

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติและการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และมัธยมศึกษาปีที่ 4 เขตการศึกษา 9 ผู้วิจัยได้ศึกษาหนังสือเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ของไทยและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกผลการศึกษาเกี่ยวกับการวิจัยนี้ โดยนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังนี้

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget

2.2 ความหมายของความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติ

2.3 ความหมายและแบบของการให้เหตุผล

2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ

2.4.2 ผลงานวิจัยในประเทศ

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget เป็นทฤษฎีที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบันที่กล่าวถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งถึงวัยรุ่นว่าการเกิดพัฒนาการนั้นเกิดควบคู่ไปกับการเรียนรู้ โดยสรุปว่าการเรียนรู้เป็นผลผลิตของการพัฒนาการ ซึ่งการเรียนรู้และพัฒนาการเกี่ยวข้องกันดังนี้ (กิ่งฟ้า, 2526)

การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเฉพาะแต่ละบุคคล และเฉพาะเรื่อง โดยที่ผู้เรียนต้องกระทำต่อวัตถุ ปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีสิ่งเร้าชักจูงใจให้เกิดการกระทำ ส่วนพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนรากฐานของการพัฒนาการทางกายภาพ คนเราเติบโตจากในครรภ์ของมารดาเป็นเด็กแรกเกิด เด็กทารก เด็กเล็ก ๆ สู่วัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่

ซึ่งเป็นพัฒนาการทางด้านกายภาพและมีพัฒนาการทางด้านชีววิทยาของสมองคือ รู้จักคิด มีวุฒิภาวะที่เหมาะสมกับวัย มีความพร้อมที่สามารถจะรับรู้ เข้าใจ หรือเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้

พัฒนาการอาจช้าเร็วต่างในแต่ละบุคคล โดยที่ขึ้นของพัฒนาการ จะต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และผลของการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีพัฒนาการ ทางสติปัญญาของ Piaget พอนำมาสรุปได้ดังนี้

1. พัฒนาการทางสติปัญญาจะต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่กระโดดข้ามขั้น
2. อายุในแต่ละขั้นที่วางไว้ไม่ตายตัว เป็นเพียงเครื่องบ่งชี้อย่างคร่าว ๆ เช่น เด็กอายุ 12 ปี 2 คน คนหนึ่งอาจมีพัฒนาการในขั้นการคิดแบบรูปธรรม อีกคนหนึ่งมีพัฒนาการในขั้นการคิดแบบนามธรรม
3. การเรียนรู้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของพัฒนาการ และความรู้เรื่องพัฒนาการจะช่วยอธิบายการเรียนรู้ได้
4. การจัดและนำเสนอประสบการณ์ที่เหมาะสมกับสติปัญญาของผู้เรียนจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างฉับไวและมีส่วนช่วยเสริมให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางสติปัญญาเพิ่มพูนขึ้น
5. แม้ผู้เรียนจะมีสติปัญญาในขั้นการคิดแบบนามธรรมแล้ว แต่การเรียนรู้ในมิติแต่ละมโนมิตีอาจช้าเร็วต่างกัน

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ซึ่งเกิดขึ้นกับมนุษย์ทุกชาติ, ภาษาในลักษณะเดียวกัน แต่แตกต่างกันตามสภาพของวัยในแต่ละช่วงและพัฒนาการแต่ละขั้นตอน ซึ่ง Piaget ได้แบ่งลำดับ 4 ขั้นใหญ่ ๆ ดังนี้ (Inhelder และ Piaget อ้างถึงในกิ่งฟ้า, 2521)

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensori-motor stage) อายุ แรกเกิด - 2 ปี
2. ขั้นก่อนปฏิบัติการ (preoperational-stage) อายุ 2-7 ปี
3. ขั้นปฏิบัติการรูปธรรม (Concrete operational-stage) อายุ 7-11 ปี

4. ขั้นปฏิบัติการนามธรรม (Formal operational-stage) อายุ 12-14 ปี หรือมากกว่า

รายละเอียดของพัฒนาการในแต่ละขั้นเป็นดังนี้

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensory-motor stage) เป็นขั้นพัฒนาการขั้นแรกของชีวิตเริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งอายุ 2 ปี ในขั้นนี้ทารกจะรับรู้สิ่งแวดล้อมทั้งหมดโดยการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อทั้งสี่ แต่ลักษณะเคลื่อนไหวในระยะแรก ๆ จะเป็นปฏิกิริยาสะท้อน (reflex) ที่ง่าย ๆ เช่น การดูด, การกำมือ, การจับจ้องสิ่งของ ปฏิกิริยาสะท้อนที่ง่าย ๆ เป็นการแสดงออกต่อสิ่งเร้าเหล่านี้ทำให้ทารกค่อย ๆ สร้างโครงสร้างทางสติปัญญาขึ้น และเมื่อแสดงพฤติกรรมบ่อย ๆ ครั้ง จนในที่สุดก็จะเกิดเป็นนิสัย (Habit) เมื่อทารกค่อย ๆ เจริญเติบโตขึ้นได้รับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โครงสร้างทางสติปัญญาก็จะมีการเปลี่ยนแปลงพัฒนาด้วยโดยเพิ่มทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ พฤติกรรมเหล่านี้จะเป็นมาจากปฏิกิริยาสะท้อนมาเป็นพฤติกรรมที่กระทำด้วยความตั้งใจหรือจงใจกระทำ (Intention behavior) เมื่อถึงระยะปลาย ๆ ของพัฒนาขั้นนี้เด็กจะเริ่มมีมโนคติกับการคงอยู่ของวัตถุ (permanent object) สามารถแก้ไขปัญหาง่าย ๆ ได้โดยแยกสิ่งที่ตนเองต้องการและไม่ต้องการออกจากกันได้ สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อม, อนุมาณความสัมพันธ์ของเหตุและผลได้ เมื่ออายุ 18-24 เดือนสามารถคิดเกี่ยวกับวัตถุที่เป็นเหตุเป็นผลในลักษณะง่าย ๆ พร้อมกับมีพัฒนาการทางด้านภาษาอีกด้วย ในขั้นพัฒนาการนี้แบ่งออกเป็น 6 ระยะดังนี้

