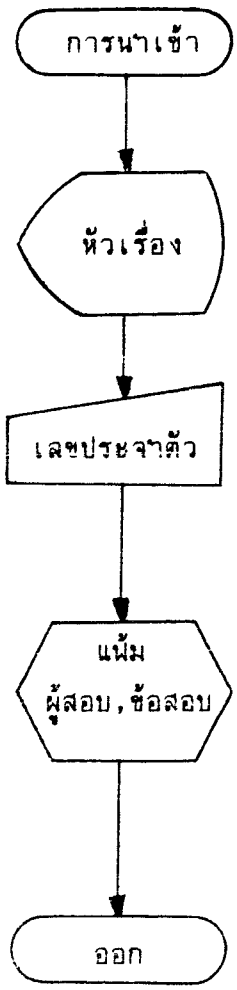


ภาพที่ 19 ผังงานของโปรแกรมแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

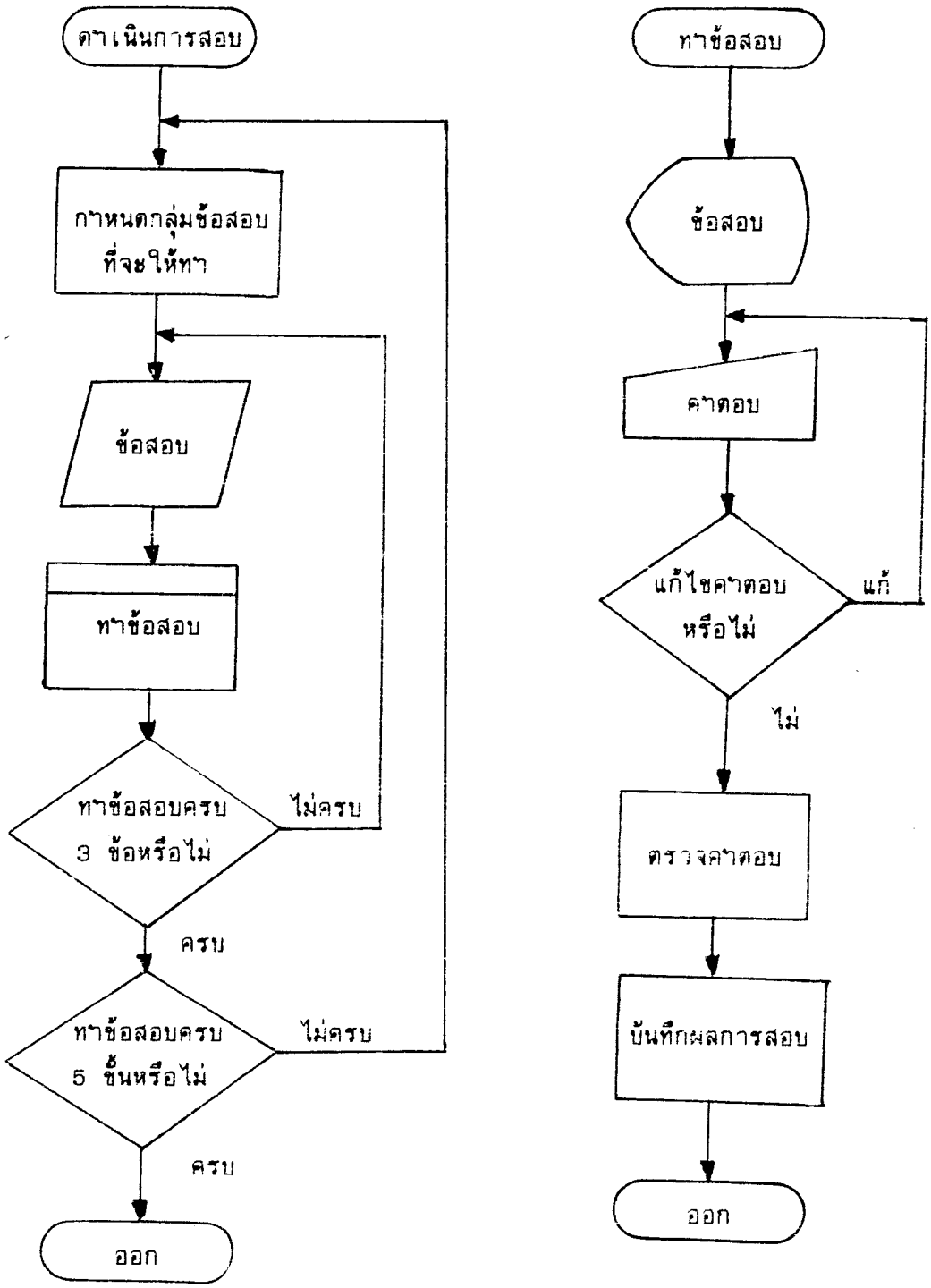


ภาพที่ 19 ผังงานของโปรแกรมแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (ต่อ)





ภาพที่ 20 ผังงานของโปรแกรมแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2



ภาพที่ 20 ผังงานของโปรแกรมแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (ต่อ)

4.2.2 การกำหนดลักษณะโครงสร้างของแฟ้มบันทึกข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม

จากโครงสร้างและผังงานของโปรแกรมแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับที่เขียนขึ้นนั้น มีขั้นตอนการดำเนินการสอบเพียงส่วนเดียวเท่านั้น ที่แตกต่างกันตามลักษณะของโครงสร้างแบบทดสอบปิรามิดแต่ละฉบับ จากผังงานทั้งหมดที่เขียนขึ้นเมื่อพิจารณาถึงแฟ้มสำหรับบันทึกข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ร่วมกับโปรแกรมการทดสอบแบบปิรามิดทั้งสองฉบับที่เขียนขึ้นแล้ว พบว่าต้องเตรียมแฟ้มข้อมูลที่มีโครงสร้างดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. โครงสร้างของแฟ้มบันทึกผลการสอบของผู้สอบ แฟ้มนี้จะถูก Copy โครงสร้างไปสร้างแฟ้มบันทึกผลการสอบของผู้สอบแต่ละคน โดยจะมีชื่อแฟ้มตามเลขประจำตัวของผู้สอบ แฟ้มข้อมูลแฟ้มนี้จะมีโครงสร้างและชื่อเหมือนกันทั้งแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 และ 2 ดังต่อไปนี้

```
Structure for database: B:student.dbf
Number of data records:       0
Date of last update    : 01/01/80
Field  Field Name  Type       Width    Dec
    1  STRMD       Numeric        2
    2  ANS         Numeric        1
    3  KEYS        Numeric        1
    4  TF          Character      1
    5  DIS         Numeric        8      5
    6  DIF         Numeric        8      5
    7  GUE         Numeric        8      5
** Total **                      30
```

2. โครงสร้างแฟ้มบันทึกข้อมูลสำหรับการทำงานของโปรแกรมเลือกข้อสอบในการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิด ซึ่งจะบันทึกหมายเลขข้อสอบไว้ว่าถ้าตอบถูกจะได้ข้อสอบข้อใด ถ้าตอบผิดจะได้ทำข้อสอบข้อใด สำหรับแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ใช้ชื่อแฟ้ม Itemno.dbf ส่วนฉบับที่ 2 ใช้ชื่อแฟ้ม Itemno2.dbf ดังรายละเอียดต่อไปนี้

```
Structure for database: B:itemno.dbf
Number of data records:      28
Date of last update    : 01/01/80
Field  Field Name  Type       Width    Dec
    1  ACTIVE      Numeric        2
```

Field	Field Name	Type	Width	Dec
2	RIGHT	Numeric	2	
3	WRONG	Numeric	2	
** Total **			7	

```
. list
```

Record#	ACTIVE	RIGHT	WRONG
1	1	3	2
2	2	5	4
3	3	6	5
4	4	8	7
5	5	9	8
6	6	10	9
7	7	12	11
8	8	13	12
9	9	14	13
10	10	15	14
11	11	17	16
12	12	18	17
13	13	19	18
14	14	20	19
15	15	21	20
16	16	23	22
17	17	24	23
18	18	25	24
19	19	26	25
20	20	27	26
21	21	28	27
22	22	30	29
23	23	31	30
24	24	32	31

```
Record#  ACTIVE RIGHT WRONG
     25      25    33    32
     26      26    34    33
     27      27    35    34
     28      28    36    35

Structure for database: B:itemno2.dbf
Number of data records:      10
Date of last update    : 01/01/80
Field  Field Name  Type       Width    Dec
    1  ACTIVE      Numeric        2
    2  RIGHT       Numeric        2
    3  WRONG       Numeric        2
** Total **                       7

. list
Record#  ACTIVE RIGHT WRONG
      1       1     7     4
      2       4    13    10
      3       7    16    13
      4      10    22    19
      5      13    25    22
      6      16    28    25
      7      19    34    31
      8      22    37    34
      9      25    40    37
     10      28    43    40
```

3. โครงสร้างของแฟ้มบันทึกข้อสอบ สำหรับบันทึกข้อสอบที่จัดไว้ในโครงสร้างของแบบทดสอบแฟ้มที่บันทึกข้อสอบสำหรับแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ชื่อ Itemfil1.dbf และฉบับที่ 2 ชื่อ Itemfil2.dbf ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Structure for database: B:itemfil1.dbf
Number of data records: 36
Date of last update : 01/01/80

Field	Field Name	Type	Width	Dec
1	ID	Numeric	3	
2	L1	Character	79	
3	L2	Character	79	
4	L3	Character	79	
5	L4	Character	79	
6	L5	Character	79	
7	L6	Character	79	
8	L7	Character	79	
9	L8	Character	79	
10	L9	Character	79	
11	L10	Character	79	
12	L11	Character	79	
13	L12	Character	79	
14	L13	Character	79	
15	L14	Character	79	
16	L15	Character	79	
17	L16	Character	79	
18	L17	Character	79	
19	L18	Character	79	
20	K	Numeric	1	
21	A	Numeric	7	5
22	B	Numeric	8	5
23	C	Numeric	7	5
** Total **			1449	

Structure for database: B:itemfil2.dbf

Number of data records: 45

Date of last update : 01/01/80

Field	Field Name	Type	Width	Dec
1	ID	Numeric	3	
2	L1	Character	79	
3	L2	Character	79	
4	L3	Character	79	
5	L4	Character	79	
6	L5	Character	79	
7	L6	Character	79	
8	L7	Character	79	
9	L8	Character	79	
10	L9	Character	79	
11	L10	Character	79	
12	L11	Character	79	
13	L12	Character	79	
14	L13	Character	79	
15	L14	Character	79	
16	L15	Character	79	
17	L16	Character	79	
18	L17	Character	79	
19	L18	Character	79	
20	K	Numeric	1	
21	A	Numeric	7	5
22	B	Numeric	8	5
23	C	Numeric	7	5
** Total **			1449	

สาหรับข้อสอบที่บันทึกไว้ในทั้งสองแฟ้มนี้ได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ข

4. โครงสร้างแฟ้มบันทึกข้อมูลประกอบการทำงานของโปรแกรมรายงานผลการสอบ แฟ้มนี้จะบันทึกตำแหน่งที่ต้องการให้ทำเครื่องหมายว่าได้ทำข้อสอบข้อใดบ้าง และผลการตอบถูกหรือผิด ซึ่งในแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ใช้ชื่อแฟ้ม It1.dbf ส่วนฉบับที่ 2 ใช้ชื่อแฟ้ม It12.dbf ดังรายละเอียดต่อไปนี้

```
Structure for database: B:it1.dbf
Number of data records:      36
Date of last update    : 01/01/80
Field  Field Name  Type       Width    Dec
    1  ITN         Numeric        2
    2  COL         Numeric        2
** Total **                       5

.list
Record#  ITN COL
      1    1  40
      2    2  36
      3    3  44
      4    4  32
      5    5  40
      6    6  48
      7    7  28
      8    8  36
      9    9  44
     10   10  51
     11   11  22
     12   12  31
     13   13  39
     14   14  47
     15   15  55
     16   16  18
     17   17  27
```

Record#	ITN	COL
18	18	35
19	19	43
20	20	51
21	21	59
22	22	13
23	23	22
24	24	31
25	25	39
26	26	47
27	27	55
28	28	63
29	29	10
30	30	18
31	31	27
32	32	35
33	33	43
34	34	51
35	35	59
36	36	67

Structure for database: B:itl2.dbf
Number of data records: 45
Date of last update : 01/01/80

