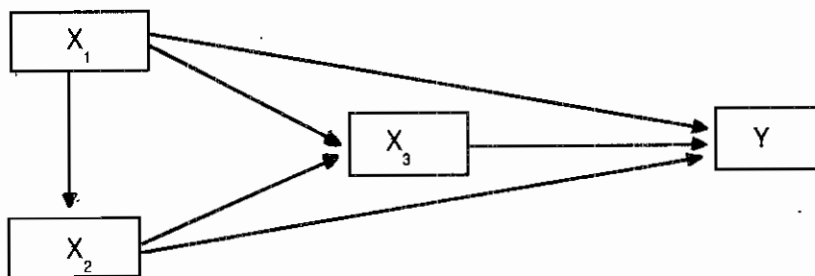


การวิจัย : การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis)

*ดร. มนตรี อนันตรักษ์ และคณะ

ในการวิจัยนักวิจัยต้องการรู้สาเหตุของปรากฏการณ์ว่ามาจากสิ่งใดหรือเป็นการค้นหาว่า ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ที่กำลังศึกษาอยู่นั้นเกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (Independent Variables) อะไรบ้าง การวิเคราะห์เพื่อหาว่าอะไรเป็นสาเหตุของผลที่เกิดขึ้น วิธีการหนึ่งคือ การวิเคราะห์เส้นทาง ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงเหตุและผล (Linear causal model)

หลักสำคัญของ การวิเคราะห์เส้นทาง คือ ผู้วิจัยจะต้องกำหนดว่าตัวแปรใดจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรใด โดยมีการจัดอันดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จากตัวแปรอิสระตัวแรกกับตัวแปรอิสระอื่น ๆ และระหว่างตัวแปรอิสระอื่นกับตัวแปรอิสระอื่น ๆ เป็นทอด ๆ ไปจนถึงระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดตามลำดับขั้นของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จะใช้แผนภาพเข้าช่วย แผนภาพที่แสดงถึงแนวความคิดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนี้ เรียกว่า แผนภาพเส้นทาง (Path Diagram) ดังตัวอย่าง



เส้นทางแต่ละเส้นสะท้อนข้อสมมติฐานของการวิจัยที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นตามแนวทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย และใช้เป็นหลักในการทดสอบว่า ตัวแปรที่เชื่อมโยงด้วยเส้นต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่

* อาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัย การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาสารคาม

**อิทธิพลของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น และภาษาไทย
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนประถมศึกษา**

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์จัดอยู่ในหมวดวิชาทักษะและถือว่าคณิตศาสตร์เป็นภาษาอย่างหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า สัญลักษณ์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในชั้นที่สูงจำเป็นจะต้องเข้าใจและมีความรู้ระดับพื้นฐานเป็นอย่างดี จะต้องเข้าใจหลักและกฎเกณฑ์เบื้องต้นนอกจากนี้ภาษาไทยน่าจะมีส่วนช่วยให้การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ประสบความสำเร็จได้ดี แม้ว่าอาจจะไม่ได้มีผลโดยตรงก็ตาม แต่การเข้าใจภาษาไทยได้ดีมีผลทำให้อ่านโจทย์ปัญหาได้เข้าใจลึกซึ้งซึ่งมากกว่า จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาตัวแปร ผลสำเร็จวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 , 3 และ 4 และผลสัมฤทธิ์วิชาภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งจะมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

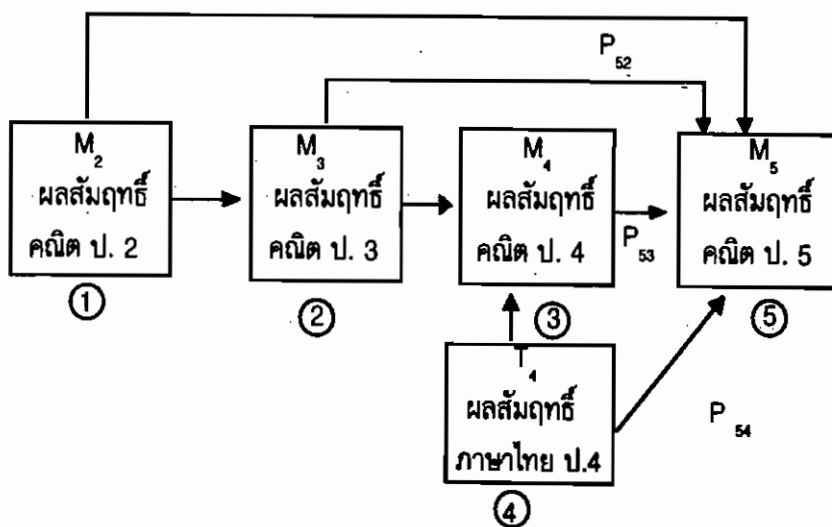
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (causal model) ของ องค์ประกอบด้านความรู้พื้นฐานเบื้องต้นของวิชาคณิตศาสตร์ และวิชาภาษาไทยชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของนักเรียนประถมศึกษา

สมมุติฐานของการวิจัย

ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานในรูปของระบบสาเหตุของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ดังแผนภูมิที่ 1

P₅₁



แผนภูมิที่ 1 รูปแบบของระบบสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 ตามสมมุติฐาน

หมายเหตุ

แทนความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุ ตัวแปรที่อยู่ต้นลูกศรเป็นสาเหตุ ตัวแปรที่อยู่หัวลูกศรเป็นผล 3

p แทนค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path coefficients) ที่จะคำนวณออกมา เช่น P_{21} หมายถึงขนาดของความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ 1 กับตัวแปรที่ 2 โดยทิศทางความสัมพันธ์จากตัวแปรที่ 1 ไปสู่ตัวแปรที่ 2 เป็นต้น

รูปแบบของระบบสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ป. 5 อธิบายลักษณะสมมุติฐานว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 ได้รับอิทธิพลทางตรงจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ป. 2, ป. 3 และ ป. 4 และวิชาภาษาไทย ป. 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4 มีอิทธิพลในรูปที่ 1 เป็นสาเหตุโดยตรงจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยชั้น ป. 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 2

ขอบเขตของการวิจัย การวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก File ของ Suwannee โดยเลือกตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

1. ตัวแปรเกณฑ์ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
2. ตัวแปรที่นำมาศึกษาในรูปตัวแปรเหตุ มีดังนี้
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2
 - 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
 - 2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
 - 2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูล จาก File ของ Suwannee โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSSX ที่สถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์เส้นทาง ดำเนินเป็นขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 หาค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง (Path Coefficients) ตามโมเดลตามที่คิด (ดูวิธีการหาสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ภาคผนวก)

ขั้นที่ 2 พิจารณาความหมายของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง โดยพิจารณาจากนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางซึ่งนัยสำคัญแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ นัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significance) และนัยสำคัญทางปฏิบัติ (Practical Significance) สำหรับนัยสำคัญทางปฏิบัติ ค่าที่ต่ำกว่า 0.05 ถือว่าไม่มีความหมาย (Kerlinger & Pedhazur 1973 : 318 อ้างจาก ปาจริย์ วัชวัลคุ 2527 : 51) เมื่อสัมประสิทธิ์เส้นทางจากตัวแปรหนึ่งไปยังตัวแปรหนึ่งไม่มีความหมาย สัมประสิทธิ์เส้นทางนั้น ๆ ก็จะถูกตัดทิ้งไปซึ่งจะเป็นการปรับปรุงรูปแบบให้เหมาะสม ทำให้รูปแบบที่กระชับรัดกุม (parsimonious model)

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางใหม่ตามรูปแบบที่ได้จากขั้นที่สอง

ขั้นที่ 4 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางในขั้นที่สาม (ดูวิธีการคำนวณที่ภาคผนวก)

ขั้นที่ 5 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากขั้นที่สี่ กับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่หาได้โดยการใช้สูตรของ Pearson ซึ่งจะเป็นการบอกถึงความถูกต้องของรูปแบบที่กำหนดขึ้น คือ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ใกล้เคียงกันมากทุกรูปแบบนั้นจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ยึดถือ .05 เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเกี่ยวกับความแตกต่าง (ประชัย เปี่ยมสมบูรณ์ 2524 : 136) เมื่อได้รูปแบบซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูงแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือคำนวณความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งคำนวณได้โดยใช้วิธีของดันแคน (Duncan 1966 : 1-16 อ้างจากปาจริย์ วัชวัลคุ 2527 : 52)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จะเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างกัน (Intercorrelation coefficient) ของตัวแปรซึ่งนำมาศึกษาในรูปตัวแปรเหตุและระหว่างตัวแปรซึ่งนำมาศึกษาในรูปตัวแปรเหตุกับเกณฑ์