1. ระยะปฏิกิริยาสะท้อน (Innate reflexes begin of function) อายุ 0-1 เดือน ปฏิกิริยานี้มีมาโดยกำเนิด เด็กยังไม่มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก พฤติกรรมไม่ได้อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ เช่น การร้องไห้, การดูดมือ, การกระพริบตา, การจับต้องวัตถุ ระยะนี้เป็นรากฐานสำคัญในการใช้ประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวโดยตั้งใจในระยะต่อไป (ประมวล, 2520)

2. ระยะแห่งการสร้างนิสัยเบื้องต้น (Primary circular reaction) อายุ 1-4 เดือน ระยะนี้มีกิจกรรมที่มีลักษณะซ้ำ ๆ ซาก ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เรียกว่าพฤติกรรมรีเฟล็กซ์ แห่งการวางเงื่อนไข (Reflex of Conditional) เช่น ร้องไห้เป็นเวลาแสดงว่าเกิดนิสัยเบื้องต้นหรือการวางเงื่อนไขและตัวอย่างของพฤติกรรม เช่น การดูดนม แต่เป็นพฤติกรรมที่ไม่ได้เกิดจากการประสานงานโดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท (สุรางค์, 2513)

3. ระยะเริ่มต้นของการประสานงานระหว่างระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท (Secondary circular reaction) อายุ 4-8 เดือน เริ่มมีพัฒนาการโดยที่เด็กมีการกระทำกับวัตถุโดยมีความตั้งใจหรือจุดมุ่งหมาย และกิจกรรมแบบนี้เกิดขึ้นได้ซ้ำ ๆ กัน แสดงว่าเด็กสามารถใช้วิธีการที่ทำให้เกิดเสียงได้ (กึ่งฟ้า, 2526) หรือการที่เด็กเตะ, กระตุกเท้าเพื่อให้ตุ๊กตาที่แขวนในเปลสั่นหรือเคลื่อนไหว (สุรางค์, 2513)

4. ระยะของการประสานงานระหว่างระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทที่แนบเนียนมากขึ้น (Coordination of Secondary reaction) อายุ 8-12 เดือน เด็กเริ่มค้นหาสิ่งของที่หายไปจากสายตาและเริ่มค้นหาของที่ถูกลำบากไปซ่อน ถ้าวัตถุหนึ่งถูกนำจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งต่อหน้าเขา เขาจะมองหาวัตถุนั้นในที่แห่งแรก โดยไม่เข้าใจในการแทนที่ (displace location) เช่น เขาเห็นพ่อซ่อนพวงกุญแจในมือ เขาจะเอื้อมมือไปหยิบพวงกุญแจนั้นเพราะสนใจเสียง ดังนั้นถ้าพ่อเอาพวงกุญแจไปซ่อนไว้ใต้หนังสือทั้ง ๆ ที่เขาเห็นโดยตลอด แต่ปรากฏว่าเด็กจะคลานไปมองหาพวงกุญแจที่ตัวของพ่อ แสดงให้เห็นว่า เด็กในระยะนี้ยังไม่มีความสามารถในการจำความมุ่งหมายที่เขาตั้งใจได้ จึงไม่ค้นหาวัตถุที่เห็นในครั้งหลัง นอกจากนี้เป็นระยะที่เด็กชอบสำรวจสิ่งต่าง ๆ ด้วยการหยิบเข้าปาก, จับ, เคาะสิ่งของ, แสดงให้เห็นว่าสติปัญญาเกิดจากการสัมผัสและการเคลื่อนไหว (ประมวล, 2520)

5. ระยะทดลองพฤติกรรมแบบลองผิดลองถูก (Tertiary reaction) อายุ 12-18 เดือน เริ่มมีการพัฒนามากขึ้น โดยที่เด็กจะสำรวจสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวแบบลองผิดลองถูกและสนใจในความแปลกใหม่

ของสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัวมากขึ้น เกี่ยวกับความคงอยู่ของวัตถุเด็กจะรู้ว่า วัตถุยังคงอยู่แม้จะเปลี่ยนที่ไปก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากระยะทาง เขาจะไปค้นหา วัตถุในบริเวณที่เขาเห็นเป็นครั้งสุดท้ายมากกว่าจะกลับไปดูที่ซ่อนครั้งแรก ใน ระยะนี้เด็กยังรู้จักจำแนกความแตกต่าง ความคล้ายคลึงและสนใจรายละเอียด มากขึ้น

6. ระยะรู้จักประดิษฐ์วิธีการในการลองผิดลองถูก (Invention of new mean through mental combination) อายุ 18-24 เดือน เป็นระยะสุดท้ายของขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวเด็กในระยะนี้เริ่ม จะสามารถใช้ความจำและสัญลักษณ์ต่าง ๆ นั่นคือ ภาษา) ซึ่งเริ่มใช้ภาษา ได้ดีขึ้นในการอ้างอิงถึงสิ่งของที่ไม่ปรากฏอยู่ที่นั้น เช่น พ่อ, แม่, สุนัข และ ตระหนักถึงความคงอยู่ของวัตถุและสนใจในสิ่งที่เกิดขึ้นกับตัวเองมากขึ้นพร้อม ทั้งเหตุการณ์ต่าง ๆ ด้วย ตัวอย่างของการตระหนักถึงความคงอยู่ของวัตถุ เช่น ในการหาพวงกุญแจ เด็กจะค้นหาวัตถุจากที่ซ่อนนั้นเด็กจะตรงไปหา ณ ที่นั้นทันที แสดงว่าเขาสามารถกระทำกิจกรรมที่ต่อเนื่องได้