Field	Field Name	Type	Width	Dec
1	ITN	Numeric	2	
2	COL	Numeric	2	
** Total **			5	

```
.list
Record#  ITN COL
      1    1  38
      2    2  41
      3    3  44
      4    4  32
      5    5  35
      6    6  38
      7    7  44
      8    8  47
      9    9  50
     10   10  25
     11   11  28
     12   12  31
     13   13  37
     14   14  40
     15   15  43
     16   16  49
     17   17  52
     18   18  55
     19   19  19
     20   20  22
     21   21  25
     22   22  31
     23   23  34
     24   24  37
     25   25  43
     26   26  46
     27   27  49
     28   28  55
     29   29  58
```

Record#	ITN	COL
30	30	61
31	31	13
32	32	16
33	33	19
34	34	25
35	35	28
36	36	31
37	37	37
38	38	40
39	39	43
40	40	49
41	41	52
42	42	55
43	43	61
44	44	64
45	45	67

4.2.3 โปรแกรมภาษา dBASE III สำหรับดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิด

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีเขียนโปรแกรมซ้อนบนโปรแกรมสำเร็จรูป dBASE III อีกชั้นหนึ่ง เพราะโปรแกรมสำเร็จรูป dBASE III แม้จะเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับงานที่เกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล แต่ก็มีชุดคำสั่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมนี้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานตามที่ต้องการซ้อนบนโปรแกรมนี้ได้ นอกจากนี้ยังมีระบบฐานข้อมูลที่ใช้งานง่ายและสะดวก ผู้ที่เริ่มใช้คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่จะคุ้นเคยกับโปรแกรมนี้ และเนื่องเป็นแนวทางให้ผู้ที่ทำหน้าที่ในการวัดผลทางการศึกษาและครูผู้สอนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมกระบวนการวัดผลทางการศึกษาต่อไป ส่วนระบบภาษาไทยที่แสดงบนจอภาพนั้นผู้วิจัยใช้ระบบภาษาไทย 25 บรรทัด ระหัสภาษาไทยของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ระบบภาษาไทยที่เลือกใช้นี้ยังมีปัญหาในการแสดงผลเกี่ยวกับสูตรเคมี กราฟและภาพที่เป็นกราฟิกอยู่ ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมสำหรับดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดครั้งนี้มีข้อจำกัดในประเด็นนี้ แต่ผู้วิจัยพยายามหลีกเลี่ยงการเขียนสูตรมาใช้การเรียกชื่อสารเคมีแทน ส่วนกราฟนั้นได้ใช้ในลักษณะของ

สัญลักษณ์ที่เป็นตัวนิมน์แทน

4.2.3.1 โปรแกรมภาษา dBASE III สำหรับแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1

โปรแกรมสำหรับควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 นี้ ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 6 โปรแกรม แต่ละโปรแกรมจะทำหน้าที่เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งตามช่วงเวลาที่โปรแกรมหลักจะเรียกให้ทำงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.โปรแกรม P1.PRG

```
*โปรแกรมหลักของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ทำหน้าที่เรียกโปรแกรมย่อยต่าง ๆ มาทำงานตาม
*ลำดับ
do aa
do proc
do scor
do dd
save to &code
clea all
return
```

2.โปรแกรม AA.PRG

```
*โปรแกรมสำหรับให้ผู้สอบติดต่อกับระบบการทดสอบ โดยผู้สอบจะต้องแจ้งเลขประจำตัวผู้สอบ เพื่อ
*เข้าสู่ระบบการทดสอบต่อไป
public cod,code
set talk off
clea
a = 3
do while a <= 77
  @ 3,a say '*'
  a = a+1
enddo
a = 4
do while a <= 13
  @ a,75 say '***'
  a = a+1
```

```
enddo
a = 77
do while a >= 3
  @ 14,a say '*'
  a = a-1
enddo
a = 13
do while a >= 4
  @ a,3 say '***'
  a = a-1
enddo
@ 5,20 say 'โรงเรียนสาธิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น'
@ 7,30 say 'แบบทดสอบรูปปิรามิด  ฉบับที่ 1'
@ 9,38 say 'วิชา เคมี'
@ 11,29 say 'เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี'
@ 15,59 say 'โดย ไพศาล สุวรรณน้อย'
?
?
?
?
?
?
cod = '    '
                    ของนักเรียน : ' get cod
read
code = 'S'+cod
use student
copy stru to &code
use
sele 1
use &code
```

```
sele 2
use itemno
sele 3
use itemfil1
clea
return
```

3. โปรแกรม PROC.PRG

*โปรแกรมดำเนินการสอบ ทำหน้าที่คัดเลือกข้อสอบที่จะให้ผู้สอบทำเป็นข้อต่อไปและเรียกโปรแกรม
*การทำข้อสอบให้ทำงาน

```
publ act,sta,right,wrong,tim1,tim2
store 1 to sta,act
tim1 = time()
do while sta <= 8
sele 2
locate for active = act
right = right
wrong = wrong
sele 3
go act
do test
sta = sta+1
enddo
tim2 = time()
return
```

4. โปรแกรม TEST.PRG

*โปรแกรมควบคุมการทำข้อสอบของผู้สอบ

```
PUBLIC key,tfit,dfit,cha,key2,disit,gueit,ks,key1,ky,ch,st
st = recn()
ks = k
```

```
disit = a
dfit = b
gueit =c
*การแสดงข้อสอบทางจอภาพ
@ 1,5 SAY 'ข้อที่ '+STR(recn(),2)
@ 1,65 say 'ชั้นที่ '+str(sta,1)
@ 2,3 SAY
'-------------------------------------------------------------------
--'
? 11
? 12
? 13
? 14
? 15
? 16
? 17
? 18
? 19
? 110
? 111
? 112
? 113
? 114
? 115
? 116
@ 18,3 SAY
'===================================================================
=='
@ 19,5 SAY '

@ 20,5 SAY '
```

```
@ 21,5 say '

@ 22,5 say '

@ 23,5 SAY '

@ 24,5 SAY '

*รับคำตอบที่ผู้สอบเลือก
ky = 'T'
key1 = ' '
do while ky = 'T'
@ 20,20 SAY 'กดหมายเลขหน้าคำตอบที่นักเรียนเลือก :' get key1
read
key = val(key1)
if key = 1 .or. key = 2 .or. key = 3 .or. key = 4
ky = 'F'
endif
enddo
*การแก้ไขคำตอบที่เลือกไว้
@ 19,5 SAY 'คำตอบที่นักเรียนเลือกไว้คือ : '+str(key,1)
@ 19,39 SAY '**ต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบหรือไม่ ?**'
@ 20,18 SAY '** ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่   ให้กดเลข 0 **'
@ 21,18 SAY '** แต่ถ้าไม่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ  ให้กดเลข 9 **'
cha = ' '
ch = 'T'
do while ch = 'T'
@ 23,24 say 'โปรดเลือกกดเลข 0 หรือเลข 9 เท่านั้น' get cha
read
if cha = '0' .or. cha = '9'
```

```
ch = 'F'
endif
enddo
IF cha = '0'
    @ 19,5 SAY '
                                '
    @ 20,5 SAY '
                                '
    @ 21,5 SAY '
                                '
    @ 22,5 SAY '
                                '
    @ 23,5 SAY '
                                '
key2 = ' '
ky = 'T'
do while ky = 'T'
    @ 20,20 SAY 'กดหมายเลขหน้าคำตอบที่เลือกใหม่ : ' get key2
read
key = val(key2)
if key = 1 .or. key = 2 .or. key = 3 .or. key = 4
ky = 'F'
endif
enddo
ENDIF
*การตรวจผลการสอบเป็นรายข้อเพื่อกำหนดหมายเลขข้อสอบที่จะให้ทำในขั้นถัดไป
IF key = ks
    act = right
    tfit = 'T'
    ELSE
       act = wrong
```

```
        tfit = 'F'
ENDIF
sele 1
appe blan
repl tf with tfit,dif with dfit,dis with disit,gue with gueit,ans
with key,keys with ks,strmd with st
RETURN
```

5.โปรแกรม SCOR.PRG

```
*โปรแกรมคำนวณคะแนนผลการสอบ
pUBLIC sttm,sst,sdif,score
sele 1
        COUNT TO sst FOR tf = 'T'
        SUM dif TO sdif FOR tf = 'T'
        score = sdif/sst
RETURN
```

6.โปรแกรม DD.PRG

```
*โปรแกรมสำหรับรายงานผลการสอบทางจอภาพ
close database
publ line,col,it
CLEAR
@ 2,10 SAY '** รายงานผลการสอบ **'
@ 2,45 SAY 'เลขประจำตัวนักเรียน :'+code
@ 5,40 say '1'
@ 7,36 say '2'
@ 7,44 say '3'
@ 9,32 say '4'
@ 9,40 say '5'
@ 9,48 say '6'
@ 11,28 say '7'
@ 11,36 say '8'
```

```
@ 11,44 say '9'
@ 11,51 say '10'
@ 13,22 say '11'
@ 13,31 say '12'
@ 13,39 say '13'
@ 13,47 say '14'
@ 13,55 say '15'
@ 15,18 say '16'
@ 15,27 say '17'
@ 15,35 say '18'
@ 15,43 say '19'
@ 15,51 say '20'
@ 15,59 say '21'
@ 17,13 say '22'
@ 17,22 say '23'
@ 17,31 say '24'
@ 17,39 say '25'
@ 17,47 say '26'
@ 17,55 say '27'
@ 17,63 say '28'
@ 19,10 say '29'
@ 19,18 say '30'
@ 19,27 say '31'
@ 19,35 say '32'
@ 19,43 say '33'
@ 19,51 say '34'
@ 19,59 say '35'
@ 19,67 say '36'
@ 21,9 say
'============================================================='
sele 1
```

```
use &code
sele 2
use it1
sele 1
go top
line = 6
do while .not. eof()
it = strmd
sele 2
go it
col = col
@ line,col say '*'
sele 1
skip
line = line+2
enddo
@ 22,31 say 'คะแนนที่ได้ = '+STR(SCORE,8,5)
@ 23,9 say 'เริ่มสอบเมื่อเวลา : '+tim1
@ 23,45 say 'สอบเสร็จเมื่อเวลา : '+tim2
RETURN
```

4.2.3.2 โปรแกรมภาษา dBASE III สำหรับแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2

โปรแกรมสำหรับควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 นี้ ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 6 โปรแกรม แต่ละโปรแกรมจะทำหน้าที่เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งตามช่วงเวลาที่โปรแกรมหลักจะเรียกให้ทำงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.โปรแกรม P2.PRG

```
*โปรแกรมหลักของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ทำหน้าที่เรียกโปรแกรมย่อยต่าง ๆ มาทำงานตาม
*ลำดับ
do aa2
do proc2
do scor2
```

```
store 1 to sta,act
tim1 = time()
do while sta <= 5
sele 2
locate for active = act
right = right
wrong = wrong
sele 3
go act
ni=1
scr = 0
do while ni <= 3
do test2
if key=ks
   scr=scr+1
endif
ni=ni+1
sele 3
skip
enddo
if scr <= 1
   act=wrong
   else
   act=right
endif
sta = sta+1
enddo
tim2 = time()
return
```

4. โปรแกรม TEST2.PRG

```
*โปรแกรมควบคุมการทำข้อสอบของผู้สอบ
PUBLIC key,tfit,dfit,cha,key2,disit,gueit,ks,key1,ky,ch,st
st = recn()
ks = k
disit = a
dfit = b
gueit =c
*การแสดงข้อสอบทางจอภาพ
@ 1,5 SAY 'ข้อที่ '+STR(recn(),2)
@ 1,65 say 'ชั้นที่ '+str(sta,1)
@ 2,3 SAY
'-----------------------------------------------------------------
--'
? 11
? 12
? 13
? 14
? 15
? 16
? 17
? 18
? 19
? 110
? 111
? 112
? 113
? 114
? 115
? 116
@ 18,3 SAY '=============================================================
```

```
========'
@ 19,5 SAY '

@ 20,5 SAY '

@ 21,5 say '

@ 22,5 say '

@ 23,5 SAY '

@ 24,5 SAY '

*รับคำตอบที่ผู้สอบเลือก
ky = 'T'
key1 = ' '
do while ky = 'T'
@ 20,20 SAY 'กดหมายเลขหน้าคำตอบที่นักเรียนเลือก :' get key1
read
key = val(key1)
if key = 1 .or. key = 2 .or. key = 3 .or. key = 4
ky = 'F'
endif
enddo
*การแก้ไขคำตอบที่เลือกไว้
@ 19,5 SAY 'คำตอบที่นักเรียนเลือกไว้คือ : '+str(key,1)
@ 19,39 SAY '**ต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบหรือไม่ ?**'
@ 20,18 SAY '** ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่   ให้กดเลข 0 **'
@ 21,18 SAY '** แต่ถ้าไม่ต้องการเปลี่ยนคำตอบ  ให้กดเลข 9 **'
cha = ' '
ch = 'T'
```

```
do while ch = 'T'
@ 23,24 say 'โปรดเลือกกดเลข 0 หรือเลข 9 เท่านั้น' get cha
read
if cha = '0' .or. cha = '9'
ch = 'F'
endif
enddo
IF cha = '0'
    @ 19,5 SAY '
                                '
    @ 20,5 SAY '
                                '
    @ 21,5 SAY '
                                '
    @ 22,5 SAY '
                                '
    @ 23,5 SAY '
                                '
key2 = ' '
ky = 'T'
do while ky = 'T'
    @ 20,20 SAY 'กดหมายเลขหน้าคำตอบที่เลือกใหม่ : ' get key2
read
key = val(key2)
if key = 1 .or. key = 2 .or. key = 3 .or. key = 4
ky = 'F'
endif
enddo
ENDIF
*ตรวจผลการตอบข้อสอบเป็นรายข้อเพื่อเลือกหมายเลขข้อสอบให้ทำในขั้นถัดไป
IF key = ks
```

```
    tfit = 'T'
    ELSE
        tfit = 'F'
ENDIF
sele 1
appe blan
repl tf with tfit,dif with dfit,dis with disit,gue with gueit,ans
with key,keys with ks,strmd with st
RETURN
```

