บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของการศึกษาอิทธิพลของการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ ที่มีต่อคะแนนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้าโดยแบ่งเป็น 4 ตอน แต่ละตอนมีขอบข่ายและสาระดังต่อไปนี้ ตอนที่ 1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ตอนที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ตอนที่ 3 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดและสมมติฐานของการวิจัย

ตอนที่ 1 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการวัดการเปลี่ยนแปลงที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าการวัดการเปลี่ยนแปลงได้มีการพัฒนาการวัด ตามลำดับเพื่อให้สามารถ อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด โดยยึดถือกรอบแนวคิด ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมและวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดได้ด้วยโมเดลการวัด โมเดลการวัดมักอยู่ในรูปของสมการโครงสร้างที่นักวิจัยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง ครอบคลุม มีความชัดเจน และมีคำอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและตัวแปรที่วัดได้อย่างลึกซึ้ง รวมทั้งมีการคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดด้วย นอกจากนี้การพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จึงมีส่วนทำให้วิธีการดังกล่าวได้รับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างกว้างขวาง โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองกับวิธีวิเคราะห์ด้วยโมเดลลมการโครงสร้างได้เป็นอย่างดี ได้แก่ โปรแกรมลิสเรลเวอร์ชั่น 7 (Joreskog และ Sorbom, 1989 อ้างถึงในอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล, 2541) ซึ่งในปัจจุบันได้พัฒนาโปรแกรมจนถึงเวอร์ชั่น 8.10 (Joreskog และ Sorbom, 1993 อ้างถึงในอิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล, 2541) โดยโปรแกรมดังกล่าวยังสามารถใช้ได้ดีกับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังนั้นการวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่จึงได้นำโมเดลการวัดในรูปสมการโครงสร้างมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลง หรือการศึกษาถึงกระบวนการพัฒนาโดยใช้ข้อมูลที่มีการวัดหลายๆ ครั้ง เหตุผลที่ต้องมีการวัดหลายครั้ง เพราะเชื่อว่าจะทำ

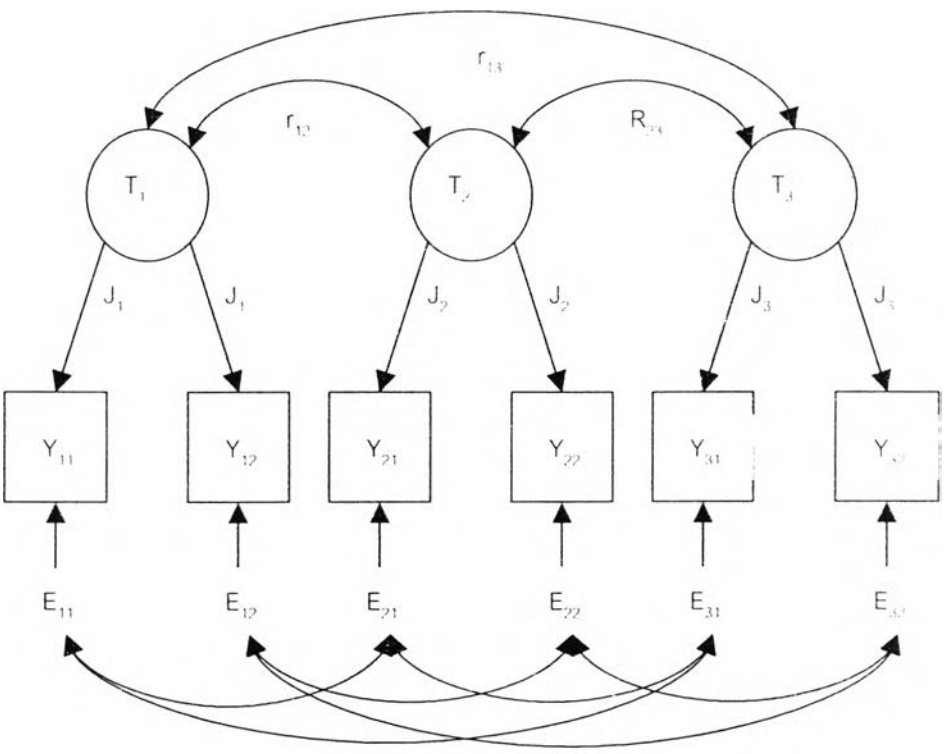
ให้ได้สารสนเทศมากพอที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้อง การวัดการเปลี่ยนแปลงแนวใหม่นี้มีหลายความคิดด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีที่นำมาใช้จะมีจุดเด่นที่เป็นข้อได้เปรียบและจุดด้อยจากข้อจำกัดที่แตกต่างกันไป มีรายละเอียดต่อไปนี้

1. โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว (baseline model of longitudinal factor analysis)

Meredith และ Tisak ได้พัฒนาโมเดลนี้ในปี 1990 แนวคิดในการวัดการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวคือ คะแนนดิบในการวัดตัวแปรหนึ่งในช่วงเวลาที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล จะประกอบด้วยองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะของการวัดแต่ละตัวแปรในช่วงเวลาที่ต่างกันของแต่ละบุคคล ดังแสดงให้เห็นในแผนภาพที่ 2.1 และ สมการที่ 1

$$Y_{mtn} = J_{mt} T_m + E_{mtn} \quad \ldots\ldots 1$$

โดยที่ Y_{mtn} คือ คะแนนดิบจากการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n J_{mt} คือ น้ำหนักองค์ประกอบของการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t T_m คือ คะแนนองค์ประกอบร่วมในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n และ E_{mtn} คือ คะแนนองค์ประกอบเฉพาะของการวัดตัวแปรที่ m ในการวัดครั้งที่ t ของคนที่ n ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อน



แผนภาพที่ 2.1 โมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว

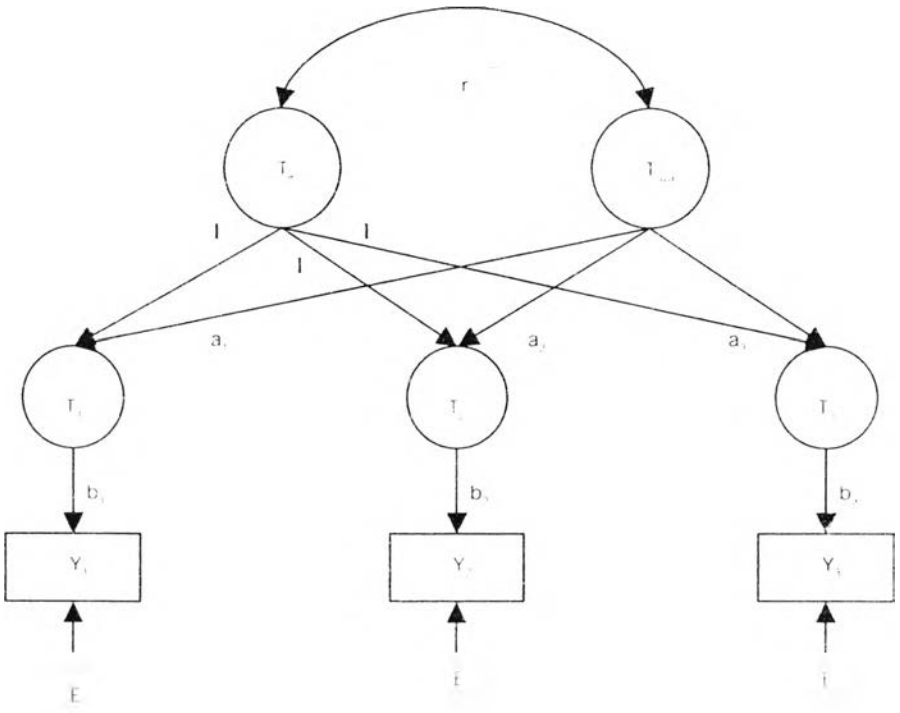
จากสมการที่ 1 และแผนภาพที่ 2.1 จะเห็นได้ว่า ตัวแปรสังเกตได้ในการวัดแต่ละครั้งของแต่ละคน ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลคูณระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบ (J_{mip}) กับองค์ประกอบร่วม (T_i) ส่วนที่ 2 คือองค์ประกอบเฉพาะ (E_{mi}) ซึ่งก็คือความคลาดเคลื่อนในการวัดนั่นเอง นอกจากนั้น เส้นลูกศรสองทางระหว่างองค์ประกอบร่วมในการวัดแต่ละครั้ง ก็คือการยอมให้องค์ประกอบร่วมสัมพันธ์กันได้ โดยที่ค่า $r_{ii'}$ คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบร่วม โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้ จะบอกให้ทราบว่าองค์ประกอบร่วมที่วัดในแต่ละช่วงเวลา สามารถเป็นตัวทำนายองค์ประกอบร่วมในช่วงเวลาอื่นได้หรือไม่

2. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว (longitudinal factor analysis with single indicator model)

Raykov (1994 อ้างถึงใน มนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542) ได้พัฒนาโมเดลนี้ขึ้นในปี 1994 โดยที่แนวคิดเกี่ยวกับ การวัดการเปลี่ยนแปลงตามโมเดลนี้ มีลักษณะคล้ายกับกรอบแนวคิดของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (classical test theory; CTT) คือคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละช่วงเวลาประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และองค์ประกอบเฉพาะ ดังสมการที่ 2 และแผนภาพที่ 2.2

$$T_k = T_1 + a_k (T_k - T_1) + \delta_k \quad \ldots\ldots 2$$

จากสมการที่ 2 เมื่อ T_k คือคะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงในการวัดครั้งที่ k คือค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และ δ_k คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_k)



แผนภาพที่ 2.2 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว

จากสมการที่ 2 และแผนภาพที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ในการวัดช่วงเวลาที่ต่างกัน (Y_{jk}) ประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วน ส่วนแรกคือผลคูณขององค์ประกอบสถานะเริ่มต้น (T_{m1}) กับน้ำหนักองค์ประกอบของสถานะเริ่มต้น ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 1 ในการวัดทุกช่วงเวลา เพื่อให้องค์ประกอบสถานะเริ่มต้นในการวัดทุกครั้งมีค่าเท่ากัน ส่วนที่สองคือ ผลคูณของคะแนนการเปลี่ยนแปลง (T_{ove}) กับน้ำหนักองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (a_j) โดยที่กำหนดให้น้ำหนักองค์ประกอบในการวัดครั้งแรกเป็นศูนย์ เนื่องจากถือว่าในการวัดครั้งแรกยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น และส่วนที่สามคือ องค์ประกอบเฉพาะ (δ_{jk})

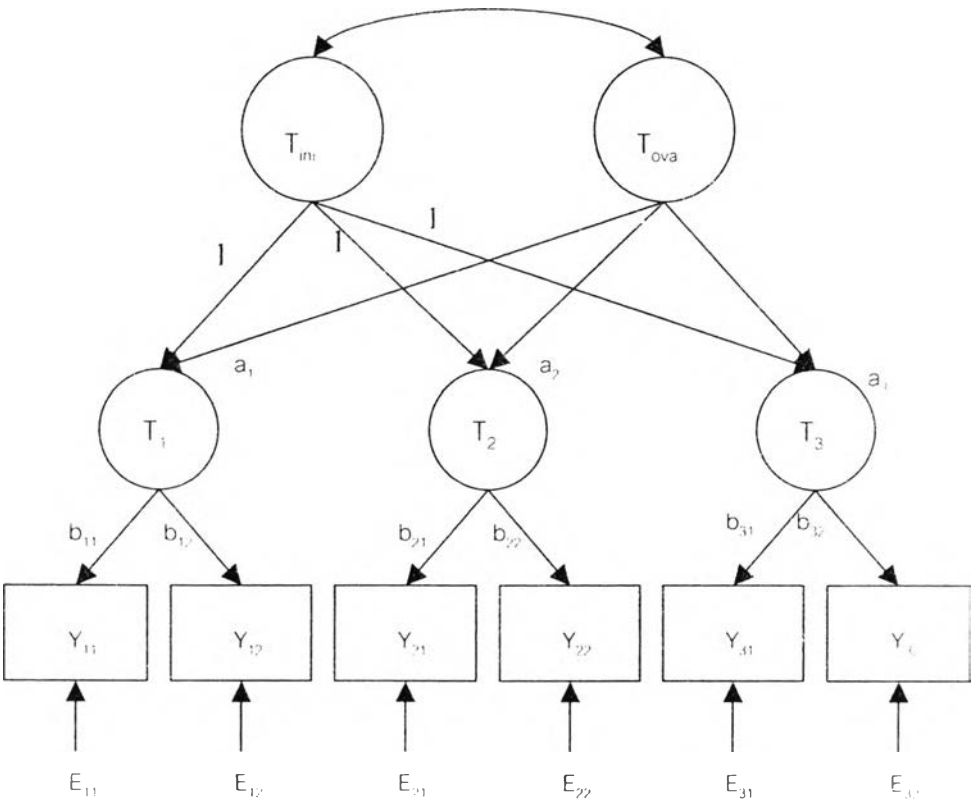
3. โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว (longitudinal factor analysis with several indicator model)