ถึงฟ้าสรุปความสามารถในการรับรู้เข้าใจของเด็กในระยะปลายของ ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว ดังนี้ (กึ่งฟ้า, 2526)

1. มีปฏิกริยาว่องไวและมีการพัฒนาความคิดอย่างง่าย ๆ โดยการ ใช้การกระทำทางกาย
 2. เรียนรู้ในสิ่งที่รับเข้ามาและบอกลักษณะของสิ่งของได้
 3. มีมโนคติในเรื่องความคงอยู่ของวัตถุ
 4. ตระหนักว่าสิ่งของไม่เปลี่ยนรูปจากจุดที่มองเห็นต่างกัน แม้ว่าจะ มองเห็นต่างกัน
 5. เริ่มมองเห็นความแตกต่างระหว่าง พ่อ แม่ และสัตว์
 6. รู้จักชื่อสิ่งของ
 7. เริ่มใช้สัญลักษณ์ในการแสดงออกซึ่งความคิด
 8. พัฒนาความสามารถในการกระทำกับวัตถุ
 9. รับรู้เกี่ยวกับเวลาในปัจจุบันและรับรู้การต่อเนื่องของเหตุการณ์
- ขั้นนี้เป็นขั้นสำคัญ และเป็นรากฐานในการพัฒนาการในขั้นถัดไป

2.1.2 ขั้นก่อนปฏิบัติการ (preoperational stage) อายุ 2-7 ปี

Sund และ Trowbridge (อ้างถึงใน สมปอง, 2530) อธิบายลักษณะของเด็กในขั้นนี้ว่า การคิดและการตอบสนองของเด็กมีจำกัด ลักษณะพัฒนาการขั้นนี้มีดังนี้

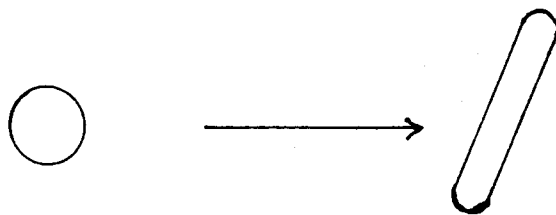
1. เด็กไม่สามารถใช้ operation เพราะไม่สามารถใช้ความคิดเชิงเหตุผล (logical operation) ซึ่งได้แก่การบวกหรือการรวมเข้าด้วยกัน (adding หรือ combining), การลบ หรือการหักลบออกจากกัน (subtracting), การคูณ หรือการบวกซ้ำ ๆ กัน (multiplying), การหารหรือการลบออกซ้ำ ๆ กัน (dividing), การจัดลำดับต่อเนื่อง เช่น การเข้าแถว (correspondence), การเปรียบเทียบโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ เช่น มากกว่า น้อยกว่า (placing in order), การแทนที่ แทนด้วยสิ่งของอื่น ๆ เหมือน ๆ กัน (substituting), การแปรกลับไปได้ (reversibility)

เด็กในขั้นนี้เริ่มมีการกระทำต่าง ๆ มากขึ้น สิ่งแวดล้อมมีผลต่อการแสดงพฤติกรรม เด็กจะสามารถแสดงออกมาจากสมองในการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สามารถคิดได้ว่าวัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ได้ ก่อนที่จะเห็นวัตถุเคลื่อนที่ นอกจากนี้เด็กในขั้นนี้สามารถใช้ infralogical operation บางชนิดได้ เช่น การสังเกต การกะประมาณ การรู้จักปัจจุบัน การรู้จักความแตกต่างระหว่างปัจจุบัน อดีต อนาคต ในช่วงเวลาสั้น ๆ เป็นต้น

2. การตอบสนองของเด็กมีจำกัด เนื่องจากเด็กไม่สามารถใช้ operation ได้ ดังนั้นเขาจึงสามารถตอบสนองสิ่งเร้าได้อย่างจำกัด

3. การยึดศูนย์กลางในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เด็กในขั้นก่อนปฏิบัติการจะสนใจเฉพาะสิ่งที่เห็นเด่นชัด หรือส่วนใดส่วนหนึ่งเฉพาะ เขาจะไม่มีความสามารถเชื่อมโยงตัวแปรที่เกี่ยวข้องในปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เขาเผชิญอยู่ เช่น นำดินน้ำมันก้อนกลม ๆ แบบลูกบอลมาให้เด็กดูแล้วปั้นให้มีรูปร่างยาวขึ้น เด็กจะสนใจเฉพาะความยาวที่ปรากฏ โดยลืมไปว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงดินน้ำมันก้อนเดิมจากลักษณะที่เป็นลูกกลม ๆ มาเป็นลักษณะใหม่ ถ้าถามเด็กว่าระหว่างดินน้ำมันที่มีรูปร่างกลมกับรูปร่างยาวนั้น ลูกใดมีน้ำหนักมากกว่ากัน

เด็กจะตอบว่าดินน้ำมันที่มีรูปร่างยาวมีน้ำหนักมากกว่า (ดังรูป)



ภาพดินน้ำมันที่ปั้นจากรูปร่างกลมเป็นรูปร่างยาวเด็กสนใจเฉพาะ
ที่ความยาวและบอกว่าดินน้ำมันที่มีรูปร่างยาวมีน้ำหนักมากกว่า

4. สามารถจำตำแหน่งของวัตถุได้ เฉพาะเมื่อวัตถุนั้นอยู่นิ่ง แต่ไม่สามารถบอกตำแหน่งระหว่างการเคลื่อนที่ของวัตถุ เช่น ให้เด็กในชั้นนี้เรียงลำดับรูปภาพการล้มของดินสอในแนวตั้งเป็นแนวนอนเด็กจะสามารถจัดเรียงภาพแรกและภาพสุดท้ายได้ถูกต้อง แต่ภาพอื่น ๆ ที่แสดงการล้มของดินสอเด็กจะไม่สามารถเรียงลำดับได้ (ดังรูป)