5.โปรแกรม SCOR2.PRG

```
*โปรแกรมคำนวณคะแนนผลการสอบ
pUBLIC sttm,sst,sdif,score
sele 1
        COUNT TO sst FOR tf = 'T'
        SUM dif TO sdif FOR tf = 'T'
        score = sdif/sst
RETURN
```

6.โปรแกรม DD2.PRG

```
*โปรแกรมรายงานผลการสอบทางจอภาพ
close database
publ line,col,it,sl,il,R
CLEAR
@ 2,12 SAY '** รายงานผลการสอบ **'
@ 2,45 SAY 'เลขประจำตัวนักเรียน :'+code
@ 5,37 say ' 1  2  3'
@ 8,31 say ' 4  5  6'
@ 8,43 say ' 7  8  9'
@ 11,25 say '10 11 12'
@ 11,37 say '13 14 15'
```

```
@ 11,49 say '16 17 18'
@ 14,19 say '19 20 21'
@ 14,31 say '22 23 24'
@ 14,43 say '25 26 27'
@ 14,55 say '28 29 30'
@ 17,13 say '31 32 33'
@ 17,25 say '34 35 36'
@ 17,37 say '37 38 39'
@ 17,49 say '40 41 42'
@ 17,61 say '43 44 45'
@ 20,13 say
'============================================================='
sele 1
use &code
sele 2
use it12
sele 1
sl = 1
line = 6
do while .not. eof()
it = strmd
R = TF
sele 2
locate for itn = it
col = col
If R='T'
    @ line,col say '+'
Else
    @ line,col say '-'
Endif
sele 1
```

```
skip
sl = sl+1
If sl = 4
 sl = 1
 line = line+3
Endif
enddo
@ 22,31 say 'คะแนนที่ได้ = '+STR(SCORE,8,5)
@ 23,13 say 'เริ่มสอบเมื่อเวลา : '+tim1
@ 23,45 say 'สอบเสร็จเมื่อเวลา : '+tim2
RETURN
```

4.2.4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้ ได้ดำเนินการประเมินใน 2 ลักษณะคือการประเมินทางด้านเทคนิค (Technical Evaluation) เป็นการประเมินในระยะพัฒนาโปรแกรมก่อนที่จะนำโปรแกรมไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง และการประเมินทางด้านการใช้ (Operational Evaluation) ซึ่งประเมินทั้งในระยะพัฒนาและในระยะทดลองใช้โปรแกรม การประเมินโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ อาศัยแนวทางการประเมินตามข้อเสนอแนะของ Musa (อ้างถึงใน Pressman,1987) แต่ไม่สามารถประเมินโดยการใช้โมเดลทางสถิติในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินโปรแกรมได้ เนื่องจากว่าโมเดลที่ Musa เสนอไว้นั้นเหมาะสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมขนาดใหญ่ คือมี CPU Execution Time สูง ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมในที่นี้จึงต้องประเมินในเชิงคุณภาพแทน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.4.1 การประเมินทางด้านเทคนิค (Technical Evaluation)

การประเมินทางด้านเทคนิคนี้ดำเนินการในระยะพัฒนาโปรแกรมเป็นการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมใน 3 ระดับ ดังนี้

1.การตรวจสอบความผิดพลาด (Error Detection) เป็นการตรวจสอบเพื่อหาข้อผิดพลาดของการเขียนชุดคำสั่งสำหรับการสั่งงานที่ใช้ภาษา dBASE III โดยการตรวจสอบว่าเขียนชุดคำสั่งในแต่ละบรรทัดถูกต้องตาม Syntax ของภาษาหรือไม่ จากการตรวจสอบในขั้นแรกจาก

โปรแกรมย่อยทั้งหมด 12 โปรแกรมพบ Syntax Error อยู่ 6 บรรทัด จึงได้แก้ไขให้ถูกต้องตามคู่มือการเขียนโปรแกรมภาษา dBASE III

2.การทดสอบโมดูล (Module Testing)เป็นการทดสอบโปรแกรมย่อยแต่ละโปรแกรมดำเนินการหลังจากที่เขียนชุดคำสั่งในแต่ละโปรแกรมย่อยและแก้ไข Syntax Errorแล้ว โดยนำมาทำ Test Case คือป้อนข้อมูลที่สมมติขึ้นเข้าในแต่ละโปรแกรมย่อยแล้วสั่ง Run โปรแกรมดูว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นหรือไม่ จากการทดสอบโปรแกรมย่อยทั้งหมด 12 โปรแกรม พบว่าในโปรแกรมสำหรับรายงานผลการสอบทางจอภาพของแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับคือ โปรแกรม DD.PRG และโปรแกรม DD2.PRG ไม่สามารถกำหนดเครื่องหมายแสดงผลการตอบข้อสอบแต่ละข้อในตำแหน่งที่ต้องการได้ จึงได้ตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกไว้ในแฟ้ม ITL.DBF และแฟ้ม ITL2.DBF จึงพบว่าการกำหนดตำแหน่งเครื่องหมายแสดงผลการตอบข้อสอบรายข้อใน FIELD ชื่อ COL กำหนดค่าไม่สอดคล้องกับการกำหนดตำแหน่งหมายเลขข้อตามโครงสร้างของแบบทดสอบปิรามิด จึงแก้ไขค่าในแฟ้มข้อมูลทั้งสองให้ถูกต้อง แล้วจึงทำ Test Case เมื่อทดสอบโปรแกรมย่อยทั้งสองอีกครั้งพบว่าสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้

3.การทดสอบโปรแกรม (Program Testing) เป็นการทดสอบการทำงานร่วมกันของโปรแกรมย่อยทั้งหมด โดยในครั้งแรกผู้วิจัยได้ทดสอบด้วยตัวเองโดยการสั่ง RUN โปรแกรมหลักคือ P1.PRG แล้วดำเนินการตามขั้นตอนของการทำแบบทดสอบในสภาพการณ์เหมือนการทดสอบจริง หลังจากทำแบบทดสอบครบตามโครงสร้างจำนวน 8 ข้อแล้วตรวจสอบดูการรายงานผลการสอบคือตำแหน่งของเครื่องหมายที่แสดงผลการตอบรายข้อ คะแนนผลการสอบ เวลาเริ่มทำข้อสอบ และเวลาเมื่อทำข้อสอบเสร็จ ผลปรากฏว่าข้อมูลการรายงานผลทางจอภาพถูกต้อง ต่อจากนั้นได้เรียกแฟ้มบันทึกผลการสอบทั้งแฟ้มที่เก็บข้อมูลในลักษณะ Data File คือแฟ้มที่มี Filetype เป็น .DBF และแฟ้มบันทึกค่าตัวแปรทุกตัวที่ใช้ในโปรแกรมจากหน่วยความจำ คือแฟ้มที่มี Filetype เป็น .MEM มาตรวจสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ พบว่าทุกตัวแปรมีค่าถูกต้อง การทดสอบโปรแกรมดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 คือโปรแกรม P2.PRG ก็ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดสอบโปรแกรม P1.PRG ซึ่งผลการทดสอบได้ผลเช่นเดียวกันคือโปรแกรมสามารถทำงานตามที่ต้องการได้และค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งที่ผู้ใช้ป้อนเข้าทางแป้นพิมพ์และค่าตัวแปรที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมมีค่าถูกต้องทั้งหมด

หลังจากที่ผู้วิจัยทดสอบโปรแกรมด้วยตนเองแล้ว ได้นำทั้งสองโปรแกรมไปให้อาจารย์ที่สอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาจำนวน 3 คน และผู้ที่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 3 คนทดลองใช้โปรแกรม โดยให้อ่านคู่มือการทดสอบแบบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยเขียนขึ้นประกอบการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ แล้วให้ทดลองสอบในสภาพการณ์เหมือนการทดสอบจริง ผลปรากฏว่าทั้งสองโปรแกรมทำงานได้ตามที่ต้องการ ทั้งนี้ผู้ที่ทดลองสอบทั้ง 6 คนให้ความคิดเห็นโดยสรุปว่า โปรแกรม

สามารถควบคุมการดำเนินการสอบตามที่กำหนดได้ เป็นโปรแกรมที่น่าสนใจถ้าสามารถนำไปใช้กับวิชาอื่น ๆ ได้ สิ่งที่ควรพัฒนาเพิ่มขึ้นคือข้อสอบควรมีภาพประกอบ และมีเสียงตอบสนองเมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลด้วยจะทำให้น่าสนใจมากขึ้น แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทำวิจัยครั้งนี้มีจำกัดอีกทั้งข้อจำกัดของภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมนี้ไม่สามารถแสดงผลในลักษณะของกราฟิกได้ ถ้าต้องการแสดงผลทางกราฟิกก็สามารถทำได้โดยการใช้โปรแกรม dBASE III ร่วมกับ ภาษา C ซึ่งผู้วิจัยยังขาดความรู้ในเรื่องภาษา C จึงไม่สามารถพัฒนาโปรแกรมในลักษณะดังกล่าวได้ทัน ส่วนในเรื่องของเสียงตอบสนองการกดแป้นพิมพ์ของผู้สอบนั้น โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำให้เกิดเสียงได้อยู่แล้วโดยการ SET BELL ON แต่ที่ผู้วิจัยไม่ต้องการให้เกิดเสียงโดย SET BELL OFF ไว้เนื่องจากว่าในการทดลองใช้โปรแกรมนี้กลุ่มตัวอย่างจะต้องทำข้อสอบในเวลาเดียวกัน 5 คน ถ้าให้มีเสียงดังเมื่อกดแป้นพิมพ์ป้อนข้อมูลจะทำให้ผู้สอบเสียสมาธิได้ ถ้าใช้ในการสอบเป็นรายบุคคลในห้องที่เก็บเสียงได้ก็สามารถทำให้มีเสียงดังได้

4.2.4.2 การประเมินทางด้านการใช้ (Operation Evaluation)

การประเมินทางด้านการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดที่พัฒนาขึ้นนี้ ดำเนินการประเมินเนื่องจากพิจารณาใน 2 ลักษณะคือ ศึกษาปัญหาที่เกิดจากผู้ใช้ (User's Problems) เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อนำโปรแกรมนี้ไปใช้ในสถานการณ์จริงแล้วจะเกิดปัญหาจากผู้ใช้อย่างไรบ้าง และการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของโปรแกรม (Program Validity) เพื่อตรวจสอบดูว่าเมื่อให้ผู้ใช้ทั่ว ๆ ไปใช้โปรแกรมนี้แล้ว โปรแกรมนี้จะสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ผลการประเมินสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาของโปรแกรมที่เกิดจากผู้ใช้ (User's Problems) การรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดจากผู้ใช้โปรแกรมนี้ ดำเนินการเป็น 2 ระยะคือในระยะการประเมินทางด้านเทคนิคที่ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สอนวิชาเคมีและผู้ที่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์รวม 6 คนทดลองใช้โปรแกรม และรวบรวมข้อมูลในระยะที่ทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 40 คน จากการรวบรวมข้อมูลทางด้านปัญหาของโปรแกรมที่เกิดจากผู้ใช้ทั้งสองระยะดังกล่าวพบว่า ไม่มีปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นเพราะผู้ใช้ดำเนินการตามคำแนะนำในคู่มือประกอบการใช้โปรแกรมที่ให้อ่านล่วงหน้า ที่ไม่เกิดปัญหาขึ้นจากผู้ใช้ครั้งนี้นอกจากผู้ใช้ดำเนินการตามคู่มือประกอบการใช้โปรแกรมแล้ว การเขียนโปรแกรมผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการป้องกันการป้อนข้อมูลทางแป้นพิมพ์ผิดพลาดไว้ด้วย โดยกำหนดให้กดได้เฉพาะแป้นพิมพ์ที่เป็นตัวเลขเฉพาะในแต่ละช่วงเท่านั้น คือ การเลือกคำตอบแต่ละข้อจะกำหนดให้กดได้เฉพาะแป้นพิมพ์ที่เป็นตัวเลข 1 ถึง 4 เท่านั้น โปรแกรมจึงจะรับข้อมูลนำเข้าและทำงานต่อได้ การแก้ไขคำตอบก็ให้กดได้เฉพาะแป้นพิมพ์ที่เป็นตัวเลข 0 หรือ 9 เท่านั้น จากการเขียนโปรแกรมเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดในการป้อนข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้โปรแกรมเช่นนี้ ทำให้ลดข้อผิดพลาด