นอกจาก Raykov ได้ให้แนวคิดโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียวแล้ว ก็ยังให้แนวคิดโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวด้วย เนื่องจากข้อเสนอแนะที่ว่าการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาหรือตัวแปรแฝง ควรวัดจากตัวบ่งชี้มากกว่า 1 ตัว (Bollen, 1989; Bentler, 1989; Joreskog & Sorbom, 1988 อ้างถึงใน มนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542) นอกจากนั้นการวัดทางจิตวิทยาที่มีการวัดเพียงตัวบ่งชี้ตัวเดียวยังมีข้อบกพร่องทั้งความตรงและความเที่ยง (มนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542)

แนวคิดของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว ที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวใช้แนวคิดจากทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม เช่นเดียวกันกับแนวคิดของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ องค์ประกอบในสถานะเริ่มต้น (initial factor) องค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด (overall change factor) และองค์ประกอบเฉพาะ ดังแผนภาพที่ 2.3 และสมการที่ 3

$$T_{jk} = T_{i1} + a_{jk}(T_{jk} - T_{j1}) + \delta_{jk} \quad \ldots\ldots 3$$

โดยที่ T_{jk} คือคะแนนจริงในรูปตัวแปรแฝงของการวัดตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k a_{jk} คือค่าพารามิเตอร์ที่บ่งชี้อัตราการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวแปรที่ j ในการวัดครั้งที่ k δ_{jk} คือ องค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรที่วัดในแต่ละครั้ง ซึ่งก็คือค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด (E_{jk})



แผนภาพที่ 2.3 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว

จากแผนภาพที่ 2.3 จะพบว่าองค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริงในการวัดในช่วงเวลาที่ต่างกันประกอบด้วยสองส่วนที่สำคัญคือ ส่วนแรกเป็นผลคูณระหว่างองค์ประกอบที่เป็นสถานะเริ่มต้นกับคะแนนองค์ประกอบ ส่วนที่สองเป็นผลคูณระหว่างคะแนนการเปลี่ยนแปลงกับคะแนน

องค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด จะเห็นได้ว่าคะแนนองค์ประกอบ ต่อองค์ประกอบสถานะเริ่มต้นได้กำหนดให้มีค่าเป็น 1 ทุกตัว และคะแนนองค์ประกอบต่อองค์ประกอบการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในการวัดครั้งแรกถูกกำหนดให้เป็น 0 เช่นเดียวกันกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้ตัวเดียว นอกจากนั้นองค์ประกอบร่วมที่เป็นคะแนนจริงวัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัว ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต่างกันในการวัดครั้งเดียวกัน ดังนั้นคะแนนดิบของตัวแปรสังเกตได้จึงประกอบด้วยสององค์ประกอบที่สำคัญคือ องค์ประกอบร่วมของคะแนนจริงในการวัดครั้งหนึ่งๆ และองค์ประกอบเฉพาะซึ่งก็คือเทอมความคลาดเคลื่อน

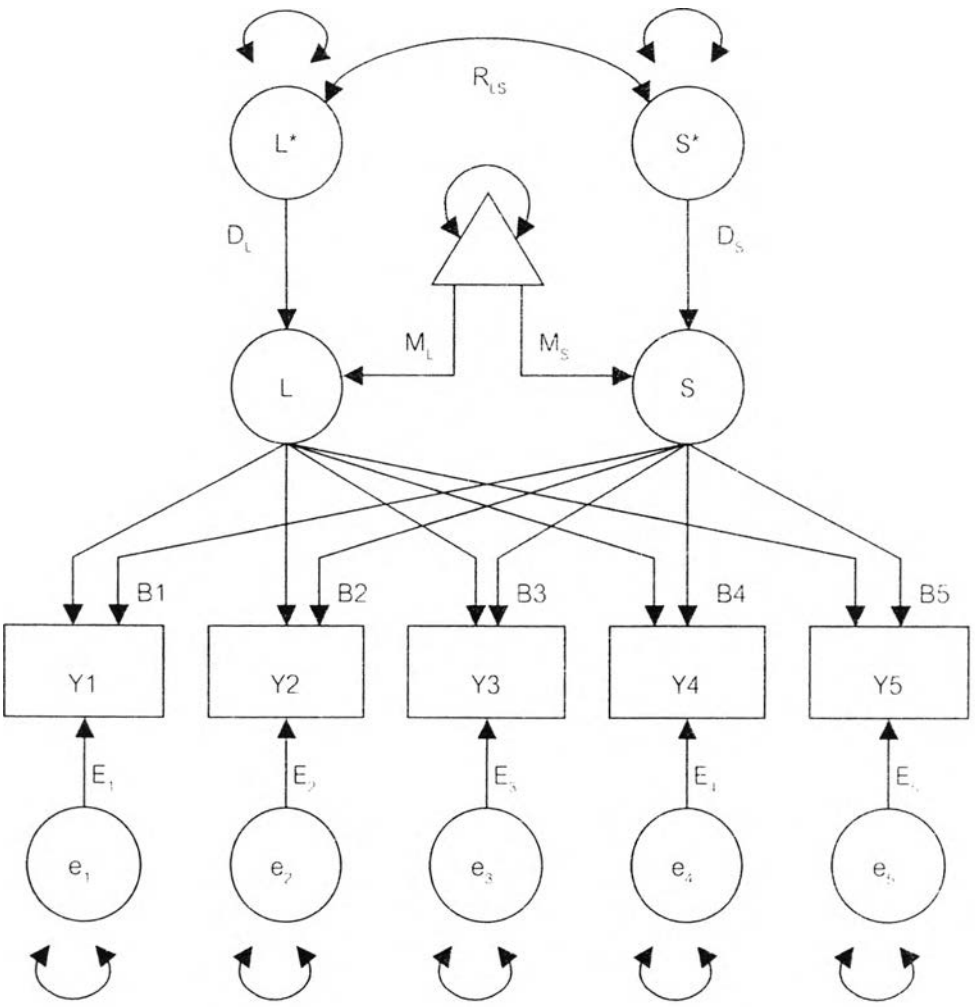
ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล 3 แบบ ที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งโมเดลที่ทำการเปรียบเทียบทั้ง 3 โมเดลก็คือโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ผลการวิจัยสรุปว่า โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในโมเดลต่ำ ใกล้เคียงกับโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวเนื่องจากทั้ง 2 โมเดลเป็นโมเดลที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว ในขณะที่โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่มีตัวบ่งชี้เพียงตัวเดียวมีค่าความคลาดเคลื่อนในโมเดลสูงกว่า นอกจากนั้นโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวยังมีคามคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดอีกด้วย

4. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model)

โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเริ่มพัฒนาโดย Tuker และ Rao เมื่อปีค.ศ. 1958 (MacCallum et.al, 1997; Duncan, and Duncan, 1994 อ้างถึงใน มนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542) และได้รับการพัฒนาให้มีลักษณะเป็นโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น (structural equation model) โดย McArdle และ Epstein (1987), McArdle และ Hamagami (1991,1995) โดยที่ตัวแปรในโมเดลทุกตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โมเดลประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ซึ่งเป็นตัวแปรตัวเดียวกันจากการวัดหลายครั้ง ใช้สัญลักษณ์ (Y_t) และตัวแปรแฝงดังต่อไปนี้ ตัวแปรแฝงระดับหรือผลการวัดครั้งแรก (level = L) ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง (slope = S) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงระดับ (L*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน (S*) ตัวแปรแฝงความคลาดเคลื่อนในการวัดแต่ละช่วงเวลา (e_t) และตัวแปรแฝงค่าคงที่ซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1

ในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้ต่อตัวแปรแฝงความชัน ในการวัดครั้งที่ t (B_t) ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงระดับ (M_L) ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชัน (M_S) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร

ระดับ (D_L) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรความชัน (D_S) ส่วนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดครั้งที่ t (E_t) และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรระดับกับตัวแปรความชัน (R_{LS}) (McArdle และ Hamagami, 1995) ผู้วิจัยนำเสนอโมเดลและสมการทางคณิตศาสตร์ไว้ในแผนภาพที่ 2.4 โดยมีสัญลักษณ์ในโมเดลดังนี้ คือ รูปสี่เหลี่ยมแทนตัวแปรสังเกตได้ รูปวงกลมแทนตัวแปรแฝง รูปสามเหลี่ยมแทนค่าคงที่ ลูกศรทางเดียวแทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรแฝงบนตัวแปรสังเกตได้ ลูกศรสองทางแทนค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง



แผนภาพที่ 2.4 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสำหรับข้อมูลการวัดระยะยาว

$$Y_{t,n} = L_n + B_t S_n + E_{t,n} \quad \ldots\ldots 4$$

$$S_n = M_S(1) + D_S s^* \quad \ldots\ldots 5$$

$$L_n = M_L(1) + D_L L^* \quad \ldots\ldots 6$$

จากสมการที่ 4 อธิบายได้ว่า คะแนนที่สังเกตได้ของคนที่ n ในการวัดครั้งที่ t ได้มาจากคะแนนในการวัดครั้งแรก บวกกับผลคูณของค่าน้ำหนักในช่วงเวลาที่ t กับคะแนนพัฒนาการของตนเอง รวมกับความคลาดเคลื่อนในการวัดในแต่ละครั้ง ของแต่ละคน สมการที่ 5 อธิบายได้ว่า คะแนนพัฒนาการของแต่ละคน มาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพัฒนาการ กับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนพัฒนาการ ลมการที่ 6 อธิบายได้ว่า คะแนนในการวัดครั้งแรกของแต่ละคน มาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนในการวัดครั้งแรกของทุกคนคูณกับค่าคงที่ 1 รวมกับผลคูณระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนในการวัดครั้งแรก

โดยที่ L_n เป็นตัวแปรแฝงระดับบอกถึงความแตกต่างของบุคคลของผลสัมฤทธิ์ในการวัดครั้งแรกเป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลตลอดทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษา S_t เป็นตัวแปรแฝงความชันบอกความแตกต่างของอัตราการเปลี่ยนแปลง เครื่องหมายบวกหรือลบของคะแนนของตัวแปรนี้แสดงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง ตัวแปรนี้เป็นค่าคงที่ของแต่ละบุคคลเช่นเดียวกันกับตัวแปร L_n การส่งผลต่อตัวแปรสังเกตได้ Y_{tn} ของตัวแปรแฝงความชันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะตัวแปรนี้จะคูณด้วยน้ำหนักองค์ประกอบ B_t e_n เป็นตัวแปรความคลาดเคลื่อนหรือคะแนนส่วนที่เหลือ (residual score) เป็นตัวแปรสุ่มที่สังเกตไม่ได้ ตัวแปรนี้มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตัวอื่นในทุกช่วงเวลา สามารถอธิบายว่าเป็นความคลาดเคลื่อนในการวัด B_t เป็นน้ำหนักองค์ประกอบ (factorloading) จากตัวแปรแฝงความชันไปยังตัวแปรสังเกตได้ มีลักษณะเป็นฟังก์ชั่นซึ่งนำมาคูณกับค่าความชันในลมการ เพื่ออธิบายค่าตัวแปรสังเกตได้ ตัวแปรนี้สามารถเปลี่ยนค่าได้ตามช่วงเวลาแต่ส่วนใหญ่มักกำหนดค่า B1 เท่ากับ 0 และ B2 เท่ากับ 1 เพื่อใช้เป็นแกนอ้างอิงส่วนค่าน้ำหนักองค์ประกอบตัวอื่นหลังจากนั้นจะกำหนดให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ (Duncan และ Duncan, 1994 อ้างถึงใน มนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542)