แสดงการล้มของดินสอในตำแหน่งต่าง ๆ (transformation)

5. เด็กไม่สามารถใช้การคิดแปรกลับไปได้ เช่น ถ้าถามเด็กว่า "ลูกไก่คืออะไร" เด็กจะตอบว่า "เป็นสัตว์ปีกชนิดหนึ่ง" ถ้าหากถามต่อไปว่า "อะไรจะเกิดขึ้นถ้าสัตว์ปีกตายหมด จะเหลือลูกไก่อยู่หรือไม่" เด็กจะตอบว่า "จะเหลือลูกไก่อยู่ เพราะมันวิ่งหนีไป" เป็นต้น เด็กจะไม่สามารถคิดได้ว่า ลูกไก่ก็เป็นสัตว์ปีกด้วย เมื่อสัตว์ปีกทั้งหมดถูกฆ่าตาย ลูกไก่ก็ควรจะตายด้วย เด็กไม่สามารถคิดย้อนกลับได้ว่า สมาชิกแต่ละตัวเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มและกลุ่มนั้นมีสมาชิกแต่ละตัวเป็นองค์ประกอบ

6. ความเข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงและความน่าจะเป็น ยังไม่เกิดขึ้น เด็กในชั้นก่อนปฏิบัติการจะไม่เข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงและความน่าจะเป็น จึงทำให้เกิดความยุ่งยากถ้าจะให้คิดเรื่องการเปลี่ยนแปลง

หรือเรื่องที่จะเกิดขึ้น

7. การอธิบายสิ่งต่าง ๆ ของเด็กในวัยนี้จะมีลักษณะในทำนองที่สิ่งเหล่านั้นมีชีวิต และสามารถสร้างขึ้นได้ เช่น ถามเด็กว่า "ภูเขไฟเกิดขึ้นได้อย่างไร" เด็กในก่อนขึ้นปฏิบัติการจะตอบว่า "ยักษ์เป็นผู้สร้าง" และเด็กจะคิดทุกสิ่งทุกอย่างมีความรู้สึกนึกคิด เช่น เด็กจะบอกว่าดวงอาทิตย์และดวงจันทร์เคลื่อนที่ เพราะต้องการจะเคลื่อน เป็นต้น

8. การสับสนระหว่างการเล่นกับความจริง เด็กขึ้นก่อนปฏิบัติการนี้ไม่สามารถแยกการเล่นออกจากความจริงได้ ทำให้เด็กไม่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเหตุผลอย่างเพียงพอ เพราะเด็กจะคิดตามอำเภอใจมากกว่าที่จะเป็นเหตุผลที่แท้จริง

9. การยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (egocentric) เด็กในขั้นนี้จะยึดถือตนเองเป็นศูนย์กลาง ไม่คำนึงถึงคนอื่นและเหตุผลอื่นที่แตกต่างไปจากของตนเอง เช่น เด็กจะพูดไปด้วยในขณะที่เล่นคนเดียว เขาคิดว่าสิ่งที่เขามองเห็นนั้น คนอื่น ๆ ก็จะมีมองเห็นเช่นเดียวกับเขา การยึดตนเองเป็นศูนย์กลางนี้จะลดลงเมื่อเด็กได้มีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่น ๆ ในสังคม

10. เด็กจะเริ่มมีมิติเรื่องเวลาและมิติกว้างขึ้น และเข้าใจว่ามีที่อดีต ปัจจุบันและอนาคตในช่วงเวลาสั้น ๆ เขาจะเริ่มเข้าใจในเรื่องของมิติในลักษณะที่ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น เช่น มีสนามที่เล่นในบ้านของตนเอง และที่บ้านของเพื่อนด้วย

สรุปความสามารถในการรับรู้เข้าใจของเด็กขึ้นก่อนปฏิบัติการดังนี้ (กึ่งฟ้า, 2526)

1. ไม่สามารถคิดแปรกลับไปได้
2. มีการให้เหตุผลขึ้นอยู่กับการมองเห็นและการรับรู้เฉพาะสิ่ง
3. มีความคิดเข้าข้างตนเองอยู่
4. มีการให้เหตุผลขึ้นอยู่กับความพอใจและประสบการณ์ที่มีอยู่
5. รู้จักกาลเวลาในเรื่องปัจจุบัน อดีตและอนาคตได้ในช่วงสั้น ๆ
6. ไม่สามารถแก้ปัญหาในเรื่องการอนุรักษ์ได้

ส่วนพรณี ได้สรุปรูปแบบการคิดในใจของเด็กในขั้นนี้เป็น 2 ขั้นย่อยคือ

2.1 ขั้นการคิดก่อนมโนคติ (Preconceptual Thought) อยู่ในช่วงอายุ 2-4 ปี ในขั้นนี้เด็กเริ่มมีความสามารถในการใช้ภาษาและเข้าใจความหมายของสัญลักษณ์สามารถเรียกชื่อสิ่งของต่าง ๆ รอบตัวได้ และใช้ภาษาที่เกี่ยวกับตนเอง (Egocentric) เริ่มมีมโนคติในเรื่องต่าง ๆ แต่ยังไม่สมบูรณ์และไม่มีเหตุผลอย่างเพียงพอ

2.2 ขั้นการคิดแบบนิรุ้เอง (Intuitive thought) ในช่วงอายุ 4-7 ปี เด็กเริ่มเข้าสู่ระดับการค้นหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์ แต่ไม่สามารถแก้ปัญหาในเรื่องการอนุรักษ์ได้ เนื่องจากเด็กยังยึดตนเองเป็นศูนย์กลางและติดอยู่กับการรับรู้ของตนเอง (Perception) มากกว่าการเข้าใจ (พรรรณิ, 2522)