ตอนที่ 2 การทดสอบความสอดคล้องของรูปแบบตามสมมุติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลทางตรง ทางอ้อมและผลรวมของตัวแปรต่าง ๆ ในรูปแบบซึ่งผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว

ตอนที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรซึ่งนำมาศึกษาในรูปตัวแปรเหตุและตัวแปรเกณฑ์ดังปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปร	(1) M ₂	(2) M ₃	(3) M ₄	(5) M ₅	(4) T ₄
1. M ₂	1.000				
2. M ₃	.505*	1.000			
3. M ₄	.499*	.599*	1.000		
5. M ₅	.377*	.572*	.690*	1.000	
4. T ₄	.281*	.556*	.664*	.5934*	1.000

* P < .01

จากตารางพบว่าตัวแปรเกณฑ์ คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ ป. 5 (M₅) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับตัวแปรทำนายทุกตัว (M₂, M₃ และ T₄) และตัวแปรทำนายก็มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างกันทุกครั้ง ตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ :01

ตอนที่ 2 การทดสอบความสอดคล้องของรูปแบบตามสมมุติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์จัดเสนอตามลำดับดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของรูปแบบตามสมมุติฐานที่กำหนดในโมเดล ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของรูปแบบตามสมมุติฐาน

P ₂₁ = .505*	P ₅₄ = .184*
P ₃₂ = .332*	P ₅₃ = .447*
P ₃₄ = .480*	P ₅₁ = - 0.0003
	P ₅₂ = 0.203*

*P < : 01

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติคือ P₅₁ จึงตัดออกจากรูปแบบ 2 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของรูปแบบที่ตัดเส้นทางซึ่งสัมประสิทธิ์เส้นทางไม่มีนัยสำคัญแล้ว ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางตามรูปแบบซึ่งปรับปรุงใหม่

$P_{21} = .505^*$	$P_{54} = .184^*$
$P_{32} = .332^*$	$P_{53} = .447^*$
$P_{34} = .480^*$	$P_{52} = .203^*$

* $P < .01$

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางที่คำนวณได้จากรูปแบบซึ่งปรับปรุงใหม่ปรากฏว่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทุกค่ามีนัยสำคัญ

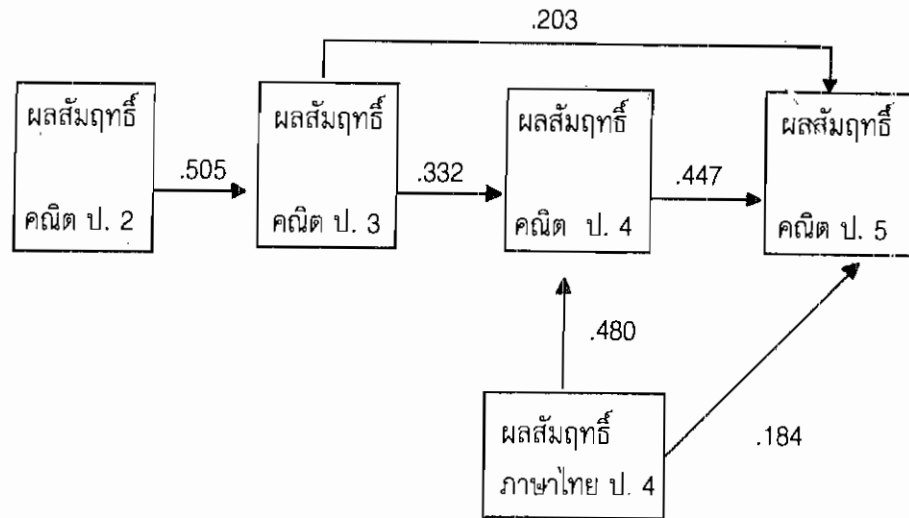
3. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางและเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางและเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่หาได้โดยใช้สูตรของ Pearson

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ใช้วิธีนำค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางจากตารางที่ 2 แทนลงในสมการ แสดงองค์ประกอบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ (ดูการคำนวณในภาคผนวก ก.) ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรของ Pearson

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	V_{21}	V_{23}	V_{35}	V_{43}	V_{45}
จากสูตรของ Pearson	.505	.599	.690	.644	.5934
จากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง	.505	.599	.691	.665	.5936
ผลต่าง	-	-	.001	.001	.0002

จากตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางทุกค่ามีค่าไม่แตกต่างไปจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากสูตรของ Pearson แสดงว่ารูปที่ปรับปรุงใหม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังนั้น รูปแบบที่ผ่านการทดสอบแบบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์จะเป็นรูปแบบ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2