การใช้โมเดลโค้งพัฒนาการเชิงเส้นที่มีตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้รับความนิยมในหลายสาขาวิชา เนื่องจากโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้แม้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจะมีไม่ครบสมบูรณ์ (McArdle และ Managami, 1995) สามารถประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงทั้งเป็นรายบุคคลและระหว่างบุคคล นอกจากนั้นยังสามารถใช้ในการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง เมื่อการวัดการเปลี่ยนแปลงที่แต่ละบุคคลมีการวัดต่างครั้งกัน หรือจำนวนครั้งไม่เท่ากัน เช่นมีข้อมูลขาดหายหรือวัดไม่ครบสมบูรณ์

Duncan, Duncan และ Stoolmiller (1994 อ้างถึงในมนต์ทิวา ไชยแก้ว, 2542) กล่าวถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของการใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง จุดเด่นคือสามารถทดสอบความแตกต่างของรูปแบบพัฒนาการตามลมมติฐานรูปแบบต่างๆ สามารถรวมตัวแปรร่วมที่วัดให้เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัดหรือไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่วัด

เข้ามาในโมเดลได้ สามารถบอกถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดของตัวแปรสังเกตได้ สามารถวิเคราะห์พัฒนาการ ที่มีโครงสร้างต่างกันได้พร้อมกันในครั้งเดียว และความลามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวิถีพัฒนาการแบบปกติ ทำให้ขจัดอิทธิพลของเวลาได้ ส่วนข้อจำกัดคือ การต้องการกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งแจกแจงอย่างปกติเหมือนกับโมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้นอื่นๆ นอกจากนั้นยังมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าการเปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบกับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

ในปัจจุบันการวัดการเปลี่ยนแปลงโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีการพัฒนามาก มีการประยุกต์โมเดลในหลายรูปแบบ ได้แก่ การเพิ่มตัวแปรเชิงสาเหตุลงในโมเดล ทำให้สามารถบอกอิทธิพลของตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีต่อคะแนนเริ่มต้นและอัตราการเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพร้อมกันครั้งละหลายตัวแปร การวิเคราะห์โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับ ทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรระดับต่างๆ นอกจากนั้นพัฒนารูปแบบโมเดลให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลการวัดการเปลี่ยนแปลง ที่ข้อมูลไม่ครบสมบูรณ์รูปแบบต่างๆ เช่น การวัดการเปลี่ยนแปลงที่มีข้อมูลขาดหาย การวัดการเปลี่ยนแปลงที่วัดไม่ครบลมบูรณ์ และการวัดการเปลี่ยนแปลงแบบ cohort sequential ซึ่งช่วยประหยัดเวลาในการวัดการเปลี่ยนแปลงได้อีกด้วย

จุดสำคัญของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง สำหรับการวิเคราะห์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่มีการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่ McArdle และ Hamagami (1991, 1995) ได้พัฒนาขึ้นนี้ คือความยืดหยุ่น (flexible) ของโมเดลที่อาจดัดแปลงโมเดลให้เหมาะสมกับโค้งพัฒนาการรูปแบบต่างๆ ได้ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) ในงานวิจัยของ McArdle และ Hamagami มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์แตกต่างกันเป็น 4 แบบ ได้เป็นโมเดล 4 รูปแบบดังนี้ คือ

4.1 โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ (latent growth curve model with free parameter = FRC model) โมเดลรูปแบบนี้มีโค้งพัฒนาการไม่เป็นเส้นตรง ในโมเดลนี้นักวิจัยกำหนดให้พารามิเตอร์ B(t) เป็นพารามิเตอร์อิสระและประมาณค่าพารามิเตอร์ ให้ได้ค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ลักษณะของโมเดลเป็นโมเดลที่มีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraint) น้อยที่สุด

นอกจากนี้ McArdle และ Epstein (1987) ยังได้เสนอแนะการปรับโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง และกำหนดพารามิเตอร์อิสระ ให้ดีขึ้นโดยผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นยอมให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกต ได้มีค่าแตกต่างกันได้ ในที่นี้จะเรียกโมเดลแบบนี้ว่าโมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้ง ที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระแบบความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance) ว่าโมเดลความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากัน (unequal disturbance variance model = UOV model)

4.2 **โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่** (latent growth curve model with fixed parameter = FIC model) **ในกรณีที่นักวิจัยทราบรูปแบบโค้งพัฒนาการชัดเจน หรือทราบค่าพารามิเตอร์** B(t) **จากงานวิจัยที่มีผู้ทำไว้แล้ว นักวิจัยอาจกำหนดค่าเวคเตอร์** B(t) **ตามลักษณะโค้งที่ต้องการได้ เช่น นักวิจัยอาจกำหนดพารามิเตอร์** B(t) **เป็น เวคเตอร์** (0 , 2 ,2 ,1 , -1) **เมื่อกำหนดให้** L(n) = 100 **และ** S(n) = 10 **จะได้คะแนนการวัดทั้ง** 5 **ครั้ง เมื่อไม่รวมค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าดังนี้**

Y (1 , n) = 100 + B(1) (10) = 100 + 0 (10) = 100

Y (2 , n) = 100 + B(2) (10) = 100 + 2 (10) = 120

Y (3 , n) = 100 + B(3) (10) = 100 + 2 (10) = 120

Y (4 , n) = 100 + B(4) (10) = 100 + 1 (10) = 110

Y (5 , n) = 100 + B(5) (10) = 100 - 1 (10) = 90

จะเห็นได้ว่า นักวิจัยสามารถกำหนดค่า B(t) **ด้วยเวคเตอร์ที่มีค่าต่างๆ กัน เพื่อให้ได้โค้งพัฒนาการเหมาะกับข้อมูลได้**

4.3 **โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง** (linear growth model = LIN model) **ในกรณีนี้นักวิจัยเชื่อว่าข้อมูลที่เป็นการศึกษาระยะยาวมีการวัดตัวแปร** 5 **ครั้ง มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงหรือโค้งพัฒนาการเป็นแบบเส้นตรง นักวิจัยกำหนดค่าพารามิเตอร์** B(t) **เป็นเวคเตอร์** (0 , 1 , 2 , 3 , 4) **เมื่อ** L(n) = 100 **และ** S(n) = 10 **จะได้คะแนนการวัดทั้ง** 5 **ครั้ง เมื่อไม่รวมค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าดังนี้**

Y (1 , n) = 100 + B(1) (10) = 100 + 0 (10) = 100

Y (2 , n) = 100 + B(2) (10) = 100 + 1 (10) = 110

Y (3 , n) = 100 + B(3) (10) = 100 + 2 (10) = 120

Y (4 , n) = 100 + B(4) (10) = 100 + 3 (10) = 130

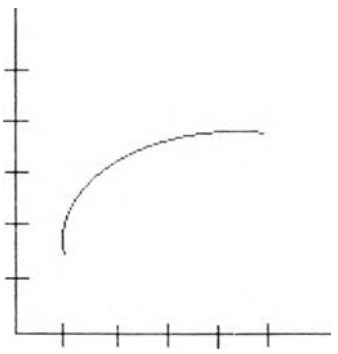
Y (5 , n) = 100 + B(5) (10) = 100 + 4 (10) = 140

จะเห็นได้ว่าการกำหนดค่า B(t) **ด้วยเวคเตอร์ที่มีค่าเป็น** 0 , 1 , 2 , 3 **และ** 4 **ทำให้ได้โค้งพัฒนาการเป็นแบบเส้นตรง**

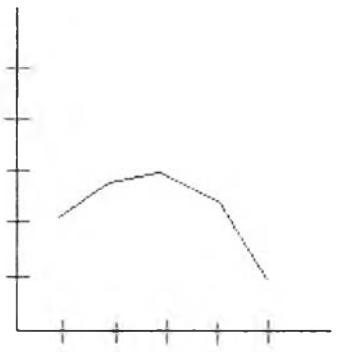
4.4 **โมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน** (no slope baseline growth model = NSB model) **มีการกำหนดค่าความชันพื้นฐานเป็น** 0 **โมเดลนี้นักวิจัยกำหนดค่าเวคเตอร์ในพารามิเตอร์** B(t) **มีค่าเท่ากับ** (0 , 0 , 0 , 0 , 0) **หมายความว่า ลักษณะของโมเดลควรจะสอดคล้องกับข้อมูลน้อยที่สุด และใช้เป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลอื่นๆ ได้ต่อไป**

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) **แตกต่างกันทั้ง** 4 **วิธีข้างต้นนั้น ในโมเดล** 3 **โมเดลแรก นักวิจัยอาจกำหนดค่าเวคเตอร์** B(t) **แตกต่างกันให้ได้เป็นโค้งพัฒนาการหลายลักษณะ เช่น โมเดล**

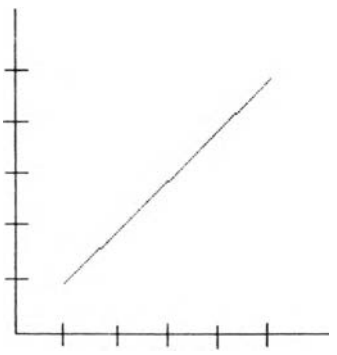
พัฒนาการเชิงเส้น การกำหนดค่าพารามิเตอร์ B(t) เป็น (0 , 1 , 2 , 3 , 4) หรือ (0 , 2 , 4 , 6 , 8) จะได้โค้งพัฒนาการเป็นเส้นตรงทั้ง 2 แบบ แต่ลักษณะโมเดลพัฒนาการแตกต่างกัน ซึ่งนักวิจัยสามารถพัฒนาและตรวจสอบโมเดลแต่ละแบบได้ว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันเพียงใด ลักษณะของโมเดลพัฒนาการทั้ง 4 รูปแบบข้างต้น แสดงได้ดังแผนภาพที่ 2.5



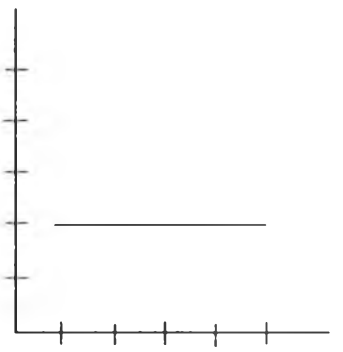
โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง
และกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระ
latent growth curve model
with free parameter = FRC model



โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝง
และกำหนดค่าพารามิเตอร์คงที่
latent growth curve model
with fixed parameter = FIC model



โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรง
linear growth model = FRC model



โมเดลพัฒนาการพื้นฐานที่ไม่มีค่าความชัน
no slope baseline growth model = NSB model

แผนภาพที่ 2.5 โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ

การทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล McArdle และ Hamagami (1991,1995) และ Bollen (1989) เสนอแนะให้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งมีอยู่ 4 แบบคือ

1. ค่าสถิติไคแลควร์ (chi-square statistic = χ^2) ค่าสถิติไคสแควร์ เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความกลมกลืนและทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ว่าฟังก์ชั่นความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ ได้จากผลคูณขององศาอิสระ (degree of freedom) กับค่าของฟังก์ชั่นความกลมกลืน ถ้าค่าสถิติไคสแควร์มีค่าต่ำและเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าไร นั่นย่อมแสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้ค่าสถิติไคสแควร์ มีค่าเท่ากับองศาอิสระด้วย ในการใช้ค่าสถิติไคสแควร์วัดระดับความกลมกลืนควรคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้น 4 ประการคือ ประการแรก ตัวแปรภายนอกสังเกตได้มีการแจกแจงแบบปกติ และไม่มีค่าความโด่ง (kurtosis) ประการที่สอง การคำนวณต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมมาวิเคราะห์ข้อมูล ประการที่สาม กลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ ในกรณีข้อมูลในการวิเคราะห์โมเดลเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติพหุนามทุกตัวจะใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า 100 โดยมีอัตราส่วนระหว่างหน่วยตัวอย่างและจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรเป็น 20 ต่อ 1

2. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness of fit Index = GFI) ค่าดัชนี GFI คืออัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชั่นความกลมกลืน ก่อนการปรับโมเดล และหลังจากปรับโมเดลแล้ว หลักการปรับโมเดลจะพิจารณาค่าไคสแควร์ที่มีค่าสูง เมื่อเทียบกับองศาอิสระที่คำนวณได้ในตอนแรก หากมีค่าลดลงในการปรับครั้งหลังมากกว่าครั้งแรกแสดงว่าโมเดลใหม่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีขึ้น โดยทั่วไปค่าดัชนี GFI มีค่าอยู่ระกว่าง 0 ถึง 1 และไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI นี้จะมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ค่าดัชนี GFI เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากข้อมูลชุดเดียวกันและข้อมูลต่างชุดกันได้อีกด้วย

3. ดัชนีรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือ (root mean squared residual = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีใช้บอกขนาดของเศษที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ชุดเดียวกันของโมเดล และใช้ได้ดีกับตัวแปรภายนอกและตัวแปรสังเกตได้ที่เป็นตัวแปรมาตรฐาน (standardized variable) เนื่องจากค่าดัชนี RMR จะแปลความหมายสัมพันธ์กับขนาดของความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร ถ้าค่าดัชนี RMR เข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบคะแนนมาตรฐานสูงสุด (largest standardized residual)คือผลหารระหว่างความคลาดเคลื่อนกับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนนั้น หลักการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนในรูปแบบคะแนนมาตรฐานสูงสุดนี้ไม่ควรเกิน 2.00 และต้องมีการปรับโมเดลหากมีค่าเกินกว่าที่กำหนด (Bollen, 1989 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะงานวิจัยที่วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการมีตัว แปรแฝง (latent growth curve model) ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาดังนี้

ประสิทธิ์ ไชยกาล (2539) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลลิสเรล 3 แบบที่ใช้ในการศึกษาตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระยะยาว ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลพื้นฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาว โมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้เดียว และโมเดลลิสเรลที่มีการวัดการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบวัดเจตคติต่อพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบวัดความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดำเนินการเก็บข้อมูลระยะยาว วัดตัวแปรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติต่อพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ 3 ครั้ง และวัดตัวแปรด้านความถนัดทางคณิตศาสตร์ 1 ครั้ง

วีระศักดิ์ คำล้าน (2540) ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวแบบพหุระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม เอช แอล เอ็ม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบวัดเจตคติ แบบวัดแรงจูงใจ และแบบวัดเชาว์ปัญญา

อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล (2541) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนักและส่วนสูงของนักเรียนประถมศึกษา และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบบันทึกการตรวจสุขภาพของนักเรียน เก็บข้อมูลระยะยาว 5 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแฝง

สุภารัตน์ เรือจันทึก (2542) ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาวของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสิ่งแวดล้อมระหว่างโมเดลเอช แอล เอ็ม และโมเดลลิสเรล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความรู้สิ่งแวดล้อม แบบวัดเจตคติ และแบบสอบถามประสบการณ์ในการร่วมกิจกรรมสิ่งแวดล้อม

อัญชลี สิทธิกุลธร (2543) ได้ศึกษาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงพหุระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ วิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนากับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้เทคนิค SEM และศึกษาอิทธิพลของคุณลักษณะครู และเชาวน์ปัญญาของนัก

เรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนเครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ แบบวัดเชาวน์ปัญญา และแบบบันทึกคุณลักษณะของครู ข้อมูลสำหรับการวิจัยเป็นข้อมูลระยะยาว 4 ครั้ง

ศศิวิมล อมตชีวิน (2546) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาการวัดแตกต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 3 - 9 ช่วงเวลา กับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัดครบสมบูรณ์ซึ่งมีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลา และเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 2 รูปแบบ คือ โมเดลพัฒนาการเชิงเส้นตรงและโมเดลพัฒนาการพารามิเตอร์อิสระ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของพัฒนาการทางกายภาพด้านน้ำหนัก และส่วนสูงของนักเรียนในระดับประถมศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบบมีตัวแปรแฝง

Horn and Ramey (2003) ทำการศึกษาอิทธิพลของการใช้แบบฝึกที่เหมาะสมกับพัฒนาการ เพื่อศึกษาผลของการใช้แบบฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนด้านภาษาโดยมีตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านภาษา และความว่องไวทางความคิดในการใช้ภาษา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 3 จำนวน 6,328 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านภาษา แบบสอบสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนผลการวิจัยที่พบคือการใช้แบบฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ ส่งผลให้ผู้รับการฝึกมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านภาษา และมีความว่องไวทางความคิดในการใช้ภาษาสูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) ในแต่ละประเด็นสามารถสรุปได้ดังนี้ (1) ด้านวัตถุประสงค์ เป็นการศึกษาพัฒนา เปรียบเทียบโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) (2) ด้านตัวแปรตาม เป็นการศึกษาตัวแปรตามด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต่างๆ เจตคติ พัฒนาการทางด้านร่างกาย (3) ด้านกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษา ข้อมูลจากงานวิจัยที่มีผู้ทำไว้แล้ว และข้อมูลจากรายงานสถิติรายปีขององค์การสหประชาชาติ (4) ด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่าง จากการที่ได้ศึกษาพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาของแต่ละงานวิจัยมีจำนวนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการวิจัย (5) ด้านเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะกระบวนการ แบบสอบถาม (6) ด้านผลการวิจัย เป็นการเปรียบเทียบโมเดลแต่ละโมเดล ซึ่งขึ้นอยู่กับโมเดลที่ผู้ทำการวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนา การที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) เสนอไว้ในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

วัตถุประสงค์	ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือ	ผลการวิจัย
ประสิทธิ์ ไชยกาล 2539				
เพื่อเปรียบเทียบโมเดลลิสเรล 3 แบบ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อพฤติกรรมการเรียน และความถนัด	นร.ป.6 กทม. 606 คน	แบบวัดผล แบบวัดเจตคติต่อแบบวัดความถนัด แบบประเมินความสามารถ	โมเดลลิสเรลที่มีการเปลี่ยนแปลงในรูปโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบระยะยาวที่วัดด้วยตัวบ่งชี้หลายตัวมีประสิทธิภาพสูงที่สุด
วีระศักดิ์ คำล้าน 2540				
เพื่อสร้างโมเดลโค้งพัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงระยะยาว	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติ แรงจูงใจ	นร.ป.6 603 คน	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบวัดเจตคติ แบบวัดแรงจูงใจ แบบวัดเชาน์ปัญญา	โมเดลโค้งพัฒนาการการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่สร้างขึ้นเป็นโมเดลพัฒนาการแบบควอดราติค สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์สถานภาพเริ่มต้น อัตราพัฒนาการ และอัตราเร่งได้อย่างครบถ้วน
อิทธิพงษ์ ตั้งสกุลเรืองไล 2541				
เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง 4 รูปแบบ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพัฒนาการทางด้านกายภาพ	นร.ประถม กทม. พิษณุโลก 998 คน (2 กลุ่ม)	แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบบันทึกการตรวจสุขภาพ	โมเดลลิสเรลในรูปพัฒนาการเชิงเส้นโค้งที่มีตัวแปรแฝงและมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระชนิดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากันมีประสิทธิภาพสูงสุด
สุภารัตน์ เรือจันทึก 2542				
เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระยะยาว	ความรู้สิ่งแวดล้อม เจตคติ ประสบการณ์	นร ม.2 ศรีสะเกษ 509 คน	แบบวัดความรู้สิ่งแวดล้อม แบบวัดเจตคติ แบบสอบถามประสบการณ์	โมเดลลิสเรลสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงระยะยาวได้ดีกว่าโมเดลเอชแอลเอ็ม
อัญชลี สิทธิกุลธร 2543				
เพื่อพัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแฝงแบบพหุระดับ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	นร.ป.6 กทม. นร 365 คน ครู 11 คน	แบบสอบผลสัมฤทธิ์ แบบวัดเชาน์ปัญญา และแบบบันทึกคุณลักษณะของครู	โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงแบบพหุระดับมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
ศศิวิมล อมตชีวิน 2546				
เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เหลื่อมลำดับในโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีช่วงเวลาในการวัดแตกต่างกัน	พัฒนาการทางด้านกายภาพ	นร.ป.1 กทม. 840 คน	แบบบันทึกผลการตรวจสุขภาพ	โมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 5 ช่วงเวลามีความสอดคล้องกับโมเดลที่มีช่วงเวลาการวัด 10 ช่วงเวลามากที่สุด

ตาราง 2.1 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง

วัตถุประสงค์	ตัวแปรตาม	กลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือ	ผลการวิจัย
Horn and Ramey2003				
เพื่อพัฒนาโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความว่องไวทางความคิด	นร.ป.1-3 6,328 คน	การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบสอบสภาพการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน	โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ

ทิศนา แขมมณี (2545) ได้ให้ความหมาย รูปแบบการเรียนการสอนว่า การที่บุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น คำอธิบาย แผนผัง หรือแผนงาน เพื่อช่วยให้ตนเอง และบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น รูปแบบการเรียนการสอนที่มีผู้นิยมนำไปใช้ในการเรียนการสอนทั่วไป สามารถจัดหมวดหมู่ตามลักษณะวัตถุประสงค์ของรูปแบบได้ 5 หมวดดังนี้ (1) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธพิสัย (cognitive domain) (2) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย (affective domain) (3) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (psycho-motor domain) (4) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ (process skills) (5) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ (integration)

การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) Gestwicki (1940) ได้ให้ความหมายของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ ว่าเป็นการประยุกต์และพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน อันจะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความรู้ ความคิด และการตัดสินใจที่ถูกต้อง เหมาะสมของนักเรียน ออกมาในรูปแบบโปรแกรมแบบฝึกสำหรับนักเรียน ซึ่งในงานวิจัยเป็นจำนวนมาก ต่างต้องการที่จะเรียนรู้ถึงวิธีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลายสำหรับนักเรียนในวัยต่างๆ ตามระดับของแต่ละชั้นเรียน โดยมีความต้องการที่จะสร้างการเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และตรงกับความต้องการของนักเรียน เพื่อบรรลุตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่ตั้งได้ไว้ การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ จึงเป็นพื้นฐานที่จะช่วยทำให้ผู้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกิดความเข้าใจในตัวนักเรียน อันจะทำให้มีการดำเนินการ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียน เป็นไปโดยง่ายขึ้นตามสถาพความพร้อมของนักเรียนเป็นรายบุคคล ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ในรูปแบบการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ ผู้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะไม่ยึดถือความต้องการของตนเองเป็นหลัก และต้อง

ไม่มีความคาดหวังล่วงหน้าว่ากิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดนั้นจะประสบความสำเร็จกับนักเรียนทุกคน

การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ มุ่งเน้นการศึกษาสภาพความพร้อมทางการศึกษาของนักเรียนในแต่ละบุคคลว่ามีสภาพทางความพร้อมในการศึกษาอย่างไร ผู้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องมีการเก็บข้อมูลตามความเป็นจริงของนักเรียนแต่ละบุคคล เพื่อที่จะได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมต่อไปมี ดังนั้นการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ จึงไม่ใช่หลักสูตรทางการศึกษา ที่มีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และรูปแบบการฝึกที่ชัดเจนเป็นรูปธรรมตลอดจนไม่มีรูปแบบการดำเนินการจัดการแน่ชัดในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนในสภาพการปัจจุบันครูผู้สอนต้องรับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนเป็นจำนวนมาก และนักเรียนแต่ละคนย่อมมีความพร้อมทางการศึกษาที่แตกต่างกัน การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ จึงเป็นจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นเพียงโครงสร้างในการจัดกิจกรรมที่จะเข้าถึงนักเรียนให้มากที่สุด อันจะเป็นพื้นฐานให้ผู้ทำการศึกษาหรือนักวิจัยได้เข้าใจในตัวนักเรียน อันจะช่วยให้มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอันเหมาะสมในการพัฒนาความรู้ กระบวนการคิด การตัดสินใจให้กับนักเรียนเป็นรายบุคคลได้อย่างเหมาะสมที่สุด