3. ขั้นปฏิบัติการรูปธรรม (Concrete operational-stage) ช่วงอายุ 7-11 ปี สาเหตุที่เรียกว่า Concrete เพราะความนึกคิดของเด็กในวัยนี้เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ตรง (direct experience) เขาจะใช้ความคิดเกี่ยวกับวัตถุสิ่งของซึ่งปรากฏมีตัวตนและลักษณะหรือสมบัติของสิ่งนั้น เช่น น้ำหนัก, สี, และเนื้อของวัตถุ นอกจากนี้เด็กเริ่มมีการกระทำเนื่องจากการพัฒนาความสามารถของสมอง (Mental operation) ซึ่งได้แก่การอนุรักษ์ (Conservation) ความคิดแปรกลับไปได้ (Reversibility) การจัดจำแนก (Classification) ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการใช้ตัวเลขและความสามารถในการตั้งสมมติฐาน การที่เด็กมีพัฒนาการทางสมองเป็นหัวใจในการพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่ง Piaget เชื่อว่าสติปัญญาเกิดจากการกระทำกับวัตถุ, สิ่งของและปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อมหนึ่งซึ่งต้องใช้ตรรกปฏิบัติ (Logical operation) ช่วยทั้งสิ้น (กิ่งฟ้า, 2526) ซึ่งรายละเอียดของพัฒนาการในเด็กวัยนี้ในแต่ละด้านดังนี้

-การอนุรักษ์ (Conservation)

การอนุรักษ์ คือ ความสามารถที่เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่า การเปลี่ยนแปลงของวัตถุทางด้านกายภาพซึ่งได้แก่ รูปร่าง, ความยาว, ทิศทาง,

ตำแหน่ง ไม่ทำให้คุณสมบัติของวัตถุนั้นเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด เช่น

การอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass)

ในช่วงอายุ 6-7 ปี เด็กสามารถมีการอนุรักษ์มวลได้ ตัวอย่างเช่น ในกรณีดินน้ำมัน 2 ก้อนที่มีน้ำหนักเท่ากัน แม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็จะมีน้ำหนักเท่าเดิม ดังรูป



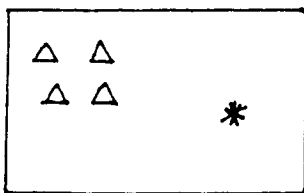
การอนุรักษ์ของเหลว (Conservation of continuous quantity) ในช่วงอายุ 6-7 ปี ซึ่งตัวอย่างการอนุรักษ์ปริมาณ เช่น เมื่อใส่น้ำลงในแก้ว ที่มีขนาดของแก้วและปริมาณน้ำที่เท่ากัน 2 ใบ ถ้าเทน้ำในแก้วหนึ่งที่มีทรงสูงแต่แคบ ส่วนอีกแก้วหนึ่งเทใส่ในแก้วที่กว้างแต่ตื้น เด็กจะสามารถบอกได้ว่า ปริมาณน้ำในแก้วที่มีรูปทรงแตกต่างกัน จะมีปริมาณเท่ากัน ดังรูป



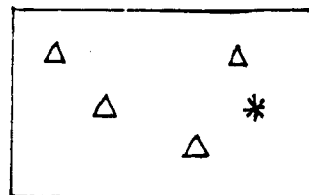
การอนุรักษ์จำนวน (Conservation of number) ในช่วงอายุ 6½ - 7 ปี เด็กสามารถมีการอนุรักษ์จำนวนได้จะต้องมีความเข้าใจในการอนุรักษ์ ตัวเลขแล้ว แม้ว่าสิ่งของจะถูกจัดเรียงใหม่ เด็กจะสามารถตอบได้ว่า มีจำนวนเท่าเดิม ดังรูป



การอนุรักษ์พื้นที่ (Conservation of area) ในช่วงอายุ 7-8 ปี เด็กจะเข้าใจว่าพื้นที่ที่ถูกครอบด้วยกระดาษที่ตัดออกเป็น 2 ส่วนจะมีพื้นที่ที่ถูกครอบด้วยกระดาษทั้งแผ่นของกระดาษแผ่นนั้น หรือตัวอย่าง เช่น เมื่อนำรูปที่ 1 และ 2 มาแสดงให้เด็กดู โดยให้รูป $\triangle$ แทนผัก และ * แทนกระต่าย ถามเด็กว่า กระต่ายในรูปใดจะกินผักมากกว่า เพราะเหตุใด

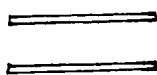


รูปที่ 1

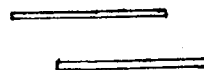


รูปที่ 2

การอนุรักษ์ความยาว (Conservation of length) ในช่วงอายุ 7-8 ปี เด็กเข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงทิศทางของเส้นทางไม่ทำให้ความยาวของเส้นทางนั้นเปลี่ยนไปหรือตัวอย่าง เช่น เมื่อนำไม้ 2 อันที่มีขนาดรูปลักษณะเหมือนกันยาวอันละ 6 นิ้ว แล้วนำมาวางให้ขนานกันห่างกันประมาณ 1 นิ้ว โดยให้เด็กดูเปรียบเทียบกัน ถ้าเลื่อนไม้อันล่างไปทางขวา 1-2 นิ้ว เด็กจะต้องสามารถตอบได้ว่า ไม้ 2 อันยาวเท่ากันแม้ว่าจะเปลี่ยนทิศทางไป ดังรูป

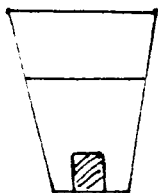
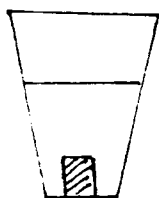


A

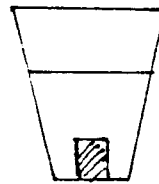
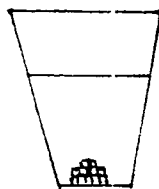