แผนภูมิที่ 2 รูปแบบของสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อผ่านการทดสอบตามเทคนิควิธีวิเคราะห์เส้นทางการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 ได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงเชิงบวกจากผลสัมฤทธิ์ วิชาภาษาไทย ชั้น ป. 4 ผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 และ ป. 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4 ได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงเชิงบวกจาก ผลสัมฤทธิ์วิชาภาษาไทย ชั้น ป. 4 และผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 ได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยตรงเชิงบวกจาก ผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 2

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ชั้น ป. 4 ส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 อิทธิพลทางอ้อมจะส่งผลเชิงบวกผ่านมาทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 จะส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 อิทธิพลทางอ้อมจะส่งผลเชิงบวกผ่านมาทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ป. 4

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลทางตรง ทางอ้อม และผลรวมของตัวแปรต่าง ๆ ในรูปแบบ ซึ่งผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

จากแผนภูมิที่ 2 คำนวณหาความสัมพันธ์ที่เป็นผลทางตรง ผลทางอ้อม และผลรวมของตัวแปรทั้งหมดที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 ได้ดังนี้

1. ผลทางตรงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 , คณิตศาสตร์ชั้น ป. 4 และภาษาไทยชั้น ป.4 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชั้น ป.5 มีค่าเท่ากับ .203 , .447 และ .184 ตามลำดับ

2. ผลทางอ้อม

2.1 ผลทางอ้อมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 2

2.1.1 ผลทางอ้อมที่ผ่านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ป. 3 , วิชาคณิตศาสตร์ ป. 4 ก่อนจะถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 มีค่าเท่ากับ $.505 \times .332 \times .447 = .075$

2.1.2 ผลทางอ้อมที่ผ่านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 มีค่าเท่ากับ $.505 \times .203 = .103$

2.2 ผลทางอ้อมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 ผ่านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 ผ่านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4 มีค่าเท่ากับ $.332 \times .447 = .148$

2.3 ผลทางอ้อมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทยชั้น ป. 4 ผ่านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4 มีค่าเท่ากับ $.480 \times .447 = .215$

3. ผลรวม (Total Effect) ได้จากผลบวกของผลทางตรง กับผลทางอ้อมทั้งหมด

3.1 ผลรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ ชั้น ป. 2 ถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 มีค่าเท่ากับ $.075 + .103 = 0.178$

3.2 ผลรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 3 ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 มีค่าเท่ากับ $.203 + .148 = .351$

3.3 ผลรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 4 ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 มีค่าเท่ากับ .447

3.4 ผลรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาไทย ชั้น ป. 4 ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 มีค่าเท่ากับ $.184 + .215 = .399$

ตารางที่ 5 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ อิทธิพลทางอ้อม อิทธิพลทางตรง อิทธิพลรวมของตัวแปรในรูปแบบ

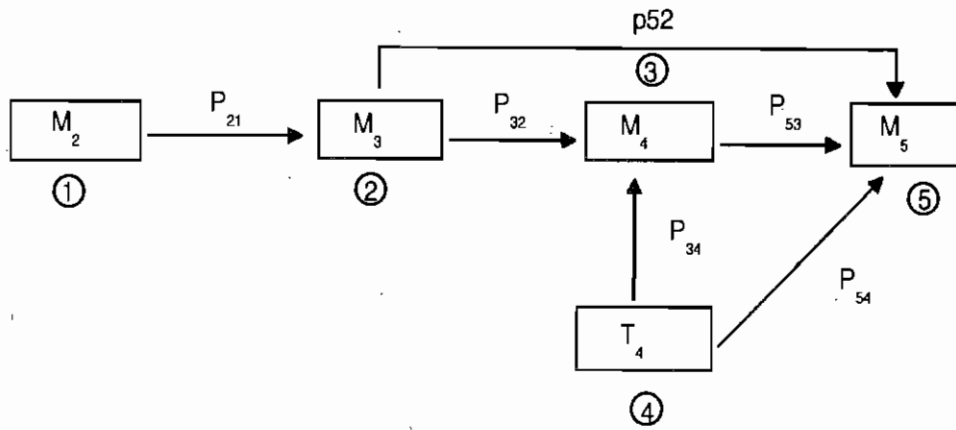
ตัวแปรที่นำมาศึกษา ในรูปตัวแปรเหตุ	สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	อิทธิพล รวม	อิทธิพลทางอ้อม ผ่านตัวแปร				อิทธิพล ทางตรง
			M ₃	M ₃ M ₄	M ₄	รวม	
1. ผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ ป. 2	.371	0.178	.103	.075	-	0.178	-
2. ผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ ป. 3	.572	.351	-	-	.148	.148	.203
3. ผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ ป. 4	.690	.447	-	-	-	-	-
4. ผลสัมฤทธิ์ภาษาไทย ป. 4	.593	.399	-	-	.215	.215	.184