จะเห็นได้ว่า รูปแบบการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ เป็นลักษณะการจัดาารเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการ (integration) ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นบูรณาการนั้นจะฝึกการพัฒนาทั้งในด้านพุทธพิสัย (cognitive domain) ด้านจิตพิสัย (affective domain) ทักษะพิสัย (psycho-motor domain) และด้านทักษะกระบวนการ (process skills) ไปด้วยกัน รูปแบบการเรียนการสอนด้วยการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ เป็นรูปแบบการจัดกระบวนการอันเหมาะสมในการพัฒนาความรู้ กระบวนการคิด ให้กับนักเรียนได้อย่างเหมาะสม โดยครูผู้สอนเป็นผู้นำหลักปฏิบัติไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

หลักการปฏิบัติในการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ

Gestwicki (1940) ได้กล่าวถึงหลักการในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนจากการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการว่า ผู้มีหน้าที่จัดการเรียนการสอน หรือครูผู้สอนควรคำนึงถึงหลักปฏิบัติในการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการดังนี้ (1) นักเรียนผู้รับการฝึกจะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้อันจะนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ระยะยาว โดยเริ่มแรกนักเรียนผู้รับการฝึกทุกคนต้องได้รับการตรวจสอบพื้นฐานความรู้ สภาพความพร้อม เพื่อที่ทางโรงเรียนจะได้เตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นต่อไป เมื่อใดก็ตามหากโรงเรียนมีบรรยากาศในรูปของการแข่งขัน หรือเปรียบเทียบ นักเรียนผู้รับการฝึกจะเกิดภาวะลำบากในการเรียนรู้ ทำให้เกิดความไม่อยากที่จะเรียนรู้ต่อไป (2) นักเรียนผู้รับการฝึกจะได้รับกิจกรรมในการเรียนรู้ตามความสามารถของตนเองที่

มีอยู่ โดยนักเรียนผู้รับการฝึกทุกคนมีความสำคัญ และสามารถตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ด้วยตนเอง รวมถึงการเริ่มต้นการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ด้วยตนเองในการเรียนระดับประถมศึกษา (3) นักเรียนผู้รับการฝึกในแต่ละคนจะได้รับกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากทักษะและพื้นฐานความรู้ จากการใช้แบบสอบที่วัดความสนใจ ความชอบ ความถนัดของแต่ละบุคคล ในด้านการวัดความรู้ จะเป็นการวัดความรู้ที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะไม่ใช่เน้นการเรียนรู้แบบเก่า เช่นการให้ท่องจำ เพราะอาจเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนผู้รับการฝึกเกิดความรู้สึกเบื่อหน่ายและรู้สึกเกลียดโรงเรียน (4) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เน้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามสถานการณ์ อันจะช่วยพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ทางด้านภาษา ด้านจำนวนและตัวเลข พร้อมกับพัฒนาความสามารถทางการสื่อสารด้วยทักษะพื้นฐาน นอกจากนั้นยังมีการส่งเสริม แนะนำ ปลูกฝัง ความรู้พื้นฐานที่สำคัญในการอยู่ร่วมกันในสังคม (5) นักเรียนผู้รับการฝึกจะได้รับกิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีโอกาสพัฒนาตนเองเป็นรายบุคคล ตามความสนใจของแต่ละคน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ต้องมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ตรงกับสภาพและความต้องการของนักเรียนผู้รับการฝึก ขยายขอบข่ายการเรียนรู้ออกไปให้กว้าง สร้างทฤษฎีการเรียนรู้ที่หลากหลายตามระดับสติปัญญาของนักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคนซึ่งประกอบด้วย การเรียนรู้ทางด้านภาษา ดนตรี คณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างที่ว่างกับวัตถุ ความสามารถในการเคลื่อนไหวของร่างกาย และการอยู่ร่วมกันในสังคม

ในส่วนของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้ (1) หัวข้อและ เนื้อหาหลักต้องเป็นที่น่าสนใจสำหรับนักเรียนผู้รับการฝึก (2) หัวข้อและ เนื้อหาต้องมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และชุมชน (3) หัวข้อต้องมีเนื้อหาที่กว้างพอที่จะแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยๆได้ตามความสนใจของนักเรียนผู้รับการฝึก (4) ความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อย่อยจะต้องมีความชัดเจน (5) หัวข้อต้องไม่ซับซ้อน สามารถปรับได้ตามความเหมาะสมเพื่อให้สามารถสืบหาข้อเท็จจริงของเหตุการณ์ องค์ประกอบ และแหล่งที่มาเพื่อเปรียบเทียบความความสัมพันธ์ ความเหมือน ความแตกต่าง (6) หัวข้อต้องมุ่งหวังด้านการเสริมกำลังใจให้กับนักเรียนผู้รับการฝึกไม่ใช่การมุ่งเน้นด้านความมีระเบียบวินัยอันเป็นกฎเกณฑ์บังคับกับนักเรียนผู้รับการฝึก

ในการเตรียมการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (1) ในขั้นแรกครูผู้สอนในสถานศึกษาต้องมีการดำเนินงานร่วมกันระดมความคิดในการหาหัวข้อที่จะให้นักเรียนผู้รับการฝึกได้เรียนรู้ จัดเป็นศูนย์รวมการเรียนรู้หลัก แนะนำครูผู้สอนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคน นักเรียนผู้รับการฝึกและครูผู้ลอนมีส่วนในการเลือกหัวข้อ โครงการต่างๆ วางแผนและตัดสินใจร่วมกันในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความต้องการของตนเอง เมื่อครูผู้สอนรู้ถึงสภาพของนักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคนว่ามีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จ ในด้านใดก็ลงลึกถึงเนื้อหาที่เหมาะ

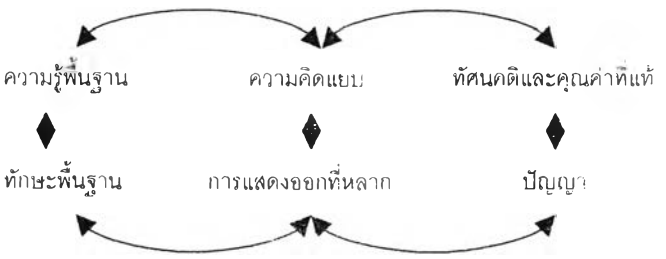
สมของแต่ละคน จัดเตรียมสถานที่ ห้องเรียน ตลอดจนโครงการต่างๆ ไปจนถึงจัดเตรียมกิจกรรมการแสดงออกที่เหมาะสมกับสภาพนักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคน หลักสูตรการจัดแนวทางการฝึกที่เหมาะสมนั้นในระยะเริ่มแรกต้องไม่เป็นการปิดกั้นใดๆ ทั้งสิ้น การเรียนรู้นั้นไม่เน้นการเรียนรู้แต่เพียงเรื่องของตนเองเพียงอย่างเดียวต้องเสริมเรื่องความรู้ต่างๆ ให้กับนักเรียนด้วย (2) การทำงานร่วมกันในกลุ่มเล็ก เป็นการเรียนรู้ถึงสภาพนักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคน เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้รู้ถึงปัญหา และพฤติกรรมในกลุ่ม ไปจนถึงปัญหาของแต่ละบุคคล เพื่อที่ครูผู้สอนจะได้หาทางออกทางพฤติกรรมที่เหมาะสม ให้กับนักเรียนผู้รับการฝึก สิ่งที่ไม่ควรพบหลังจากการจัดชั้นเรียนในชั้นประถมศึกษา ในการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ คือ นักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคนทำงานตามลำพัง แม้ว่าครูผู้สอนจะให้อิสระในการอ่าน และออกความคิดเห็นก็ตามแต่สิ่งที่พบจะเป็นในลักษณะที่นักเรียนผู้รับการฝึกควรมีการทำงานร่วมกัน (3) ครูผู้สอนทำทุกอย่างให้เป็นเรื่องง่าย เมื่อได้หลักสูตรในการจัดกิจกรรมการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการแล้วครูผู้สอนจะต้องเริ่มในสิ่งที่ง่ายเป็นอันดับแรก จากการเริ่มจับกลุ่ม จากนั้นเริ่มต้นด้วยข้อเสนอแนะ คำถาม หรือสิ่งต่างๆ หลักสำคัญในการเรียนรู้คือ ครูผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนผู้รับการฝึกได้แสดงความคิดเห็น ถามคำถาม เพราะความสนใจของนักเรียนผู้รับการฝึกแต่ละคนนั้นแตกต่างกัน ครูผู้สอนจะต้องไม่กำหนดหรือแจ้งให้นักเรียนผู้รับการฝึกทราบในเนื้อหาความรู้ แต่จะให้นักเรียนผู้รับการฝึกเกิดความรู้ด้วยตนเอง เมื่อเรียนไปได้ในระยะเวลาหนึ่งแล้ว ครูผู้สอนค่อยมาเน้นหนักในส่วนที่ต้องการให้นักเรียนผู้รับการฝึกเรียนรู้ภายหลัง

สิ่งที่ครูผู้สอนไม่ควรทำในการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ สิ่งที่ครูผู้สอนไม่ควรปฏิบัติมีดังต่อไปนี้ (1) ครูผู้สอนไม่ควรเริ่มต้นการเรียนด้วยการเน้นจุดสำคัญของเนื้อหาให้กับนักเรียนผู้รับการฝึกควรเริ่มจากเนื้อหาย่อยที่ง่ายต่อการเรียนรู้ และเรียงลำดับความสำคัญขึ้นมาจนถึงเนื้อหาสำคัญที่ต้องการให้ผู้รับการฝึกได้เรียนรู้ (2) ครูผู้สอนไม่ควรแจ้งนักเรียนผู้รับการฝึกถึงเนื้อหาที่จะเรียนในคราวต่อไป และไม่ควรให้นักเรียนผู้รับการฝึกมีการอ่านเตรียมเนื้อหามาล่วงหน้า (3) ครูผู้สอนไม่ควรแยกเนื้อหาออกจากหลักสูตรที่กำหนด โดยเลือกเนื้อหาที่ตนเองเห็นว่าง่ายตามความต้องการของตนเอง (4) ครูผู้สอนไม่ควรทำให้นักเรียนผู้รับการฝึกเกิดความรู้สึกหมดกำลังใจ หรือทำให้นักเรียนผู้รับการฝึกเกิดความรู้สึกแตกแยกระหว่างเพื่อนร่วมชั้นเรียน และครูผู้สอนไม่ควรให้นักเรียนผู้รับการฝึกนั่งทำงานเงียบๆ

นอกจากสิ่งที่ครูผู้สอนไม่ควรปฏิบัติในการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการแล้ว สิ่งที่ครูผู้สอนควรระลึกถึงเสมอคือ (1) ครูผู้สอนไม่ควรคาดหวังกับนักเรียนผู้รับการฝึกว่านักเรียนผู้รับการฝึกจะเป็นในสิ่งที่ครูผู้สอนต้องการได้เสมอ (2) หากนักเรียนผู้รับการฝึกทำงานช้า ให้ครูผู้สอนจักอดทนที่จะรอ รู้จักการให้อภัยในข้อผิดพลาดของนักเรียนผู้รับการฝึก และร่วมแสดงความยินดีเมื่อนักเรียนผู้รับการฝึก แสดงออกซึ่งความพยายาม มุ่งมั่นในการทำงาน