ที่อาจเกิดจากผู้ใช้ได้มาก ประกอบกับโปรแกรมนี้จะมีคำชี้แจงให้ผู้ใช้ดำเนินการตามปรากฏทางจอภาพทุกขั้นตอน จึงนับได้ว่าโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่ใช้ง่าย ผู้ที่ไม่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์สามารถใช้ได้โดยไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทดลองใช้ครั้งนี้

2.การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของโปรแกรม (Program Validity) การหาความเที่ยงตรงของโปรแกรมในที่นี้ เป็นเพียงการประเมินดูว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด นั่นคือแต่ละโปรแกรมสามารถใช้ดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดแต่ละฉบับได้ตามต้องการหรือไม่ จากการทดลองใช้กับกลุ่มผู้ที่เป็นผู้สอนวิชาเคมี ผู้ที่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ และกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียน พบว่าผลการทำงานของโปรแกรมทุกครั้งที่สั่งให้ทำงาน โปรแกรมสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ทุกครั้ง จึงถือได้ว่าโปรแกรมนี้มีความเที่ยงตรงในการทำงานหรือสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

4.3 การประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

การประเมินแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ หลังจากทดลองใช้แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งสองฉบับในการวิจัยระยะที่ 2 โดยให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน ตอบแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับและแบบทดสอบดั้งเดิม 2 ครั้ง แล้วนำผลการสอบครั้งที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อประเมินผลการทดลองใช้แบบทดสอบปิรามิดที่สร้างขึ้น ส่วนผลการสอบครั้งที่ 2 นั้นจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละฉบับ โดยนำมาหาค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนผลการสอบกับครั้งที่ 1 จากการทดลองใช้แบบทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ผู้วิจัยนำคะแนนผลการสอบที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป MICROSTAT ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้

4.3.1 การกระจายของคะแนนผลการสอบ (Score Distributions)

จากคะแนนผลการสอบครั้งที่ 1 จากการตอบแบบทดสอบดั้งเดิม แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน เมื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของคะแนนผลการสอบและค่าประมาณความสามารถซึ่งประมาณจากคะแนนผลการสอบแบบทดสอบดั้งเดิม สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าสถิติเบื้องต้นแสดงการแจกแจงของคะแนนผลการสอบจากแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (PRM1), ปิรามิดฉบับที่ 2 (PRM2) และแบบทดสอบดั้งเดิม (CON)

ค่าสถิติพื้นฐาน	PRM1	PRM2	CON
ค่าเฉลี่ย	0.455	0.626	20.525
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.340	0.327	4.966
ค่าต่ำสุด	-0.123	-0.408	9.000
ค่าสูงสุด	0.855	1.029	28.000
สัมประสิทธิ์ความเบ้	-0.620	-0.888	-0.889
สัมประสิทธิ์ความโด่ง	1.762	3.706	3.088
CHI SQUARE	35.200*	3.200	21.200*

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 11 คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม ได้มาจากวิธีการที่แตกต่างกัน จึงไม่นำค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดมาเปรียบเทียบกัน

ค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้ของคะแนนจากแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม มีค่าน้อยกว่า 0 จึงกล่าวได้ว่าโค้งความถี่ของคะแนนจากแบบทดลอบทั้งสามฉบับ มีลักษณะเบ้ทางลบ (Negative Skewness)

ค่าสัมประสิทธิ์ความโด่งของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม มีค่ามากกว่า 0 จึงกล่าวได้ว่าโค้งความถี่ของคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสามฉบับ มีลักษณะโด่งค่อนข้างมาก

อย่างไรก็ตามผลจากการทดสอบว่าคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสามฉบับ มีการแจกแจงเป็นแบบโค้งปกติหรือไม่โดยใช้ Chi-square Test พบว่า คะแนนแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 และแบบทดสอบดั้งเดิมมีการแจกแจงไม่เป็นแบบโค้งปกติ ส่วนคะแนนจากแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 มีการแจกแจงเป็นแบบโค้งปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4.3.2 ผลการประเมินแบบทดสอบปิรามิดด้วยเกณฑ์เชิงความเป็นไปได้

เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson Product Moment ระหว่างคะแนนผลการสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับ และแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งถือว่าเป็นค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ได้ผลดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) กับเกณฑ์ (r_{aa}) ของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (PRM1) แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (PRM2) และแบบทดสอบดั้งเดิม (CON)

แบบทดสอบ	จำนวนข้อสอบ	r_{aa}	r_{tt}	Z
PRM1	8	0.50	0.84	4.087*
PRM2	15	0.60	0.98	9.760*
CON	30	0.70	0.88	3.093*

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 12 พบว่าแบบทดสอบทั้งสามฉบับ คือ แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม มีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 จึงกล่าวได้ว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นทั้งสามฉบับ ให้ความเชื่อมั่นในการวัดอยู่ในเกณฑ์สูง นั่นคือเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีทั้งสามฉบับ

เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสามฉบับ ได้ผลดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนข้อสอบ (n) ค่าความเชื่อมั่น (r_{tt}) และการเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (PRM1) แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (PRM2) และแบบทดสอบดั้งเดิม (CON)

แบบทดสอบ	n	r_{tt}	χ^2
PRM1	8	0.84	25.0637*
PRM2	15	0.98	
CON	30	0.88	

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 13 พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 นั่นคือจะต้องมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ จึงนำค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสามฉบับมาเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ได้ผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงจำนวนผู้สอบ (N) และการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ระหว่างค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (r_1) แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (r_2) และแบบทดสอบดั้งเดิม (r_3)

$Z_{ri} - Z_{rj}$	N	Z_{ri}	Z_{rj}	Z
$Z_{r2} - Z_{r1}$	40	2.2976	1.2212	4.632**
$Z_{r1} - Z_{r3}$	40	1.2212	1.3758	-0.665
$Z_{r2} - Z_{r3}$	40	2.2976	1.3758	3.966**

**$p < 0.01$

จากตารางที่ 14 พบว่าแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าแบบทดสอบ

บิรามิดฉบับที่ 1 และแบบทดสอบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 และแบบทดสอบดั้งเดิมให้ค่าความเชื่อมั่นไม่แตกต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การทดสอบแบบบิรามิดซึ่งใช้จำนวนข้อสอบน้อยกว่าจะให้ความเชื่อมั่นในการวัดสูงกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งเป็นไปตามหลักการของการทดสอบแบบเทเลอร์ นั่นคือแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 ซึ่งนักเรียนทำข้อสอบเพียง 8 ข้อก็ให้ค่าความเชื่อมั่นในการวัดไม่แตกต่างจากแบบทดสอบดั้งเดิมซึ่งนักเรียนต้องทำข้อสอบถึง 30 ข้อ เมื่อปรับให้มีจำนวนข้อสอบเท่ากับแบบทดสอบดั้งเดิมคือ 30 ข้อแล้วจะพบว่าให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าแบบทดสอบดั้งเดิม สำหรับแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 2 ซึ่งนักเรียนทำข้อสอบเพียง 15 ข้อ ก็พบว่าให้ค่าความเชื่อมั่นในการวัดสูงกว่าแบบทดสอบดั้งเดิมที่นักเรียนทำข้อสอบมากเป็นสองเท่าคือ 30 ข้อ

นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นระหว่างแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 2 ซึ่งนักเรียนทำข้อสอบ 3 ข้อในแต่ละขั้น กับแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 ซึ่งนักเรียนทำข้อสอบขั้นละ 1 ข้อ ที่พบว่าแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 2 ให้ค่าความเชื่อมั่นในการวัดสูงกว่าแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 นั้น กล่าวได้ว่าผลการวิจัยเป็นไปตามหลักการของการทดสอบแบบบิรามิด นั่นคือการประมาณระดับความสามารถของผู้สอบเมื่อคัดเลือกข้อสอบให้ทำในขั้นต่อไปของแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 2 ประมาณจากผลการตอบข้อสอบจำนวน 3 ข้อ ซึ่งทำให้ผลการประมาณระดับความสามารถใกล้เคียงกับระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบมากกว่าการประมาณระดับความสามารถของผู้สอบในแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 ซึ่งใช้ผลการตอบข้อสอบเพียงข้อเดียวในการประมาณระดับความสามารถในแต่ละขั้น

สำหรับการประเมินแบบทดสอบบิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสอบครั้งที่ 1 ด้วยแบบทดสอบบิรามิดฉบับที่ 1 ฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิมมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson Product Moment กับระดับคะแนนวิชาเคมี ซึ่งใช้เป็นเกณฑ์สำหรับการประเมินแบบทดสอบบิรามิดในการวิจัยนี้ ผลจากการคำนวณได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการสอบครั้งที่ 1 ด้วยแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (PRM1) แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (PRM2) แบบทดสอบดั้งเดิม (CON) และ ระดับคะแนนวิชาเคมี (GRADE)

	PRM1	PRM2	CON
PRM1	-		
PRM2	0.447*	-	
CON	0.499*	0.962*	-
GRADE	0.363*	0.416*	0.360*

*$p < 0.05$

จากตารางที่ 15 ผลปรากฏว่าคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับ แบบทดสอบดั้งเดิมและระดับคะแนนวิชาเคมี มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับความตรงเชิงเกณฑ์เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิมกับระดับคะแนนวิชาเคมี พบว่า แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิมมีค่าความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์เท่ากับ 0.363, 0.416 และ 0.360 ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่า แบบทดสอบทั้งสามฉบับมีความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 15 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ของแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับ (r_{1G}, r_{2G}) และ ของแบบทดสอบดั้งเดิม (r_{3G}) ไปทดสอบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ที่ระดับแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 37 ค่า t ในตารางเท่ากับ 2.43 (Edwards, 1973) ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ของแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 (r_{1G}) แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 (r_{2G}) และแบบทดสอบดั้งเดิม (r_{3G})

$r_{iG} - r_{jG}$	r_{iG}	r_{jG}	r_{ij}	t-test
$r_{2G} - r_{1G}$	0.416	0.363	0.447	0.345
$r_{1G} - r_{3G}$	0.363	0.360	0.499	0.020
$r_{2G} - r_{3G}$	0.416	0.360	0.962	1.377

จากตารางที่ 16 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ไปทดสอบความแตกต่างทีละคู่ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ของแบบทดสอบทั้งสามฉบับไม่แตกต่างกัน ซึ่งกล่าวได้ว่า แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 และแบบทดสอบดั้งเดิม มีประสิทธิภาพด้านความตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ไม่แตกต่างกัน

4.3.3 ผลการประเมินแบบทดสอบปิรามิดด้วยเกณฑ์เชิงจิตสังคม

การประเมินแบบทดสอบในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการทดสอบแบบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์ หลังจากที่ตอบแบบทดสอบปิรามิดครั้งที่ 1 ครบทั้งสองฉบับแล้ว จากผลการตอบแบบสอบถามของนักเรียนทั้งสิ้น 40 คน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Alpha Coefficient) พบว่ามีค่าเท่ากับ .80 และเมื่อหาค่าสถิติพื้นฐานเป็นรายข้อคำถามของแต่ละด้านได้ผลดังต่อไปนี้