B

การอนุรักษ์ปริมาตร (Conservation of Volume) ในช่วงอายุ 11-12 ปี ซึ่งส่วนใหญ่เด็กในชั้นนี้ยังไม่มี การอนุรักษ์ปริมาตร ตัวอย่าง เช่น เมื่อนำดินน้ำมันรูปลูกบาศก์ต่างสีกัน 2 ก้อนโดยมีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน ทดสอบโดยใส่ดินน้ำมัน 2 ก้อนลงในแก้วที่บรรจุน้ำที่มี ปริมาตรเท่ากัน ถ้าเปลี่ยนรูปร่างดินน้ำมันก้อนหนึ่งให้เป็นรูปกลมยาว แล้วเปลี่ยนเป็นรูปกลมแบนจึงนำมาตัดเป็นชิ้นเล็กหลายชิ้น เมื่อใส่ในแก้วที่มี ปริมาตรน้ำเท่ากัน เด็กสามารถตอบได้ว่าระดับของน้ำที่สูงขึ้นในแก้วทั้ง 2 ใบจะสูงเท่ากัน ถึงแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุไปก็ตาม แสดงว่าเด็กคนนั้นมีความสามารถในการอนุรักษ์ปริมาตร



A



B

การพัฒนาความสามารถในการอนุรักษ์สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการพัฒนาความสามารถของเด็กในการอนุรักษ์
(กึ่งฟ้า, 2525)

อายุ (ปี)	ชนิดของการอนุรักษ์
6-7	1. การอนุรักษ์มวล (Conservation of mass) มวลของสารไม่เปลี่ยนไปโดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสาร
6-7	2. การอนุรักษ์ของเหลว (Conservation of Continuous quantity) การเปลี่ยนภาชนะที่บรรจุสิ่งของไม่ทำให้ปริมาณของสิ่งนั้นเปลี่ยนไป
$6^{1/2}$ - 7	3. การอนุรักษ์จำนวน (Conservation of number) จำนวนสิ่งของไม่เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนวิธีการจัดเรียงลำดับ
7-8	4. การอนุรักษ์ความยาว (Conservation of length) การเปลี่ยนทิศทางของเส้นทางไม่ทำให้ความยาวของเส้นทางนั้นเปลี่ยนไป
7-8	5. การอนุรักษ์พื้นที่ (Conservation of area) พื้นที่ที่กระดาษทั้งแผ่นครอบคลุมอยู่จะมีค่าเท่ากับพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยกระดาษแผ่นนั้น เมื่อแบ่งเป็น 2 ส่วน
11-12	6. การอนุรักษ์ปริมาตร (Conservation of Volume) เมื่อแบ่งโลหะออกเป็น 2 ท่อน และหย่อนลงไปในของเหลวจะกินเนื้อที่ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของเหล็กทั้งท่อน

-ความคิดแปรกลับไปมาได้ (Reversibility) เด็กในวัยนี้สามารถมีความคิดแปรกลับไปมาได้แล้ว เช่น เด็กรู้ว่าเปิด คือนกชนิดหนึ่ง ถ้าถามว่า ถ้านกในโลกถูกฆ่าตายหมดยังเหลือเปิดหรือไม่ เด็กควรสามารถตอบได้ว่า เปิดก็จะไม่เหลืออยู่

เพราะ - เปิด (เป็นกลุ่มย่อย) ที่รวมอยู่ (ในกลุ่มใหญ่)
กลุ่มของนก
- ถ้านก (กลุ่มใหญ่) ถูกฆ่า (กลุ่มย่อย)
ซึ่งรวมทั้งเปิดก็ถูกฆ่าด้วย

เปิด-----> นก -----> ความคิดใหม่
นก -----> เปิด -----> ความคิดใหม่ที่กลับ
สู่ความคิดแรกเริ่ม

หรือ ตัวอย่างความคิดแปรกลับไปมาได้ในทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$1+2 = 3$$

$$3-2 = 1 \quad , \quad 3-1 = 2$$

-การจัดจำแนกประเภท (Classification)

ความสามารถในการจำแนกสิ่งของเป็นความสามารถทางสติปัญญาขั้นพื้นฐานช่วยให้เด็กสามารถจัดกระทำลำดับและบอกตำแหน่งของข้อมูลไว้ในสมองได้ ทั้งยังใช้ข้อมูลในสถานการณ์ใหม่ได้ เช่น เด็กเรียนรู้ กลุ่มของโลหะ ดังนั้นเขาจะสามารถเลือกสิ่งที่เป็นโลหะซึ่งอาจเป็นโลหะที่แตกต่างจากที่เรียนรู้ได้ก่อน แสดงให้เห็นว่าเด็กได้รู้จักและเข้าใจสมบัติในการจำแนกแบ่งกลุ่มแล้ว ซึ่งความคิดเกี่ยวกับการจัดจำแนกประเภทมีหลายแบบแต่ละแบบมีความยากง่ายแตกต่างกันเรียงลำดับดังนี้ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงลำดับขั้นของความสามารถของเด็กในการจัดจำแนก
ประเภท (กึ่งฟ้า, 2526)

อายุ (ปี)	ลำดับขั้นของการจัดจำแนกประเภท
3-4	การจัดแบ่งกลุ่มตามคุณสมบัติเพียงลักษณะเดียวที่มองเห็น (Grouping Perceptually)
3-4	การจัดแบ่งกลุ่มโดยใช้ความนึกคิดทางสมองและดูจากคุณสมบัติรวม (Grouping Mentally)
4-5	การจัดแบ่งกลุ่มเป็นหลายแบบตามคุณสมบัติมากกว่า 1 ชนิด (Multiple Classification)
5-6	การจัดแบ่งกลุ่มโดยเรียงลำดับจากกลุ่มเล็กไปหากลุ่มใหญ่หรือนำเอากลุ่มย่อยรวมเข้าด้วยกัน (Grouping by Ascending Hierarchy)
9-10	การจัดแบ่งกลุ่มโดยเรียงลำดับจากกลุ่มใหญ่ (Grouping by Descending Hierarchy)
11-14	การสร้างเกณฑ์หลายชนิดเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทซับซ้อน (Establishing Multiple Criteria)