ตอนที่ 3 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนของผู้เรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรเน้นวิธีการต่างๆ เพื่อเพิ่มพูนปัญญาของผู้เรียนให้สูงขึ้นดังทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาอัจฉริยภาพของเด็ก ดังแผนภาพที่ 2.6 (ไพเราะ ทิพยทัศน์ และสุมณฑา พรหมบุญ; 2536 อ้างถึงใน ยุพา วีระไวทยะ และปรียา นพคุณ, 2544)



แผนภาพที่ 2.6 ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาอัจฉริยภาพ

ในส่วนของการจัดการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ยุพา วีระไวทยะ และปรียา นพคุณ, (2544) กล่าวถึงองค์ประกอบในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์นั้นประกอบด้วย ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนจะเกิดความรู้อย่างลึกซึ้งและมีความคิดสัมพันธ์กันจะต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และต้องมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อันจะเป็นส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกำลังใจภายใน มีความคิดที่จะค้นคว้าศึกษาหาความต่อเนื่องในเชิงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยิ่งๆ ขึ้นไปเช่นเดียวกับ จำนง สรพิพัฒน์, (2544) กล่าวถึงการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนคือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงสูตรที่เรียน ส่วนที่สองคือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงกระบวนการที่จะช่วยให้หาคำตอบที่เป็นรูปธรรมได้เป็นความชำนาญหรือความเข้าใจในระดับที่จะประยุกต์ใช้หาข้อเท็จจริงความจริงตามธรรมชาติ และสร้างความรู้ใหม่ได้ ส่วนที่สามเจตคติทางวิทยาศาสตร์อันจะช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้มีคุณภาพเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว, (2542) ได้กล่าวว่าการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน คือการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (the process of science) ค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์(the body of knowledge) ด้วยตนเอง ในการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude)

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งที่หลักสูตรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาไปในทิศทางที่ต้องการนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการคือ ความรู้ทางวิทยา

ศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการศึกษาอิทธิพลของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ช่วงชั้นที่ 2 ผู้วิจัยได้สนใจศึกษาตัวแปรตาม 3 ด้าน คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละด้านผู้วิจัยได้ศึกษาถึงความหมาย ตลอดจนเครื่องมือวัดตัวแปรในแต่ละด้านดังนี้

1. ด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล (2533) ได้กล่าวถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นความรู้ที่มีลักษณะเฉพาะ มีลักษณะดังนี้ (1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ที่สร้างมาจากข้อเท็จจริงจากประสบการณ์ด้วยวิธีอุปมาน โดยผ่านการตรวจสอบแล้ว (2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ได้มา โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่มีลักษณะเป็นสากล คือ เหมือนกันและใช้ได้เหมือนกันทั่วโลก ทุกที่ และทุกคน (4) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ยังต้องการการแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (5) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่มีลักษณะเป็นปรนัย นั่นคือ ทุกคนเข้าใจได้ตรงกันทั่วกัน

จากความหมายและลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีผู้กล่าวไว้ข้างต้น จะเห็นได้ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งแตกต่างไปจากความรู้วิชาอื่นๆ โดยสิ้นเชิง นั่นคือ มีลักษณะของโอกาสที่จะเป็นไปได้ ไม่ใช่ความรู้ที่สมบูรณ์ เพราะอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามหลักฐานและเป็นความรู้ที่เกิดจากการทดสอบ จนเป็นที่ยอมรับและเข้าใจกันทั่วไป โดยยึดการสังเกตและทดลองเป็นหลัก โดยพิจารณาลักษณะต่างๆ 6 ด้าน ดังนี้ (1) ด้านคุณธรรม (2) ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (3) ด้านพัฒนาการของความรู้ (4) ด้านการใช้ข้อความกะทัดรัด (5) ด้านการตรวจสอบ (6) ด้านความสัมพันธ์กันของความรู้

การวัดความเข้าในลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านนอกจากจะสนใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสนใจจะทราบว่ากลุ่มประชากรต่างๆ ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ นักเรียน นักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ นักศึกษาการสอนวิทยาศาสตร์ และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จะมีความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด ดังจะเห็นได้จากการที่มีงานวิจัยทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาและสร้างแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้มากมาย ตัวอย่างของแบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีดังต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้สร้างแบบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็นรูปแบบต่างๆ ดังนี้ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบเขียนตอบ และแบบผสมผสาน โดยแต่ละแบบมีการกำหนดจุดประสงค์หรือผลการเรียนรู้ที่คาดว่าจะได้ พิจารณาคุณภาพของข้อสอบอย่างครอบคลุมทั้งปัญหาและคำถาม รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้อง

ตรวจสอบความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบ

2. **ด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์**

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ให้ความหมายเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่า คุณลักษณะด้านเจตคติของผู้เรียนแสดงออกด้วยพฤติกรรมที่มีลักษณะแตกต่างกันตามแต่ละบุคคล ผลที่แสดงออกจะสะท้อนถึงจิตสำนึกความรู้สึกทางจิตใจ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม รวมทั้งอุปนิสัยเกี่ยวกับความชอบ ความสนใจ ความศรัทธา ความซาบซึ้ง ความตระหนัก คุณลักษณะและพฤติกรรมการด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 2.2

ตาราง 2.2 คุณลักษณะและพฤติกรรมด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คุณลักษณะ	พฤติกรรม
1. ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น	- ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้ - มีความใส่ใจและพอใจใคร่สืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์และปัญหาใหม่ๆ อยู่เสมอ - มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ - ชอบทดลองค้นคว้า - ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้นจากเดิม
2. ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทน และเพียรพยายาม	- ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย - เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ - ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนด และตรงต่อเวลา - เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหายต่อส่วนรวม - ทำงานเต็มความสามารถ - ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้คำตอบ - ไม่ท้อถอยในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว - มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหาจะยุ่งยากและใช้เวลา
3. ความมีเหตุผล	- ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ - เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ - พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ - อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล - หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น - ตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

ตาราง 2.2 (ต่อ) แสดงคุณลักษณะและพฤติกรรมด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์

คุณลักษณะ	พฤติกรรม
4. ความมีระเบียบและรอบคอบ	- ยอมรับว่าความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ - เห็นคุณค่าของความมีระเบียบและรอบคอบ - นำวิธีการหลายๆ วิธีมาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง - มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ - มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน - มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน - ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำการทดลอง - ทำงานอย่างมีระเบียบและเรียบร้อย
5. ความซื่อสัตย์	- เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นผลที่แตกต่างจากผู้อื่น - เห็นคุณค่าของการนำเสนอข้อมูลตามความจริง - บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไปเกี่ยวข้อง - ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตนเอง
6. ความใจกว้างร่วมแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดของผู้อื่น	- รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น - ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง - รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ - ยอมพิจารณาข้อมูลหรือแนวความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้สร้างแบบประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการเขียนพฤติกรรมการแสดงออกหรือแนวทางการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นแบบวัดประมาณค่า 4 ระดับเป็นแบบวัดคุณลักษณะดังต่อไปนี้ ความสนใจใฝ่รู้หรือความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบ ความมุ่งมั่น อดทนและเพียรพยายาม ความมีเหตุผล ความมีระเบียบและรอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง ร่วมแสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ผลการประเมินผู้สอน ผู้เรียน หรือผู้เกี่ยวข้องจะต้องนำมาตรวจสอบ เปรียบเทียบหรือพิจารณาร่วมกัน ผลการประเมินใดที่ไม่สอดคล้องกันควรตรวจสอบหรือประเมินผลซ้ำจนแน่ใจในสาเหตุของปัญหา และทุกฝ่ายให้การยอมรับต่อผลการประเมินนั้นได้ จึงลงข้อสรุปและเสนอแนวทางการพัฒนาเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เรียนอย่างแท้จริง

3. **ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาลตร์ดังนี้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและการควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ American Association for the Advancement of Science-AAAS (อ้างถึงในยุพา วีระไวทย และปรียา นพคุณ, 2544)ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ ดังนี้ (1) ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนก การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส (space) กับสเปส และสเปสกับเวลา การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ (2) ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การวัดความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งความสามารถทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดไว้ สรุปได้ดังนี้ (วลัยรัตน์ องค์ศิริมงคล, 2533) ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เสนอไว้ในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะ	ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะ
1. การสังเกต	การชี้บ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะได้
2. การวัด	เลือกหน่วยกลางได้เหมาะสมกับสิ่งที่ใช้วัด เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมและวัดด้วยวิธีการที่ถูกต้อง
3. การจำแนกประเภท	แบ่งของหรือสิ่งต่างๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้สามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเอง พร้อมทั้งบอกได้ว่า ผู้อื่นแบ่งสิ่งของนั้นโดยใช้เกณฑ์อะไร

ตาราง 2.3 (ต่อ) ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะ	ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะ
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	วาดรูป 2 มิติ จากรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้หรือในทางกลับกัน บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และเงาในกระจกว่าเป็นซ้าย เป็นขวา ของกันและกันอย่างไร และบอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา
5. การคำนวณ	ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการวัดได้และบอกวิธีและแสดงวิธีคำนวณรวมทั้งแสดงวิธีหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง
6. การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล	เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น โดยเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม และบอกเหตุผลในการเลือกเสนอข้อมูลนั้น
7. การลงความเห็นจากข้อมูล	การอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย
8. การพยากรณ์	สามารถใช้ข้อสรุปจากการทดลองที่ได้ทำมาแล้วหรือใช้ปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำๆ หลักการกฎ หรือทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับแล้ว มาคาดคะเนคำตอบในเรื่องที่ยังไม่ได้ทำการทดลองหรือเรื่องที่ยังไม่ได้เกิดขึ้น
9. การตั้งสมมติฐาน	สรุปหรือคาดคะเนคำตอบของการทดลองล่วงหน้า โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิม สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามได้
10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	กำหนดความหมายหรือขอบเขตของตัวแปรต่างๆ เพื่อจะสามารถทำการวัดหรือทดสอบได้
11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	สามารถชี้บอกตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้
12. การทดลอง	ออกแบบการทดลองและเลือกแบบการทดลองได้อย่างเหมาะสม สะดวกแก่การที่จะนำไปทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานหรือแก้ปัญหาความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะต่างๆ
13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองทดลองบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้ถูกต้อง

การสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันทั่วไปก็อาศัยหลักเกณฑ์ดังกล่าวในการวัด ตัวอย่างของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

Molitor และ George (1976 อ้างถึงในวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) ได้สร้างแบบทดสอบในการประเมินทักษะการลงความคิดเห็น และการตรวจสอบว่าการลงความคิดเห็นนั้นถูกหรือผิด แบบทดสอบนี้ใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6

Padilla และคณะ (1985 อ้างถึงในวรรณทิพา รอดแรงค้า, 2544) ได้พัฒนาแบบทดสอบชื่อ The test of basic process skills in science สำหรับใช้กับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 8 (เกรด 4 – 8) โดยมีเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบดังนี้ (1) แบบทดสอบนี้ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 6 ทักษะ ได้แก่ การสังเกต การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การวัด การสื่อความหมาย และการจำแนกประเภท (2) เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือก 4 ตัว (3) มีการใช้รูปภาพและภาพลายเส้นเพื่อทำให้ข้อคำถามที่ถามชัดเจนยิ่งขึ้น (4) เป็นแบบทดสอบที่มีระดับการอ่านต่ำกว่าประถมศึกษาปีที่ 4 (5) เป็นแบบทดสอบที่สามารถทำเสร็จภายในเวลา 45 นาที หรือน้อยกว่า (6) มีการกระจายความยากง่ายของข้อทดสอบที่ใช้วัดในแต่ละทักษะเหมือนๆ กัน และ (7) เป็นข้อทดสอบที่ไม่อิงเนื้อหา

งานวิจัยเกี่ยวกับกับตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะงานวิจัยที่ทำการศึกษาในด้านรูปแบบการสอน การวัดตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาดังไปนี้