4.3.3.1 ความคิดเห็นเกี่ยวกับคำชี้แจงและวิธีดำเนินการสอบ

ข้อความในแบบสอบถามที่ถามเกี่ยวกับคำชี้แจงและวิธีดำเนินการสอบมีอยู่ 7 ข้อความ โดยถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างว่ามีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับข้อความและคำชี้แจงที่ปรากฏบนจอภาพ นักเรียนสามารถอ่านได้ชัดเจนและเข้าใจหรือไม่ ตลอดจนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ ของการดำเนินการสอบได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้แสดงไว้ในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)ของความคิดเห็นเกี่ยวกับคำชี้แจงและวิธีดำเนินการสอบ

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S.D.
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง		
1. ข้อความต่างๆที่ปรากฏบนจอภาพของคอมพิวเตอร์ชัดเจนดี	87.50	12.50	0.00	0.00	0.00	4.88	0.33
2. นักเรียนสามารถปฏิบัติตามคำชี้แจงบนจอภาพได้ทุกขั้นตอน	87.50	12.50	0.00	0.00	0.00	4.88	0.33
3. นักเรียนต้องการคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการสอบเพิ่มเติมอีก	7.50	7.50	20.00	35.00	30.00	4.18	0.75
4. วิธีการแจ้งเลขประจำตัวทำได้ง่าย	72.50	27.50	0.00	0.00	0.00	4.73	0.45
5. วิธีการตอบข้อสอบง่ายและสะดวกดี	82.50	10.00	2.50	5.00	0.00	4.70	0.76
6. วิธีการแก้ไขคำตอบยุ่งยาก	2.50	2.50	12.50	25.00	57.50	4.48	0.72
7. การแสดงตารางและกราฟบนจอภาพมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	55.00	35.00	2.50	7.50	0.00	4.38	0.87
รวม						4.64	0.26

จากตารางที่ 17 สามารถสรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจเกี่ยวกับคำชี้แจงที่ปรากฏบนจอภาพคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถปฏิบัติตามคำชี้แจงในการสอบดังกล่าวได้ทุกขั้นตอน การแสดงข้อคำถามที่เป็นตารางและกราฟสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจนผู้สอบสามารถทำความเข้าใจได้ นอกจากนี้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในขณะทำแบบทดสอบพบว่าไม่มีผู้สอบที่ต้องการคำอธิบายเพิ่มเติม ทุกคนสามารถทำข้อสอบตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตั้งแต่เริ่มทำข้อสอบจนสิ้นสุดการสอบแบบทดสอบปิรามิดทั้งสองฉบับ ทั้งนี้เนื่องจากว่าก่อนเข้าสอบผู้วิจัยได้ให้

กลุ่มตัวอย่างอ่านวิธีการสอบจากคู่มือสำหรับผู้สอบมาล่วงหน้า 2 วัน นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังมีคำชี้แจงแสดงให้เห็นที่จอภาพทุกขั้นตอนตลอดเวลาด้วย

4.3.3.2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจูงใจของแบบทดสอบ

ข้อคำถามในช่วงนี้มีอยู่ทั้งหมด 5 ข้อตั้งแต่ข้อ 8 - 12 ใจความของข้อความส่วนนี้ถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างว่า วิธีการสอบแบบทดสอบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำครั้งนี้ จูงใจหรือเร้าใจให้นักเรียนอยากทำข้อสอบ หรือทำให้นักเรียนมีความพยายามที่จะทำข้อสอบมากขึ้นกว่าการทำข้อสอบโดยการตอบลงในกระดาษคำตอบหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)ของความคิดเห็นเกี่ยวกับการจูงใจของแบบทดสอบ

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S.D.
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง		
8. การสอบด้วยคอมพิวเตอร์น่าสนใจและทันสมัยดี	67.50	25.00	5.00	2.50	0.00	4.58	0.71
9. การไม่จำกัดเวลาในการสอบทำให้นักเรียนมีความตั้งใจและสมาธิในการสอบดีขึ้น	65.00	20.00	10.00	5.00	0.00	4.45	0.88
10. การสอบด้วยคอมพิวเตอร์เร้าใจให้นักเรียนอยากทำข้อสอบมากกว่าการสอบด้วยการตอบลงในกระดาษคำตอบ	62.50	12.50	22.50	2.50	0.00	4.35	0.92
11. การสอบด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้นักเรียนรู้สึกสบายใจ	45.00	25.00	25.00	2.50	2.50	4.08	1.02

ตารางที่ 18 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)ของความคิดเห็นเกี่ยวกับการจูงใจของแบบทดสอบ (ต่อ)

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S.D.
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง		
12.นักเรียนชอบการสอบด้วยคอมพิวเตอร์มากกว่าการสอบด้วยการตอบลงในกระดาษคำตอบ	57.50	5.00	22.50	10.00	5.00	4.00	1.30
รวม						4.29	0.70

จากตารางที่ 18 สรุปได้ว่า แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้สามารถจูงใจหรือเร้าใจนักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้อย่างดี เพราะนอกจากผลการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นนี้แล้ว ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมขณะทำแบบทดสอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพบว่านักเรียนเกือบทั้งหมดมีความตั้งใจ สนใจ และกระตือรือร้นที่จะทำแบบทดสอบมาก และจากการพูดคุยซักถามหลังจากที่ทำแบบทดสอบเสร็จแล้วนักเรียนส่วนใหญ่จะบอกว่า การทดสอบลักษณะนี้น่าสนใจมากและควรจะนำมาใช้สอบกับวิชาอื่น ๆ ในชั้นเรียนอีก เพราะว่ารู้สึกว่าสนุกกับการทำข้อสอบ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่ามีอยู่ 2 ข้อความคือ การสอบด้วยคอมพิวเตอร์ทำให้นักเรียนรู้สึกสบายใจ และ นักเรียนชอบการสอบด้วยคอมพิวเตอร์มากกว่าการสอบด้วยการตอบลงในกระดาษคำตอบ มีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างใน 2 ข้อความนี้ไม่ค่อยเป็นไปในแนวทางเดียวกันนัก

4.3.3.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความวิตกกังวล

ข้อความในส่วนนี้มีอยู่ 4 ข้อตั้งแต่ข้อ 13 - 16 ข้อความถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างว่า ขณะที่ทำแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ครั้งนี้นักเรียนมีความวิตกกังวลใจในการทำแบบทดสอบมากน้อยเพียงใด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)ของความคิดเห็นเกี่ยวกับความวิตกกังวล

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S.D.
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง		
13. นักเรียนรู้สึกกลัวและกังวลใจที่ต้องสอบด้วยเครื่องคอมนิวเตอร์	2.50	5.00	5.00	27.50	60.00	4.58	0.59
14. นักเรียนรู้สึกกระวนกระวายใจที่ต้องสอบด้วยคอมนิวเตอร์เป็นเวลานาน ๆ	2.50	5.00	5.00	30.00	57.50	4.55	0.60
15. ในขณะที่สอบด้วยคอมนิวเตอร์นักเรียนรู้สึกตื่นเต้น จนทำข้อสอบไม่ค่อยได้	2.50	0.00	7.50	30.00	60.00	4.55	0.64
16. การสอบด้วยคอมนิวเตอร์ทำให้นักเรียนมีความวิตกกังวลใจน้อยกว่าการสอบด้วยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบ	30.00	22.50	22.50	22.50	2.50	3.55	1.22
รวม						4.32	0.51

จากตารางที่ 19 ผลปรากฏว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความวิตกกังวลในการสอบแบบทดสอบบิรามิดด้วยคอมนิวเตอร์น้อย และเมื่อพิจารณาจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าข้อความที่ว่าการสอบด้วยคอมนิวเตอร์ทำให้นักเรียนกมีความวิตกกังวลใจน้อยกว่าการตอบลงในกระดาษคำตอบนั้น มีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อข้อความนี้ไม่ค่อยจะไปในแนวทางเดียวกันมากนัก ส่วนข้อความอื่น ๆ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างต่ำซึ่งถือได้ว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเห็นไปในแนวทางเดียวกัน

4.3.3.4 ความคิดเห็นทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับการทดสอบแบบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อความในส่วนนี้มี 4 ข้อจากข้อ 17 - 20 ถามความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในเรื่องทั่ว ๆ ไปของการสอบแบบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)ของความคิดเห็นทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับการทดสอบแบบปิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น					$\bar{X}$	S.D.
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง		
17. เนื้อหาวิชาเหมาะสมกับการใช้คอมพิวเตอร์ในการสอบ	47.50	35.00	15.00	2.50	0.00	4.28	0.82
18. นักเรียนอยากให้มีการสอบด้วยคอมพิวเตอร์กับวิชาอื่นๆอีก	55.00	20.00	20.00	2.50	2.50	4.23	1.08
19. รูปแบบการรายงานผลการสอบดีกว่าการบอกคะแนนเนียงอย่างเดียว	42.50	45.00	10.00	2.50	0.00	4.28	0.75
20. ถ้าให้เลือกระหว่างการสอบด้วยคอมพิวเตอร์กับการสอบด้วยการตอบลงในกระดาษคำตอบของวิชาใดวิชาหนึ่ง นักเรียนจะเลือกการสอบด้วยคอมพิวเตอร์	62.50	17.50	12.50	7.50	0.00	4.35	0.98
รวม						4.28	0.64

จากตารางที่ 20 สรุปได้ว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเห็นด้วยกับทุกข้อความในส่วนนี้ นั่นคือ

นักเรียนเห็นว่าการทดสอบแบบบิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์นี้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาเคมี และอยากให้ใช้วิธีการสอบแบบนี้กับวิชาอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ยังเห็นด้วยว่าการรายงานผลการสอบลักษณะนี้ยังให้รายละเอียดเกี่ยวกับตัวผู้สอบมากกว่าการสอบแบบดั้งเดิม

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลรวมของความคิดเห็น ในแต่ละด้าน สรุปได้ดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของผลรวมของความคิดเห็นในแต่ละด้าน

ผลรวมความคิดเห็นด้าน	$\bar{X}$	S.D.
1. คำชี้แจงและวิธีดำเนินการสอบ	4.64	0.26
2. การจูงใจของแบบทดสอบ	4.29	0.70
3. ความวิตกกังวล	4.32	0.51
4. ความคิดเห็นทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับการทดสอบแบบบิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์	4.28	0.64

จากตารางที่ 21 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีความเห็นสอดคล้องกันว่าแบบทดสอบบิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งสองฉบับที่พัฒนาขึ้นนี้ ให้รายละเอียดเกี่ยวกับคำชี้แจงและวิธีดำเนินการสอบอยู่ในเกณฑ์ดีมาก สามารถจูงใจให้นักเรียนเกิดความสนใจและอยากทำแบบทดสอบ ในขณะที่ทำแบบทดสอบนักเรียนไม่มีความวิตกกังวลใด ๆ เกิดขึ้น และมีความเห็นว่าแบบทดสอบบิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์นี้ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสอบวิชาต่าง ๆ ในชั้นเรียน

นอกจากการตอบแบบสอบถามจำนวน 20 ข้อดังกล่าวแล้ว จากการให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นอื่น ๆ ซึ่งผู้วิจัยให้ตอบอย่างอิสระสามารถสรุปสาระสำคัญได้ว่า ส่วนใหญ่ชอบการทดสอบแบบบิรามิดด้วยคอมพิวเตอร์เพราะผู้สอบไม่สามารถลอกคำตอบกันได้ เป็นสิ่งที่ดีและน่าสนใจ และควรนำมาใช้กับการสอบวิชาอื่น ๆ บ้าง อย่างไรก็ตามจากการที่ได้ทดลองสอบครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง

มีความเห็นว่าควรปรับปรุงให้มีภาพและเสียงประกอบด้วยจะยิ่งทำให้น่าสนใจมากขึ้น ในกรณีที่นำมาใช้ในการสอบในชั้นเรียนจริง ๆ ควรมีเครื่องคอมพิวเตอร์มากกว่านี้ หรือจัดช่วงระยะเวลาให้เข้าสอบเหมาะสมกว่านี้นักเรียนจะได้ไม่ต้องรอเวลาเข้าสอบนานจนเกินไป นอกจากนี้ในกรณีที่นำมาใช้กับการสอบแบบทดสอบธรรมดาที่ไม่ใช่แบบทดสอบปิรามิด ควรปรับโปรแกรมให้สามารถเรียกข้อที่ทำผ่านไปแล้วมาทบทวนใหม่กี่ครั้งก็ได้ หรือให้สามารถเว้นข้อที่ยากไปทำข้ออื่นก่อนได้เช่นเดียวกับการทดสอบแบบเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบ ทั้งนี้เนรายว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้สอบที่สามารถนำข้อมูลจากข้อสอบข้อหนึ่งไปใช้พิจารณาตอบข้ออื่น ๆ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกันได้ ซึ่งจากความคิดเห็นดังกล่าวชี้ให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความเข้าใจการทดสอบแบบปิรามิดดีพอสมควร และมีทัศนคติที่ดีต่อการนำระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการดำเนินการสอบวิชาต่าง ๆ ในชั้นเรียน