ลำดับขั้นของการจัดจำแนกประเภทสามารถอธิบายได้ดังนี้ (กิ่งฟ้า, 2526)

1. การจัดแบ่งกลุ่มตามคุณสมบัติลักษณะเดียวจากการมองเห็นหรือรับรู้เท่านั้น เช่น ก้อนหินสีต่าง ๆ จัดรวมเข้าในหม้อก้อนหิน ซึ่งสามารถจัดแบ่งก้อนหินแต่ละสีให้เป็นกลุ่มย่อยได้

2. การจัดแบ่งกลุ่มโดยใช้ความนึกคิดทางสมองและคุณสมบัติรวม พัฒนาการความสามารถในการจัดจำแนกเด็กจะมองเห็นและสามารถดึงเอาคุณสมบัติของวัตถุออกมาได้ เขาจะเริ่มใช้สมองคิดในการจัดแบ่งกลุ่มโดยถือเอาคุณสมบัติรวม เช่น สี, ขนาด เป็นต้น

3. การจัดแบ่งกลุ่มเป็นหลายแบบโดยใช้คุณสมบัติมากกว่า 1 ชนิด เด็กจะมีการจัดจำแนกของวัตถุหลายวิธี เช่น ให้เด็กจัดกระดาษสีและรูปร่างที่ต่างกัน คือ สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม วงกลมและขนาดแตกต่างกันคือ เล็ก, กลาง, ใหญ่ เด็กจะสามารถจัดแบ่งกลุ่มโดยถือเกณฑ์ตามสี, รูปร่าง, ขนาดก็ได้

4. การจัดแบ่งกลุ่มโดยอาศัยความเหมือนและความแตกต่าง ในขณะ que เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ เด็กจะค่อย ๆ มองเห็นลักษณะที่แตกต่างออกไปของวัตถุนั้น เช่น ขนาด, รูปร่าง ลักษณะผิว, สี ขณะเดียวกันก็มองเห็นลักษณะร่วมของวัตถุนั้น ทำให้เขาเรียนรู้ถึงวิธีการจัดแบ่งกลุ่มของวัตถุต่าง ๆ จากคุณสมบัติที่เหมือนของวัตถุได้

5. การจัดแบ่งกลุ่มย่อยที่รวมอยู่ในกลุ่มใหญ่ สิ่งของบางครั้งสามารถจัดเข้ากันได้ 2 ชั้นพร้อม ๆ กัน เช่น เป็ดจัดเป็นนกหรือเป็นสัตว์ก็ได้ หรือการจัดลูกปัดไม้ 10 ลูก ที่มีลูกปัดสีขาว 2 ลูกและสีดำ 8 ลูก ถ้าถามเด็กว่าเมื่อนำมารวมกันแล้วลูกปัดไม้หรือลูกปัดสีดำอะไรมากกว่า เด็กจะสามารถตอบได้ว่า ลูกปัดไม้

6. การจัดแบ่งกลุ่มโดยเรียงลำดับจากกลุ่มเล็กไปหากลุ่มใหญ่ เมื่ออายุ 7-8 ปี เด็กจะเข้าใจและรับรู้เกี่ยวกับกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ และสามารถจัดกลุ่มเล็กเข้าไปรวมเป็นกลุ่มใหญ่ได้ เช่น เป็ดเป็นสัตว์และเป็นสิ่งมีชีวิต ดังนั้นนกเป็นสัตว์จึงเป็นสิ่งมีชีวิตด้วย

7. การจัดแบ่งกลุ่มโดยเรียงลำดับจากกลุ่มใหญ่ไปหากลุ่มย่อย เป็นลักษณะการจัดที่ตรงข้ามกับในขั้นที่ 5 และยากกว่า ถึงแม้ว่าเด็กบางคน อาจมีความสามารถในการคิดแปรกลับไปได้ แต่ไม่สามารถแบ่งกลุ่มใหญ่ให้เป็นกลุ่มย่อยได้แสดงว่าไม่สามารถนำความคิดนี้มาใช้ได้อย่างเต็มที่ ตัวอย่าง เช่น ถ้าถามว่า สัตว์ในโลกนี้ตายหมดจะเหลือนกหรือไม่ ถ้าเด็กมีความสามารถในการจัดแบ่งกลุ่มชนิดนี้ได้ เด็กจะตอบว่า ไม่มีนกเหลืออยู่ แต่ถ้าตอบว่ามีนกเหลืออยู่โดยให้เหตุผลว่า เพราะนกเป็นสิ่งมีชีวิต แสดงว่าเด็ก ยังไม่มีความสามารถในการขึ้นนี้

8. การสร้างเกณฑ์หลายชนิดเพื่อใช้ในการจัดประเภทที่ซับซ้อน ช่วงอายุ 11-14 ปี เด็กสามารถสร้างเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดแบ่งกลุ่มชนิด ซับซ้อนได้เหมือนกับวิธีการจัดระบบสิ่งของหรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องและ สามารถนำเกณฑ์ที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้ได้ด้วย เช่น การจัดจำแนกพืช, สัตว์ ทางชีววิทยา, การจัดหมวดหมู่หนังสือในห้องสมุด ที่ใช้สัญลักษณ์, รหัสมาช่วย เป็นต้น