เอื้อมพร หลินเจริญ (2539) ศึกษาการพัฒนาโมเดลลิสเรลในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องมือที่มีผู้สร้างไว้แล้ว ประกอบด้วย (1) แบบสอบถามเรื่องราวเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางบ้าน ด้านความสัมพันธ์ภายในครอบครัว การสนับสนุนทางการเรียน ฐานะทางเศรษฐกิจ ระดับการศึกษาของบิดามารดา ลักษณะนิสัยและพฤติกรรมในการเรียนของนักเรียนลักษณะของแบบสอบถามเป็น มาตรประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งเป็นแบบสอบถามด้านความสัมพันธ์ภายในครอบครัว และการส่งเสริมสนับสนุนทางการเรียนจำนวน 12 ข้อ และแบบสอบถามด้านฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว และการส่งเสริมสนับสนุนทางการเรียนจำนวน 12 ข้อ และแบบสอบถามด้านฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวจำนวน 12 ข้อ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย ในส่วนของแบบสำรวจลักษณะนิสัยในการเรียนจำนวน 50 ข้อ สำหรับแบบสำรวจลักษณะนิสัยในการเรียนนั้นเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ วัดคุณสมบัติ 2 ด้านคือ ด้านแรก

เป็นการหลีกเลี่ยงการผลัดเวลา เป็นเรื่องเกี่ยวกับความพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมายจากทางโรงเรียนให้สำเร็จ ไม่ผลัดวันประกันพรุ่ง ความรับผิดชอบในตนเอง และการจัดการระบบการเรียนและการทำงาน ด้านที่สองเป็นวิธีการทำงานเป็นเรื่องเกี่ยวกับทักษะในการเรียนและการใช้กระบวนการเรียนอย่างมีประสิทธิภาพในการอ่านหนังสือเรียน การท่องจำ การบันทึกย่อ การทบทวนบทเรียนและการใช้อุปกรณ์การเรียนอื่นๆ (2) แบบวัดจำนวน 4 ฉบับได้แก่ (2.1) แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลด้านการสรุปความ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ มี 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความสามารถเชิงเหตุผลด้านอุปมาอุปมัย จำนวน 15 ข้อ (2.2) แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 32 ข้อ โดยมีเนื้อหาด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านความมีเหตุผล ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความมีใจกว้าง ด้านความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง ด้านการพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจ (2.3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบประเภท 4 ตัวเลือก (2.4) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบประเภท 4 ตัวเลือก

บุญฤดี แซ่ล้อ (2545) ศึกษาถึงผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

Liu, X (2000) ทำการศึกษาอิทธิพลของแผนภาพความคิดรวบยอดกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาผลของการใช้แผนภาพความคิดรวบยอด กับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวแปรตามคือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ 4 ด้าน คือ (1) ลภาวะวิทยา (2) ความเชื่อ (3) ความรู้ (4) สังคมและ อารมณ์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 12 (มัธยมศึกษาปีที่ 6) จำนวน 30 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนภาพความคิดรวบยอดในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่าการใช้แผนภาพความคิดรวบยอด สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้านได้

Akerson, V. L. (2002) ทำการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาผลของการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีตัวแปรตามคือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 4 (ประถมศึกษาปีที่ 4) จำนวน 23 คนครูผู้สอนจำนวน 1 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบสังเกตการสอน การถ่ายวิดีทัศน์ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ในลักษณะกึ่งทางการ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชุดรูปแบบ

I22548130

การเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถเข้าถึงเป้าหมายที่เหมาะสมในการจัดการเรียนการสอน และสามารถสร้างความรู้ ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ในแต่ละประเด็นสามารถสรุปได้ดังนี้ (1) ด้านวัตถุประสงค์ เป็นการศึกษา หาความสัมพันธ์ เปรียบเทียบ ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอน ของตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปรซึ่งได้แก่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (2) ด้านตัวแปรตาม เป็นการศึกษาตัวแปรตาม 3 ตัวแปรคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (3) ด้านตัวแปรรูปแบบการสอน โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รูปแบบการสอนที่พบจากการศึกษาคือ รูปแบบการสอนซิปปาและรูปแบบการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (4) ด้านกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษา (5) ด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่าง จากการที่ได้ศึกษาพบว่า จำนวนกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาของแต่ละงานวิจัย มีจำนวนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการวิจัย (6) ด้านเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยส่วนใหญ่เป็นแบบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (7) ด้านผลการวิจัย พบว่าเมื่อผ่านขั้นตอนการทำวิจัยแล้วกลุ่มตัวอย่างมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาในรูปแบบการสอน และตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ เสนอไว้ในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 ผลการวิเคราะห์ประเด็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาในรูปแบบการสอน และตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์	ตัวแปรตาม	รูปแบบการสอน	กลุ่มตัวอย่าง	เครื่องมือ	ผลการวิจัย
เยื้อมพร หลินเจริญ 2539					
เพื่อพัฒนาโมเดลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	คุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์	-	นร.ม.1 กทม 450 คน (2 กลุ่ม)	แบบสอบถามสภาพแวดล้อมทางบ้าน แบบสำรวจลักษณะนิสัยในการเรียน แบบวัดความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลด้านสรุปความ แบบวัดเจตคติ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบวัดทักษะกระบวนการ	คะแนนการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกรุงเทพมหานครสูงกว่านักเรียนในจังหวัดกำแพงเพชรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
บุญฤดี แซ่ล้อ 2545					
เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ และเจตคติ	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ เจตคติ	รูปแบบการเรียนการสอนซิปปา	นร.ป.6 กาญจนบุรี 60 คน (2 กลุ่ม)	แบบสอบผลสัมฤทธิ์ แบบวัดทักษะกระบวนการ แบบวัดเจตคติ	การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนซิปปาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
Liu, X. 2000					
เพื่อศึกษาผลของการใช้แผนภาพความคิดรวบยอดกับการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดด้านสภาววิทยา, ความเชื่อ, ความรู้, สังคมและอารมณ์	-	นร.เกรด 12 30 คน (2 กลุ่ม)	แผนภาพความคิดรวบยอด แบบสัมภาษณ์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	การใช้แผนภาพความคิดรวบยอด สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ด้านได้
Akerson, V. L. 2002					
เพื่อศึกษาผลของการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	รูปแบบการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	นร.เกรด 4 ครูผู้สอน นร. 23 คน ครู 1 คน	แบบสังเกตการสอน การถ่ายวีดีทัศน์ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ ชุดรูปแบบการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	รูปแบบการเรียนการสอนสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถสร้างความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน

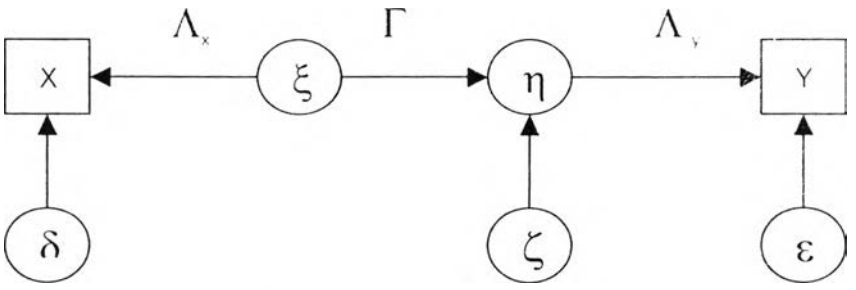
ตอนที่ 4 กรอบแนวคิดและสมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง (latent growth curve model) แนวคิด ทฤษฎีการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาถึงอิทธิพล ของการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentaliy appropriate practices) ที่มีต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) เป็นตัวแปรอิสระทำการศึกษาตัวแปรตาม 3 ตัวคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาโดยเก็บข้อมูลระยะยาวเพื่อศึกษาโมเดลโค้งพัฒนาการ ที่มีตัวแปรแฝง มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย การวัดการเปลี่ยนแปลงโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรม LISREL ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก ศรีสุโข, 2544)

โมเดลลิสเรล

หลักการโดยทั่วไปของโมเดลนี้คือ โครงสร้างของการเป็นสาเหตุระหว่างตัวแปรแฝง (ตัวประกอบ) ซึ่งมีทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามตัวแปรแฝงเหล่านี้แม้จะไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีความสำคัญในฐานะเป็นตัวกำหนดหรือสาเหตุของตัวแปรได้บางตัว

ส่วนประกอบของโมเดลโมเดลนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือโมเดลการวัดและโมเดลสมการโครงสร้าง มีรายละเอียดดังแผนภาพที่ 2.7



แผนภาพที่ 2.7 โมเดลความสัมพันธ์สมการเชิงเส้นทั่วไป

โมเดลการวัด (measurement)

โมเดลการวัดเป็นโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้กับตัวประกอบหรือตัวแปรแฝง โมเดลการวัดประกอบด้วยชุดของตัวแปรที่สังเกตได้ 2 ชุด คือตัวแปรอิสระที่สังเกตได้ $X = (x_1, x_2, \ldots, x_p)$ และตัวแปรตามที่สังเกตได้ $Y = (y_1, y_2, \ldots, y_q)$ ชุดของตัวแปร X และ Y ถูกนำมาวิเคราะห์ตัวประกอบ ซึ่งจะได้ตัวประกอบร่วม (ตัวแปรแฝง) $\xi = (\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_m)$ และ $\eta = (\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n)$ ตลอดจนตัวประกอบเฉพาะ (ความคลาดเคลื่อน) $\delta = (\delta_1, \delta_2, \ldots \delta_p)$ และ $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_q)$ ตามลำดับดังสมการ

$$\underset{(p \times 1)}{X} = \underset{(p \times m)(m \times 1)}{\Lambda_x \xi} + \underset{(p \times 1)}{\delta}$$

$$\underset{(q \times 1)}{Y} = \underset{(q \times n)(n \times 1)}{\Lambda_y \eta} + \underset{(q \times 1)}{\varepsilon}$$

ในเมื่อ X = เวคเตอร์ของค่าจากการวัดตัวแปรอิสระที่สังเกตได้ (ตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ)

Λ_x (lamda x) = เมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยหรือน้ำหนักตัวประกอบซึ่ง แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ ξ

δ (delta) = เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนในสมการ X

Y = เวคเตอร์ของค่าจากการวัดตัวแปรตามที่สังเกตได้ (ตัวบ่งชี้ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม η)

Λ_y (lamda y) = เมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยหรือน้ำหนักตัวประกอบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ η

ε (epsilon) = เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนในสมการ y

ข้อตกลงเบื้องต้น เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ตัวประกอบ โดยทั่วไป เช่น $E(\eta) = 0$, $E(\xi) = 0$, $E(\varepsilon) = 0$, $E(\delta) = 0$, $E(\eta\varepsilon) = 0$, $E(\xi\delta) = 0$, $E(\varepsilon\varepsilon') = \theta_\varepsilon$, $E(\delta\delta) = \theta_\delta$ เมื่อ θ_ε และ θ_δ เป็น diagonal matrices

โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation model)

โมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดล ที่ระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ระหว่างตัวประกอบหรือตัวแปรแฝง ตัวแปรแฝง η และ ξ โดยทั่วไปมีความสัมพันธ์กัน (oblique) ทั้งภายในกลุ่มตัว

แปรและระหว่างกลุ่มตัวแปร โดย η's ถูกกำหนดให้เป็น ตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม (latent endogenous variables) และ ξ's ถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ (latent exogenous variables) ดังสมการ

$$\underset{(nx1)}{\eta} = \underset{(nxn)\ (nx1)}{B\eta} + \underset{(nxm)\ (mx1)}{\Gamma\xi} + \underset{(nx1)}{\zeta}$$

ในเมื่อ η (eta) = เวคเตอร์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรตาม

ξ (xi) = เวคเตอร์ของตัวแปรแฝงที่เป็นตัวแปรอิสระ

B (beta) = เมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอย ซึ่งแสดงอิทธิพลโดยตรงของ ξ ที่มีต่อ η