4.3.4 ผลการประเมินแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยเกณฑ์เชิงค่าใช้จ่าย (Cost Criteria)

การประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนในการใช้ระบบคอมพิวเตอร์เมื่อนำมาใช้ในระบบการทดสอบทางการศึกษานั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการประเมินโดยการเปรียบเทียบทั้งในด้านค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างและขั้นตอนการนำมาใช้ทดสอบนักเรียน ระหว่างการดำเนินการสอบด้วยระบบคอมพิวเตอร์กับการทดสอบแบบดั้งเดิม ควบคู่ไปกับการพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบทั้งสองลักษณะดังกล่าวว่าให้ผลแตกต่างกันในด้านประโยชน์ของสารสนเทศที่ให้มากน้อยเพียงใด ดังสาระสำคัญที่สรุปได้ดังนี้

4.3.4.1 ค่าใช้จ่ายและเวลาในขั้นตอนการสร้าง

การสร้างแบบทดสอบที่ดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบหรือการทดสอบแบบดั้งเดิมนั้น หลังจากที่เขียนข้อสอบตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือจากตารางวิเคราะห์วัตถุประสงค์รายวิชาแล้ว จะต้องนำข้อสอบนั้นมาพิมพ์ลงกระดาษไขเพื่อนำไปอัดสำเนาเท่ากับจำนวนผู้เข้าสอบ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่ากระดาษไข กระดาษอัดสำเนา หมึกอัดสำเนา ลวดเย็บกระดาษ ซองสำหรับบรรจุข้อสอบและกระดาษคำตอบ เมื่อเปรียบเทียบการเตรียมแบบทดสอบดั้งเดิมที่ดำเนินการโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีข้อสอบจำนวน 30 ข้อ สำหรับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน วัสดุและค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้มีดังต่อไปนี้

1.กระดาษไขพิมพ์จำนวน 14 แผ่น ๆ ละ 5.00 บาท เป็นเงิน 70.00 บาท

2.กระดาษอัดสำเนาจำนวน 2 รีม ๆ ละ 50.00 บาท เป็นเงิน 100.00 บาท

3.หมึกอัดสำเนาจำนวน 1 หลอด ๆ ละ 65.00 บาท เป็นเงิน 65.00 บาท

4.ลวดเย็บกระดาษ 1 กล่อง ๆ ละ 5.00 บาท เป็นเงิน 5.00 บาท
5.ซองบรรจุข้อสอบ 2 ซอง ๆ ละ 2.00 บาท เป็นเงิน 4.00 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 249 บาท (ราคาวัสดุในช่วงเวลาที่ทำวิจัยเรื่องนี้)

เมื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในการจัดพิมพ์ ตรวจทานข้อความที่พิมพ์ลงกระดาษไข อัดสำเนา เรียงเย็บและบรรจุซองข้อสอบใช้เวลาประมาณ 3 วัน

ในส่วนของการดำเนินการสร้างแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ ที่ใช้การวิจัยครั้งนี้จำนวน 2 ฉบับ ค่าวัสดุที่ต้องใช้มีเพียงค่าแผ่นจานแม่เหล็กสำหรับบันทึกโปรแกรมจำนวน 10 แผ่น ๆ ละ 25 บาท เป็นเงิน 250 บาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งถือว่าเป็นค่าลงทุนระยะยาวทางด้าน Hardware และมีใช้อยู่ในโรงเรียนแล้ว และเพราะว่าการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะใช้ประโยชน์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ในโรงเรียนที่มีใช้แล้วให้คุ้มค่า

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเขียนโปรแกรมครั้งนี้ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ เพียงแต่ต้องมีความรู้ความสามารถทางด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาใดภาษาหนึ่ง ที่เหมาะสมกับการเขียนโปรแกรมสั่งงานเพื่อควบคุมการดำเนินการสอบเท่านั้น ซึ่งแนวความคิดนี้น่าจะมีการส่งเสริมให้ครูอาจารย์ในระดับโรงเรียนมัธยมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น คือครูอาจารย์ควรมีความรู้ความสามารถทางด้านคอมพิวเตอร์ในระดับที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อการสร้างชุดการเรียนการสอน และการวัดผลและประเมินผลได้

ระยะเวลาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมดำเนินการสอบแบบทดสอบปิรามิดจำนวน 2 ฉบับครั้งนี้ นับรวมระยะเวลาที่ใช้ทดสอบโปรแกรมด้วยใช้เวลา 7 วัน

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมแบบทดสอบดั้งเดิม และแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ดังกล่าวเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายไม่แตกต่างกัน ส่วนระยะเวลาในการเขียนโปรแกรมจะนานกว่าคือใช้เวลา 7 วัน แต่เมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ที่ได้ในด้านอายุการใช้งานแล้ว แบบทดสอบดั้งเดิมไม่สามารถปรับเพื่อการทดสอบครั้งต่อ ๆ ไปได้อีก นั่นคือถ้าต้องการปรับปรุงแบบทดสอบก็ต้องดำเนินการทุกขั้นตอนใหม่เสียค่าใช้จ่ายทุกอย่างเท่าเดิม ส่วนการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์นั้น เนื่องจากการเขียนโปรแกรมเขียนในลักษณะแยกเป็นโปรแกรมย่อย ๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่าง ดังนั้นสามารถปรับปรุงได้ทั้งวิธีดำเนินการสอบและแม่บทข้อสอบ นั่นคือสามารถปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถดำเนินการสอบกับการทดสอบรูปแบบใด คิดคะแนนวิธีใด และกับวิชาใดก็ได้เพียงแต่ปรับโปรแกรมย่อย 2 โปรแกรมคือโปรแกรม TEST.PRG และ SCOR.PRG และเตรียมแม่บทข้อสอบคือแม่บท ITEMFIL1.PRG ให้เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการปรับโปรแกรมนี้จะ

ใช้เพียงไม่กี่ชั่วโมงเท่านั้น และแผ่นบันทึกข้อมูลนี้มีอายุการใช้งานนานมากถ้าเก็บรักษาและใช้ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการสร้างแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบแล้ว พบว่านอกจากจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนิมน์และอัดสำเนาตัวแบบทดสอบเช่นเดียวกับการสร้างแบบทดสอบดั้งเดิมแล้ว จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการทำกระดาษคำตอบ ที่มีลักษณะพิเศษแตกต่างจากกระดาษคำตอบของแบบทดสอบดั้งเดิม ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายอีกประมาณแผ่นละ 2.50 บาท และเมื่อต้องการใช้แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบในครั้งต่อไป ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการเตรียมตัวแบบทดสอบและกระดาษคำตอบทุกครั้ง

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาผลในระยะยาวแล้วการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ จะให้ความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าการทดสอบโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบ ทั้งที่เป็นแบบทดสอบดั้งเดิมและแบบทดสอบปิรามิด

4.3.4.2 ค่าใช้จ่ายและเวลาในขั้นตอนการใช้

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการใช้แบบทดสอบดั้งเดิมที่ดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบ กับแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ในด้านค่าใช้จ่ายเมื่อทำการทดสอบครั้งที่ 2 แบบทดสอบดั้งเดิมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเตรียมกระดาษคำตอบใหม่ ส่วนแบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ อีก ส่วนในด้านเวลาที่ใช้ในการสอบ พบว่าเวลาเฉลี่ยที่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนใช้ในการตอบแบบทดสอบดั้งเดิม แบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 และแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 เท่ากับ 40.42, 7.32 และ 13.52 นาทีตามลำดับ

จากผลการเปรียบเทียบดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบดั้งเดิมและแบบทดสอบปิรามิดที่ใช้วิธีดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบนั้นมีข้อด้อยในด้านของค่าใช้จ่าย เวลาและอื่น ๆ หลายประการ เช่น ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลาสำหรับการเตรียมกระดาษคำตอบทุกครั้งที่มีการสอบ ผู้สอบทุกคนต้องสอบพร้อมกัน มีโอกาสเกิดปัญหาข้อสอบรั่วได้ง่าย ต้องใช้เวลาในการสอบมากถ้าเป็นแบบทดสอบดั้งเดิม หลังจากการสอบสิ้นสุดแล้วต้องใช้เวลาตรวจกระดาษคำตอบจึงไม่สามารถแจ้งผลการสอบให้ผู้สอบทราบได้ทันที ส่วนการทดสอบที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องดังกล่าวทุก ๆ ด้านคือ สามารถนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อต้องการไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ อีก ผู้สอบไม่จำเป็นต้องสอบพร้อมกันใครพร้อมที่จะสอบเมื่อใดก็สอบได้ โอกาสที่จะเกิด

ปัญหาข้อสอบรั่วมีน้อยกว่าเพราะข้อสอบบันทึกไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก ใช้เวลาในการทดสอบน้อยถ้าเป็นแบบทดสอบปิรามิด หลังจากที่การสอบสิ้นสุดผู้สอบจะทราบผลการสอบของตนเองทันที และยังให้ข้อมูลได้มากกว่าการบอกเนียงคะแนนสอบอย่างเดียว คือ สามารถรายงานผลการสอบได้ทั้งคะแนนผลการตอบข้อสอบรายข้อว่ามีข้อใดตอบถูกข้อใดตอบผิดและเวลาที่ใช้ในการสอบของผู้สอบแต่ละคน

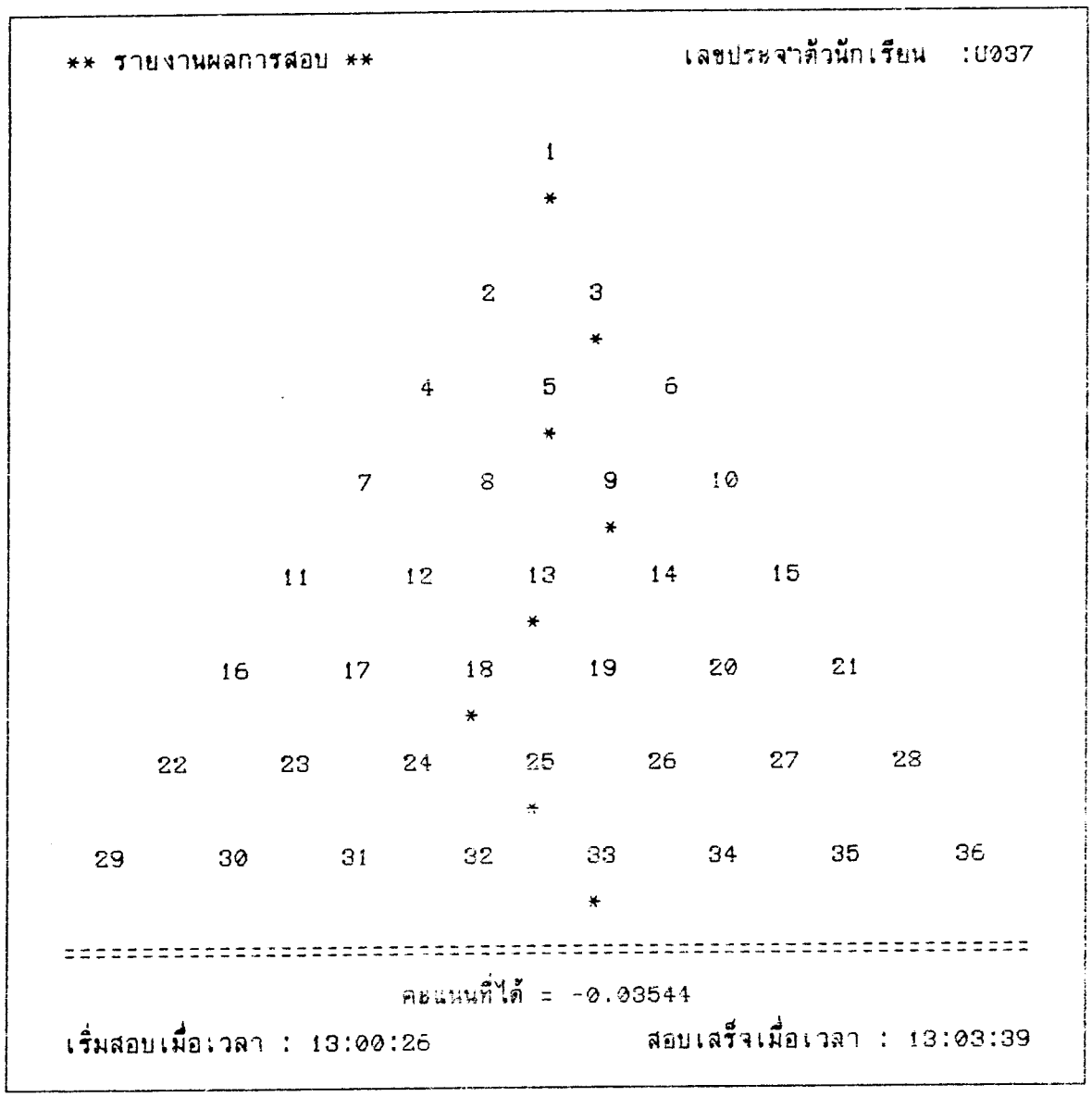
จากข้อด้อยของการทดสอบที่ดำเนินการสอบโดยการเขียนตอบ ข้อได้เปรียบของการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการดำเนินการสอบ และผลที่ได้รับจากการทดสอบสองรูปแบบดังกล่าวนั้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการลงทุนสำหรับการสร้างและใช้การทดสอบสองลักษณะนี้แล้ว การทดสอบที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์จะให้ผลในระยะยาวคุ้มค่ากว่าการทดสอบโดยการเขียนตอบ นอกจากนี้ยังให้ความสะดวกรวดเร็วและเพิ่มประสิทธิภาพของการวัดผลและประเมินผลทางการศึกษาให้สูงขึ้นได้อีกวิธีหนึ่ง