สรุปผลการวิจัย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุจากตัวแปร 4 ตัว โดยได้รับอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม 1 ตัว คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้น ป. 3 ได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุโดยทางตรงจากตัวแปร 2 ตัว คือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ป. 4 และภาษาไทย ป. 4 และได้รับอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุทางอ้อมจากตัวแปร 1 ตัวคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป.-2

ภาคผนวก

**การสร้างสมการพหุคูณในรูปคะแนนมาตรฐาน และสมการแสดงองค์ประกอบ
ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่**

จากรูปแบบของระบบสาเหตุของตัวแปร เมื่อใช้ผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ชั้น ป. 5 เป็น
เกณฑ์วางแผนภูมิข้างล่าง สามารถสร้างสมการ พหุคูณในรูปคะแนนมาตรฐานของตัวแปรบางตัวได้



ดังนี้

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= P_{21} Z_1 + I_2 \\
 Z_3 &= P_{34} Z_4 + P_{32} Z_2 + I_3 \\
 Z_5 &= P_{53} Z_3 + P_{54} Z_4 + P_{52} Z_2 + I_5
 \end{aligned}$$

จากสมการดังกล่าวนี้สามารถหาองค์ประกอบของความสัมพันธระหว่างตัวแปรได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } V_{21} &= \frac{\sum Z_2 Z_1}{N} \\
 &= \frac{\sum Z_1 (P_{21} Z_1 + I_2)}{N} \\
 &= P_{21} \frac{\sum Z_1^2}{N} \quad (\sum I_2 = 0) \\
 &= P_{21} \quad (\sum Z_1^2 / N = 1) \\
 V_{43} &= \frac{\sum Z_4 Z_3}{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum Z_4 (P_{34} Z_4 + P_{32} Z_2 + I_3) / N \\
&= P_{34} \sum Z_4^2 / N + P_{32} \sum Z_4 Z_2 / N \\
&= P_{34} + P_{32} r_{42} \\
V_{35} &= \frac{\sum Z_3 Z_5}{N} \\
&= \sum Z_3 (P_{53} Z_3 + P_{54} Z_4 + P_{52} Z_2 + I_5) / N \\
&= (P_{53} \sum Z_3^2 + P_{54} \sum Z_3 Z_4 + P_{52} \sum Z_3 Z_2) / N \\
&= P_{53} + P_{54} r_{34} + P_{52} r_{32} \\
V_{45} &= \sum Z_4 Z_5 / N \\
&= \sum Z_4 (P_{53} Z_3 + P_{54} Z_4 + P_{52} Z_2 + I_5) / N \\
&= P_{53} \sum Z_4 Z_3 / N + P_{54} \sum Z_4^2 / N + P_{52} \sum Z_4 Z_2 / N \\
&= P_{53} V_{43} + P_{54} + P_{52} r_{42} \\
r_{23} &= \frac{\sum Z_2 Z_3}{N} \\
&= \sum Z_2 (P_{34} Z_4 + P_{32} Z_2 + I_3) / N \\
&= P_{34} \sum Z_2 Z_4 / N + P_{32} \sum Z_2^2 / N \\
&= P_{34} r_{24} + P_{32} \\
&= .599
\end{aligned}$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสัมประสิทธิ์เส้นทาง

จากสมการแสดงองค์ประกอบของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อแทนค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางลงไปจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ ดังนี้

$$\begin{aligned}
r_{21} &= .505 \\
V_{43} &= .480 + .332 (.556) : P_{34} + P_{32} (r_{42}) \\
&= .665 \\
V_{35} &= .447 + .184 (.664) + .203 (.599) \\
&= .447 + .122 + .122 \\
&= 0.691 \\
V_{45} &= (.447) (.664) + .184 + (.203) (.556) \\
&= .5936 \\
V_{23} &= .480 (.556) + .332 \\
&= .599
\end{aligned}$$