ถ้าสมมติว่า $B^* = (I - B)$ เป็น non – siggular matrix (ค่า determinant ของเมทริกซ์ = 0) เราสามารถสร้างเมทริกซ์ ความแปรปรวนร่วม (covariance matrices) ของตัวแปรที่สามารถสังเกตค่าได้ ซึ่งทำนายจากโมเดล (Σ) ดังต่อไปนี้

$$\Sigma_{xx} = E(xx') = E[\Lambda_x \xi + \delta][\Lambda_x \xi + \delta]$$

$$= \Lambda_x \phi \Lambda_x + \theta\delta$$

เมื่อ ϕ = $E(\xi\xi')$ และ $\theta\delta$ = $(\delta\delta')$

$$\Sigma_{yy} = E(yy') = E[\Lambda_y \eta + \varepsilon][\Lambda_y \eta + \varepsilon]$$

$$= \Lambda_y (B^{-})^{-1} (\Gamma\Phi\Gamma' + \Psi)(B^{-})^{-1} \Lambda_y + \theta\varepsilon$$

$$E_{xy} = E(xy) = E[\Lambda_x \xi + \delta][\Lambda_x \eta + \varepsilon]$$

$$= \Lambda_y (B^{-})^{-1} \Gamma\phi\Lambda_x'$$

เมื่อ ψ = $E(\xi\xi')$ และ $\theta\varepsilon$ = $E(\varepsilon\varepsilon')$

จะเห็นได้ว่าสมาชิกของ Σxx , Σyy, และ Σxy เป็นฟังชั่นก์ของค่า Λ_x , Λ_y , B , Γ , Φ , ψ , θ_δ และ θ_ε ในทางปฏิบัติค่าของสมาชิกหรือพารามิเตอร์ที่อยู่ในเมทริกซ์ต่างๆ เราสามารถกำหนดให้เป็นค่าคงที่ (fixed) หรือเท่ากับค่าใดค่าหนึ่งกำหนดให้เป็นค่าที่มีเงื่อนไข (constrained) เท่ากับหรืออยู่ในระหว่างค่าพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งหรือกำหนดให้เป็นค่าอิสระ (free) เท่าใดก็ได้ตามลักษณะของแต่ละโมเดล

ดังนั้นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตค่าได้ ซึ่งทำนายได้จากโมเดลที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะดังนี้

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma xx & \Sigma yx \\ \Sigma xy & \Sigma yy \end{pmatrix}$$

ส่วนเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตค่าได้ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ จะมีลักษณะดังนี้

$$S = \begin{pmatrix} Sxx & Syx \\ Sxy & Syy \end{pmatrix}$$

ปัญหาของความเป็นเอกลักษณ์ (problem of identification)

ความเป็นเอกลักษณ์ เป็นปัญหาเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล เพื่อให้ได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์ทุกค่าที่เป็นเอกลักษณ์ โมเดลใดก็ตามจะมีความเป็นเอกลักษณ์ก็ต่อเมื่อ พารามิเตอร์ของโมเดล ทุกตัวสามารถประมาณค่าได้จากข้อมูล ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่เก็บรวบรวมมาได้ โมเดลจะต้องมีความเป็นเอกลักษณ์ ก่อนเริ่มทำการวิเคราะห์มิเช่นนั้นแล้วจะไม่สามารถประมาณค่าของพารามิเตอร์บางตัวได้อย่างมีเอกลักษณ์

โมเดลเชิงสาเหตุจะขาดเอกลักษณ์ (underidentified) ถ้ามีจำนวนข้อมูลเกี่ยวกับความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตได้ น้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่าในโมเดลนั้น หรือมีข้อมูลไม่เพียงพอในการประมาณค่าพารามิเตอร์ นั่นเอง ทำให้ผลลัพธ์มีความเป็นไปได้หลายอย่าง ผลลัพธ์ที่ได้จึงขาดความเป็นเอกลักษณ์ วิธีแก้ไขให้โมเดลมีความเป็นเอกลักษณ์ อาจกระทำได้โดยการ เพิ่มตัวแปร (ตัวบ่งชี้) ที่สังเกตได้เข้าไปในโมเดล หรือกำหนดค่าพารามิเตอร์บางตัวให้มีค่าคงที่ หรือกำหนดเงื่อนไขของค่าพารามิเตอร์บางตัว ให้มีค่าเท่ากับหรืออยู่ระหว่างขอบเขตของค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในโมเดล อย่างไรก็ตามการกระทำดังกล่าวจะต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อแนะนำจากทฤษฎี หรือสมมติฐานที่เหมาะสม

การประมาณค่าของพารามิเตอร์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโมเดล LISREL อาศัยหลักการที่ว่าพยายามทำให้ค่า Σ ซึ่งทำนายได้จากโมเดล กับค่า S ซึ่งได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมีค่า ใกล้เคียงกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ถ้าตัวแปรที่สังเกตได้มีการแจกแจงเป็นปกติ ผลการคำนวณจะให้มีค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood)

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล สมมติว่าโมเดลถูกต้อง และขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่พอ สถิติที่ใช้ทดสอบซึ่งเป็น likelihood ratio จะมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงไคสแควร์ (χ^2) ถ้าการทดสอบมีนัยสำคัญ (degree of freedom = จำนวนสมาชิกในเมกตริกซ์ความแปรปรวนร่วมจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า) แสดงว่า Σ และ S มีความแตกต่างกัน หรือผลต่างมีค่าไม่เป็น 0 ซึ่งหมายความว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูล

อย่างไรก็ตาม การแจกแจงไคสแควร์ ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างและความใกล้เคียงระหว่าง Σ และ S โอกาสของการปฏิเสธโมเดลจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างถึงแม้เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง Σ และ S จะมีค่าน้อยดังนั้นโดยทั่วไปแล้ว ถ้า n มีขนาดใหญ่มากโมเดลมักจะถูกปฏิเสธในทางสถิติ (ศิริชัย กาญจนวาสี ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก

ศรีสุโข, 2544) ได้แนะนำให้ใช้ดัชนีความสอดคล้อง (fit index) ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1.0 แสดงว่าโมเดลและข้อมูลมีความสอดคล้องกันรวมทั้งข้อเสนอแนะให้มีการเปรียบเทียบระหว่างโมเดล เช่น โมเดลหนึ่ง nested ในอีกโมเดลหนึ่งเพื่อดูความแตกต่างของค่าไคสแควร์เปรียบเทียบกับความแตกต่างขององศาแห่งความเป็นอิสระ การลดลงของค่าไคสแควร์ แสดงถึงโมเดลได้พัฒนาไปในทางที่สอดคล้องกับข้อมูลมากยิ่งขึ้น

จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยในเรื่องโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝง การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนโมเดล LISREL ดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1. โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการใช้การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ (DAP : developmentally appropriate practices) มีอิทธิพลต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 - 5 สังกัดกรุงเทพมหานคร

จากสมมติฐานการวิจัย ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยในครั้งนี้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นกรอบแนวคิด และสร้างโมเดลสมมติฐานที่ใช้ในการวิจัยในรูปแบบของโมเดลลิสเรล เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีตัวแปรปรับ (moderator) คือตัวแปรรูปแบบการฝึก (TREAT) ดังแผนภาพที่ 2.8 กรอบแนวคิดในการวิจัยนี้แยกเป็นสองส่วน ส่วนแรกที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม เป็นโมเดลโค้งพัฒนาการใช้วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ 1 และกรอบแนวคิดที่เป็นแผนภาพทั้งหมดใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ 2 โดยการวิเคราะห์ข้อมูล มีการแยกวิเคราะห์ 3 ครั้งตามตัวแปรตาม 3 ตัว คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและเกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษ เพื่อใช้แทนชื่อเต็มภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษของตัวแปรสังเกตได้ และตัวแปรแฝงในโมเดล โดยอักษรย่อที่กำหนดขึ้นมานั้นจะนำมาใช้เป็นชื่อของตัวแปรในโปรแกรม SPSS และ LISREL รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

แทน ตัวแปรสังเกตได้

แทน ตัวแปรแฝง

แทน ความสัมพันธ์ที่เป็นสาเหตุและผล

แทน ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน

แทน ค่าคงที่ (constant)

ชื่อตัวแปรต่างๆ ได้แก่

L* หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงผลการวัดครั้งแรก

S* หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชัน

L หมายถึง ตัวแปรแฝงที่เป็นผลจากการวัดครั้งแรก

S หมายถึง ตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง

Y(t) หมายถึง ตัวแปรสังเกตได้จากการวัดครั้งที่ t

CON หมายถึง ค่าคงที่ (constant) มีค่าเท่ากับ 1

E(t) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนจากการวัดครั้งที่ t

B(t) หมายถึง ค่าน้ำหนักองค์ประกอบพื้นฐาน หรือ พารามิเตอร์ที่เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงในการวัดครั้งที่ t ค่า B(t) ของทุกตัวแปรสังเกตได้อาจมีค่าเท่ากันหรืออาจมีค่าต่างกันตามที่นักวิจัยกำหนดหรืออาจเป็นพารามิเตอร์อิสระที่บอกลักษณะของพัฒนาการ

ML หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝง L

MS หมายถึง ค่าเฉลี่ยของตัวแปรแฝงความชันหรือตัวแปรแฝง S

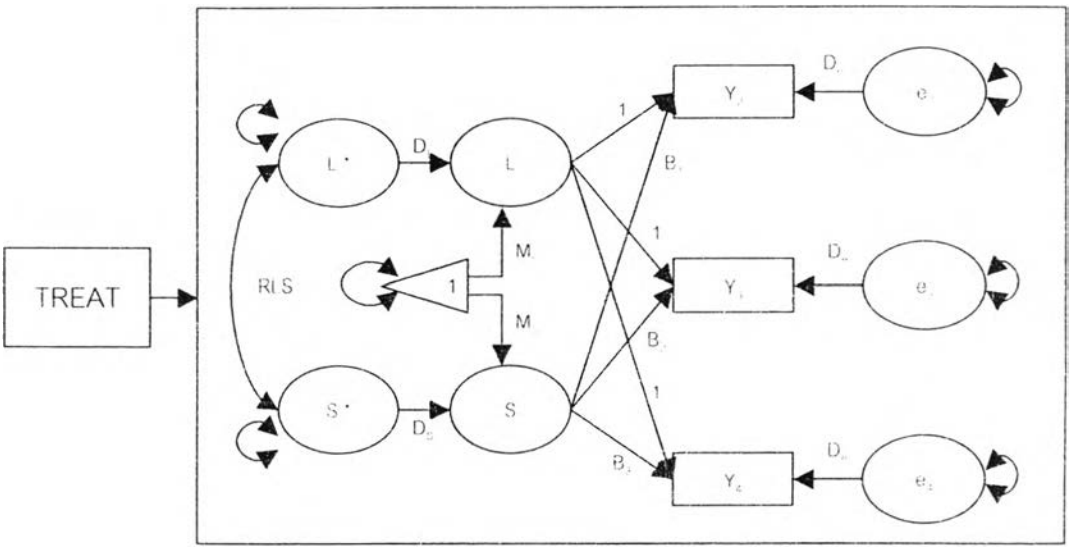
DL หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝง L

DS หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรแฝงความชันหรือตัวแปรแฝง S

De หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนในการวัดครั้งที่ t

RLS หมายถึง ความแปรปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝง L กับความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแฝงความชันหรืออัตราการเปลี่ยนแปลง S หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) ระหว่างองค์ประกอบของตัวแปรที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง

TREAT หมายถึง ตัวแปรรูปแบบการฝึก มี 2 แบบได้แก่ การฝึกที่เหมาะสมตามพัฒนาการ และการฝึกปกติ



แผนภาพที่ 2.8 กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัย

โดยกรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในการวิจัย สามารถใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละตัวแปรสามารถใช้กรอบแนวคิดเดียวกัน และเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและเกิดความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล จึงกำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อภาษาอังกฤษเพื่อใช้แทนชื่อเต็มภาษาไทย ดังนี้

ACH หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ATT หมายถึง เจตคติทางวิทยาศาสตร์

PRO หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในการวิเคราะห์ตัวแปรด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ใช้ ACH2 , ACH3 , ACH4 แทน Y2 , Y3 , Y4 ตามลำดับ เป็นต้น