อย่างไรก็ตามการทดสอบแบบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์นั้น ก็มีข้อจำกัดในการนำมาใช้สำหรับการทดสอบในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบันอยู่ ทั้งนี้เพราะว่าครูอาจารย์ที่สอนในระดับนี้ยังขาดผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการทดสอบแบบปิรามิด ความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โรงเรียนขนาดเล็กยังไม่มีศักยภาพทางด้านงบประมาณเพียงพอในการจัดหาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ได้ ดังนั้นแนวคิดในการพัฒนาการทดสอบทางการศึกษาโดยการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ครั้งนี้ จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาสำหรับโรงเรียนขนาดใหญ่ที่มีเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ใช้ในการเรียนการสอนแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีชั้นสูงนี้ให้คุ้มค่ากับการลงทุนให้มากที่สุดนั่นเอง

4.3.5 การนิจารณาสารสนเทศที่ได้จากการทดสอบแบบปิรามิด

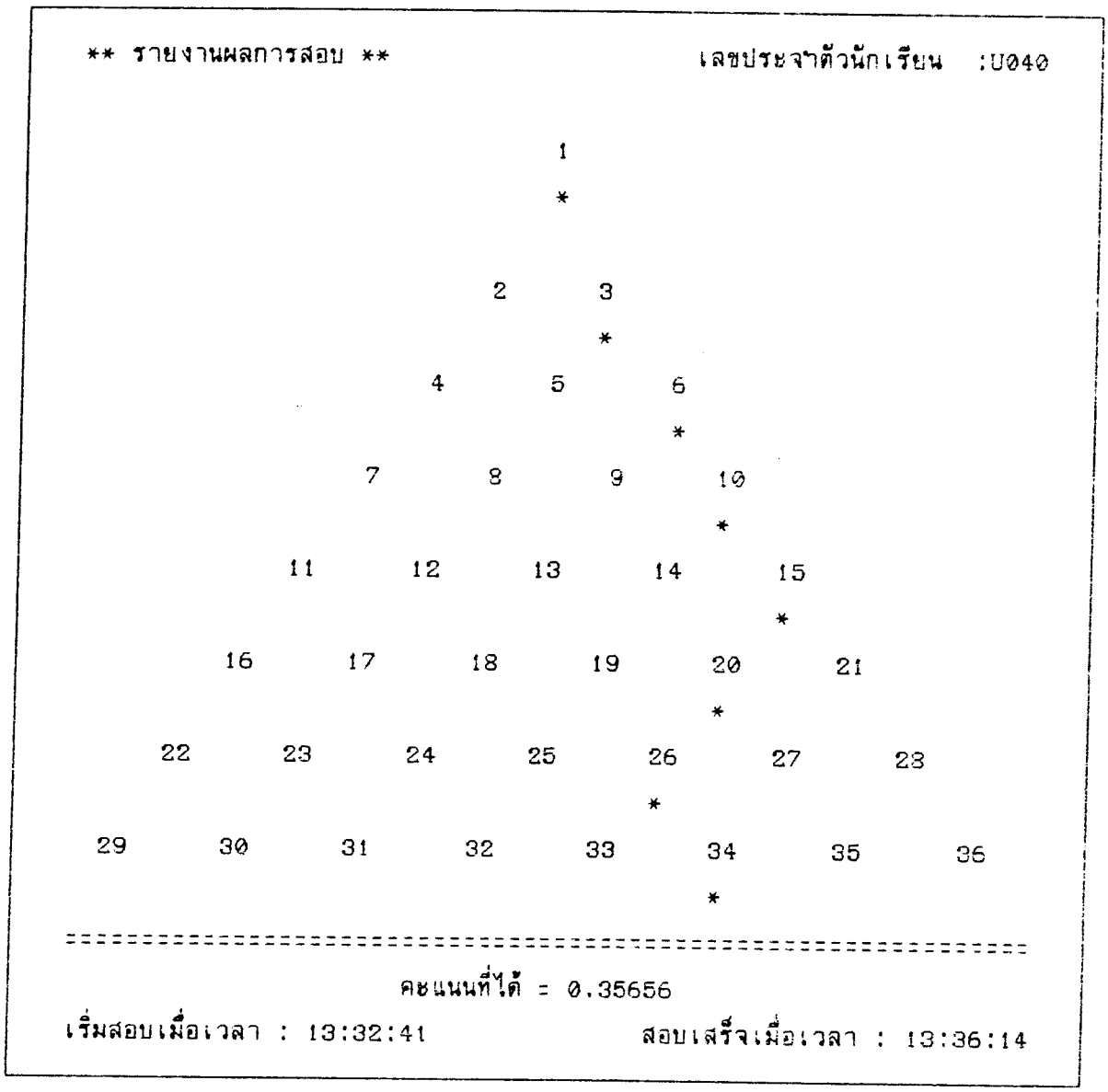
จากผลการทดลองใช้แบบทดสอบปิรามิดที่ดำเนินการสอบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งสองฉบับ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการนิจารณาสารสนเทศจากการรายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับละ 3 คน รวมเป็น 6 คน

การนิจารณารายละเอียดของสารสนเทศ ที่ได้จากการรายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ในที่นี้จะนิจารณาจากภาพที่ 21,22 และ 23 ส่วนการนิจารณารายละเอียดของสารสนเทศที่ได้จากการรายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ในที่นี้จะนิจารณาจากภาพที่ 24,25 และ 26 ดังต่อไปนี้



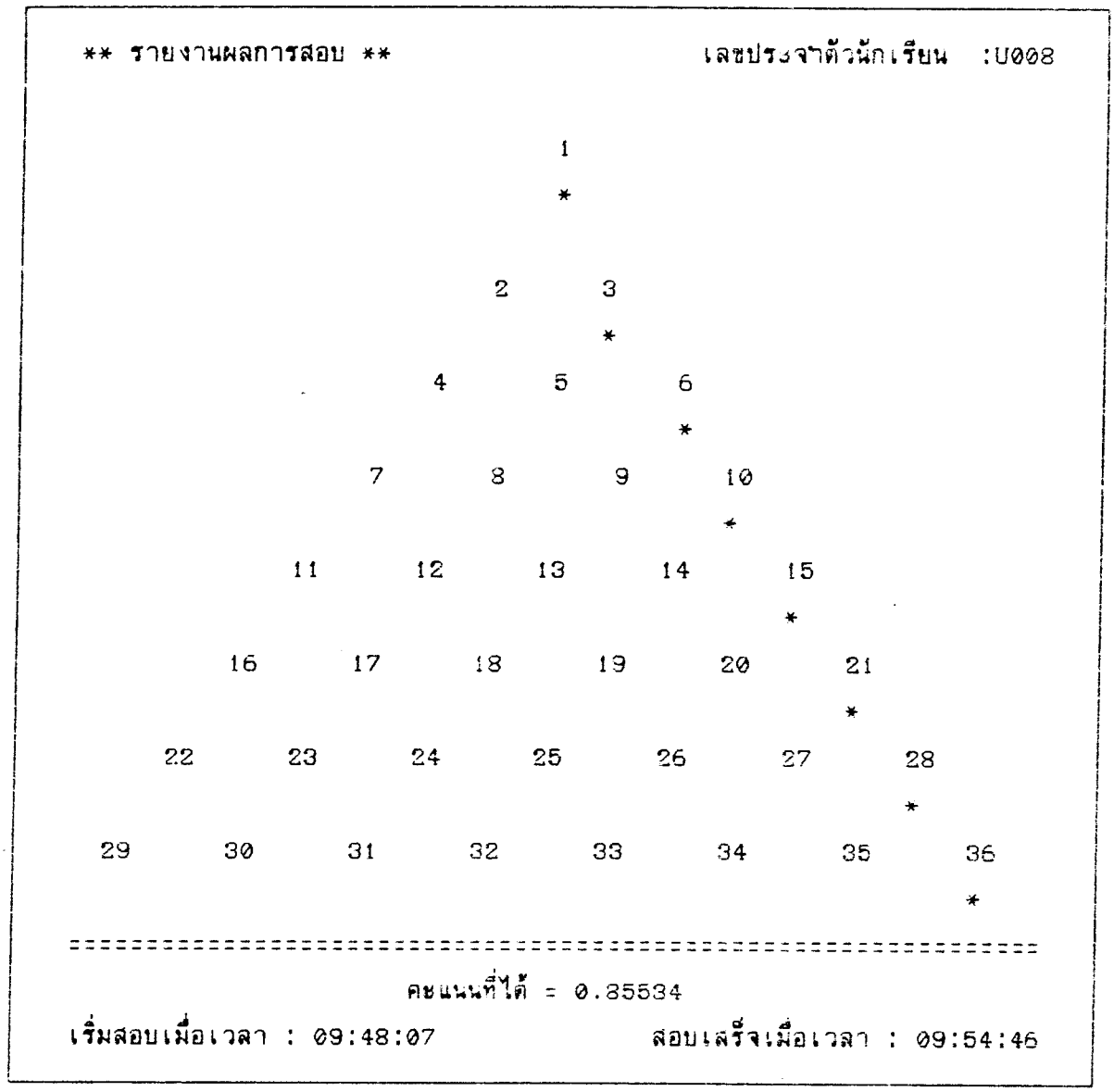
ภาพที่ 21 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของผู้สอบเลขประจำตัว 037

จากภาพที่ 21 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของนักเรียนเลขประจำตัว 037 ตอบข้อสอบถูกรวม 4 ข้อ คือข้อ 1,5,18 และ 25 ตอบข้อสอบผิดรวม 4 ข้อ คือข้อ 3,9, 13 และ 33 ได้คะแนน -0.03544 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในระดับปานกลาง ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 3 นาที 13 วินาที



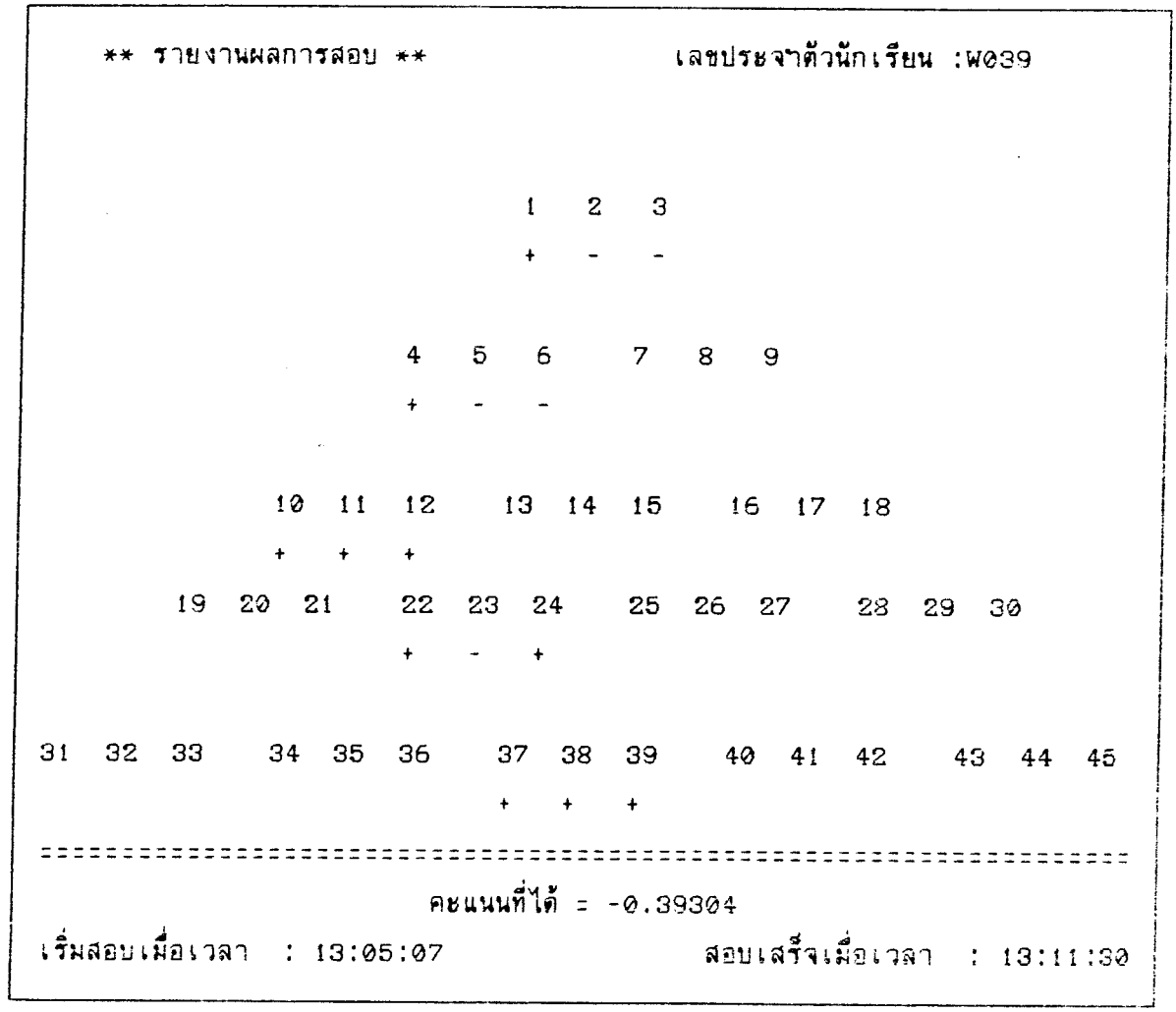
ภาพที่ 22 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของผู้สอบเลขประจำตัว 040

จากภาพที่ 22 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของนักเรียนเลขประจำตัว 040 ตอบข้อสอบถูกรวม 5 ข้อ คือข้อ 1,3,6,10 และ 26 ตอบข้อสอบผิดรวม 3 ข้อ คือข้อ 15, 20 และ 34 ได้คะแนน 0.35656 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในระดับปานกลางค่อนไปทางสูง ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 3 นาที 13 วินาที



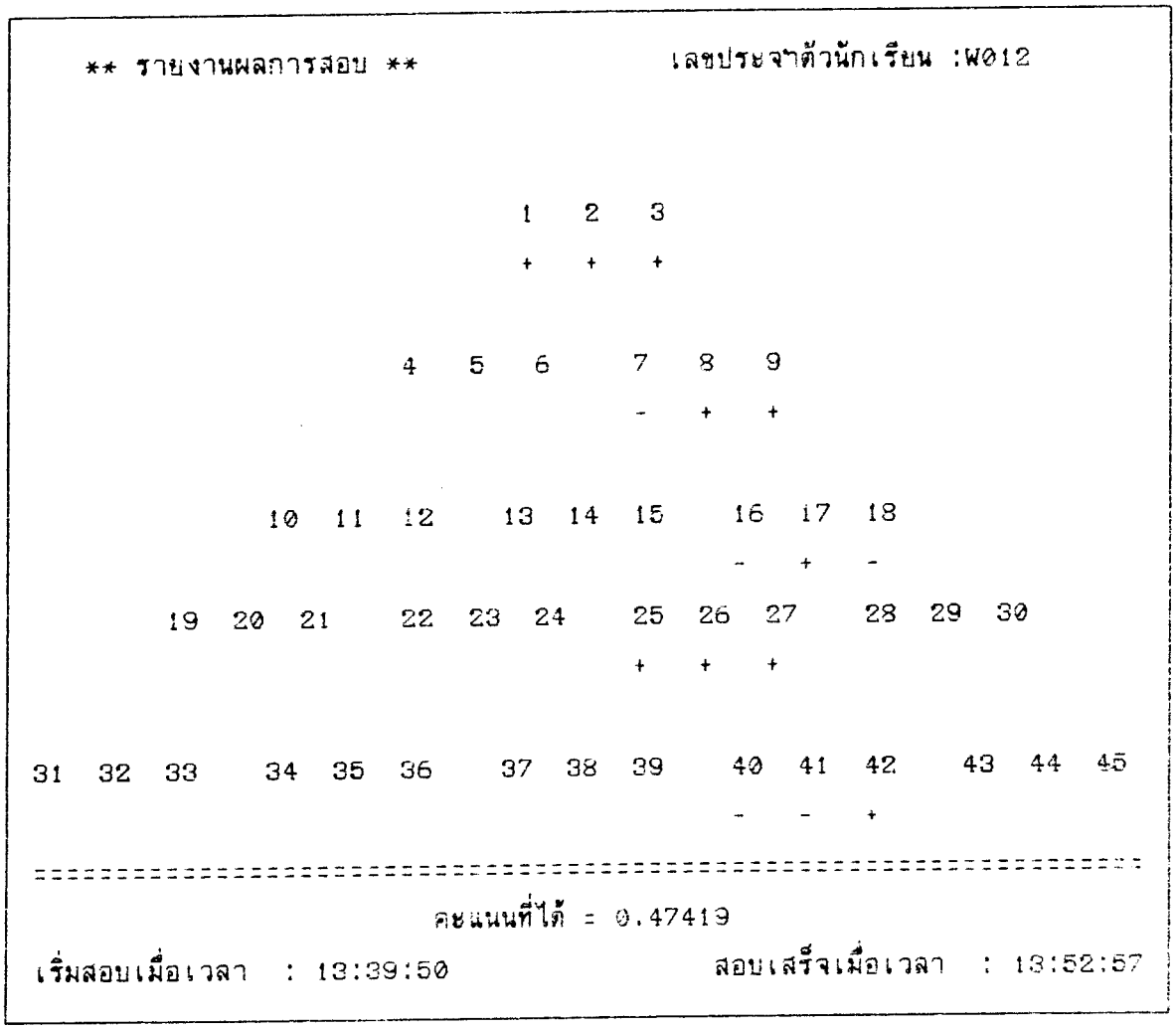
ภาพที่ 23 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของผู้สอบเลขประจำตัว 008

จากภาพที่ 23 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 1 ของนักเรียนเลขประจำตัว 008 ตอบข้อสอบถูกหมดทั้ง 8 ข้อ ได้คะแนน 0.85534 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในระดับสูง ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 6 นาที 39 วินาที



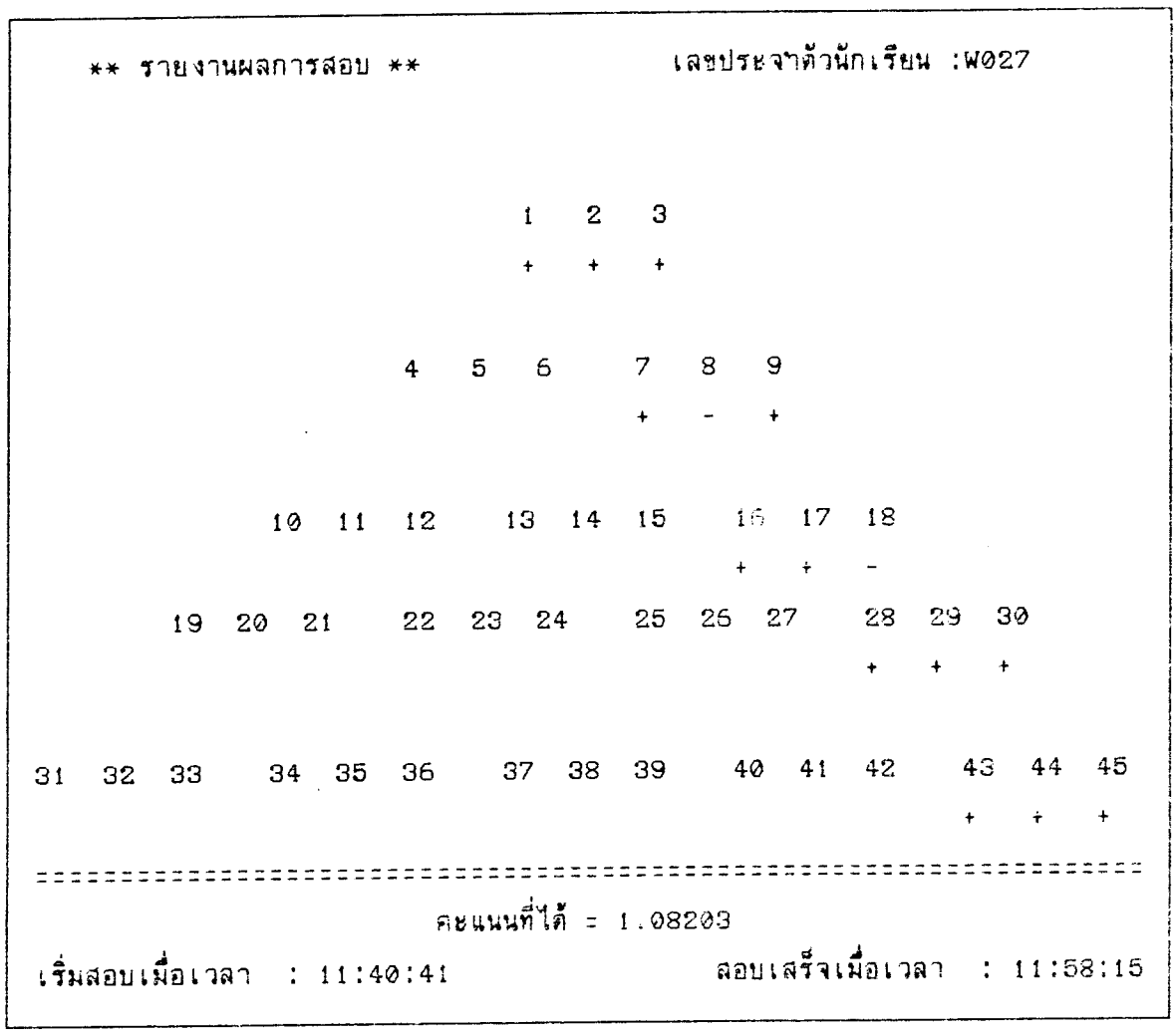
ภาพที่ 24 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของผู้สอบเลขประจำตัว 039

จากภาพที่ 24 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของนักเรียนเลขประจำตัว 039 ตอบข้อสอบถูกรวม 10 ข้อ คือข้อ 1,4,10,11,12,22,24,37,38 และ 39 ตอบข้อสอบผิดรวม 5 ข้อ คือข้อ 2,3,5,6 และ 23 ได้คะแนน -0.39304 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถระดับปานกลางค่อนไปทางต่ำ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 6 นาที 23 วินาที



ภาพที่ 25 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของผู้สอบเลขประจำตัว 012

จากภาพที่ 25 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของนักเรียนเลขประจำตัว 012 ตอบข้อสอบถูกรวม 10 ข้อ คือข้อ 1,2,3,8,9,17,25,26,27 และ 42 ตอบข้อสอบผิดรวม 5 ข้อ คือข้อ 7,16,18,40 และ 41 ได้คะแนน 0.47419 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถค่อนไปทางสูง ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 13 นาที 07 วินาที



ภาพที่ 26 รายงานผลการสอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของผู้สอบเลขประจำตัว 027

จากภาพที่ 26 จากเส้นทางการตอบแบบทดสอบปิรามิดฉบับที่ 2 ของนักเรียนเลขประจำตัว 027 ตอบข้อสอบถูกรวม 13 ข้อ คือข้อ 1,2,3,7,9,16,17,28,29,30,43,44 และ 45 ตอบข้อสอบผิดรวม 2 ข้อ คือข้อ 8 และ 18 ได้คะแนน 1.08203 ซึ่งหมายความว่ามีความสามารถในระดับสูง ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 17 นาที 34 วินาที