-ความสามารถทางคณิตศาสตร์และการใช้ตัวเลข

เด็กในวัยนี้จะมีความสามารถในการคิดคำนวณเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ มีความสามารถพร้อมกันหมดทุกด้าน แต่ความสามารถจากการกระทำ (operations) จะต่อเนื่องกัน เช่น มีความสามารถในการบวกก่อนจึงจะมีความสามารถในการคูณและต้องอาศัยความเข้าใจความหมายของตัวเลขด้วย ซึ่ง เด็กที่มีความเข้าใจในตัวเลขสามารถรู้ว่ามีสิ่งของกี่ชนิดที่นำมาใช้ในการจัด แบ่งกลุ่ม เช่น เด็กอาจรู้ว่ามีรองเท้า 2 ข้างถ้าเด็กสามารถตอบคำถามได้ ว่า รู้ได้อย่างไรว่ามีรองเท้า 2 ข้าง และเหตุผลที่เด็กตอบเพียงพอ แสดงว่ามีความเข้าใจในเรื่องของตัวเลข การที่เด็กมีความสามารถเข้าใจตัวเลข อย่างแท้จริงเขาต้องมีความเข้าใจในเรื่องต่อไปนี้ (กิงฟ้า, 2526)

1. สิ่งของทุกชนิดที่รวมอยู่ในกลุ่มเดียวกันจะถูกนับว่าเป็นของ เหมือนกัน แม้ว่าจะมีรูปร่างแตกต่างกันบ้าง เช่น แอปเปิล แม้ว่าผลจะต่าง กันบ้าง แต่ก็นับว่าเป็นแอปเปิลเหมือนกัน

2. ตัวเลขของสิ่งของใด ๆ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ของสิ่งนั้น เช่น
นิ้วที่ 3 ก็อยู่ในตำแหน่งลำดับที่ 3 หรือจะเปลี่ยนก็ต่อเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งเริ่มต้นของตัวเลข

3. การนับสิ่งของตามลำดับได้ต้องไม่กระโดดข้ามไปมา เขา
ต้องเข้าใจว่าตัวเลขของสิ่งของในกลุ่มยังคงเดิม

4. เด็กจะต้องจับคู่สิ่งของที่อยู่ในมิติเดียวกันได้ เช่น ถ้านำ
หลอดกาแฟ ที่เรียงใกล้และห่างกัน มาจับคู่กันซึ่งถ้าเด็กเข้าใจ จะตอบได้ว่า
มีจำนวนเท่ากัน

-ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน (อำนาจ, 2523)

เด็กในขั้นนี้สามารถตั้งสมมติฐานได้แต่เป็นแบบง่าย ๆ ซึ่งเป็น
การคาดคะเนเหตุการณ์หรือผลที่เกิดขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดได้ และมักสนใจ
ตัวแปรเพียงตัวเดียวและจำกัด เช่นเขาสามารถคิดได้ว่าอะไรจะเกิดขึ้นถ้า
เติมบางอย่างเข้าไปในแก้ว 2 ใบที่มีของเหลวและไม่มีของเหลวบรรจุอยู่
เป็นต้น

สรุปลักษณะความคิดของเด็กในขั้นปฏิบัติการรูปธรรมดังนี้ (กิ่งฟ้า,
2526)

1. สามารถรับรู้เข้าใจเหตุการณ์ สิ่งของที่มีตัวตน สัมผัสจับต้อง
ได้ หรือมีตัวอย่างแสดงประกอบ

2. ทำกิจกรรมเกี่ยวข้องกับตัวแปร 2 ตัวได้

3. เป็นขั้นเริ่มต้นของการรับรู้เข้าใจที่ Piaget เรียกว่า
"โอเปอเรชั่น" (operation) ได้แก่

การนับ

การจำแนก

การเรียงลำดับ

ความสามารถในการอนุรักษ์ เรื่อง มวล ความยาว น้ำหนัก พื้นที่
และมีความสามารถในการอนุรักษ์เรื่องปริมาตรได้บ้าง

4. มีความคิดเชิงเหตุผลที่ต้องอาศัยสิ่งของที่มีตัวตน จับต้องได้
และต้องมีตัวอย่างแสดงประกอบ

5. คำนึงถึงเหตุผลของคนอื่น

6. ยังไม่สามารถจำแนกหรือวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา อย่าง
เป็นระบบหรือขั้นตอน

7. ในตอนปลายของขั้นนี้ เริ่มเข้าใจเรื่องการแทนที่ หรือ
การทดแทน และเรื่องการจำแนกที่ซับซ้อนได้

พัฒนาการในขั้นนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นย่อยคือ (กึ่งฟ้า, 2521)

3.1 Early concrete operational-stage IIA มีกิจกรรม
เกี่ยวกับการแบ่งกลุ่มและการเรียงลำดับ กิจกรรมทั้ง 2 นี้แสดงให้เห็นว่า
เด็กสามารถมีการกระทำที่แปรกลับไปมาได้อย่างง่าย ๆ เช่น การรวมกัน,
การเชื่อมโยงและประสานเข้าด้วยกัน

3.2 Late concrete operational-stage IIB มีกิจกรรมเกี่ยว
กับการจัดแบ่งแบบพหุคูณและการทดแทน ซึ่งกิจกรรมทั้ง 2 จะเกิดขึ้นต้องอาศัย
กิจกรรมในรูปของการแปรกลับไปมาได้คือ กิจกรรมนิเสธ (Negation)
และการกลับคืนสู่ภาวะสมดุลของระบบโดยการจัดการกระทำกับทิศทางและขนาด
ของตัวแปร และจะพัฒนาไปพร้อมกับตรรกปฏิบัติอีก 2 ชนิดที่อยู่ในขั้น Early
formal operational-stage คือการคิดแบบสัดส่วนและความน่าจะเป็น

ในขั้นย่อยทั้ง 2 ขั้นนี้เด็กสามารถจัดการกระทำกับวัตถุสิ่งของที่เป็น
รูปธรรม พฤติกรรมต่างจากการใช้สมองจะปรากฏได้เมื่อมีวัตถุที่เป็นรูปธรรม
มาให้มีปฏิสัมพันธ์ด้วยเพื่ออาศัยในการพิสูจน์เพื่อใช้ในการหาเหตุผลของเด็ก

4. ขั้นปฏิบัติการนามธรรม (Formal operational stage)
อยู่ในช่วงอายุ 12-14 ปีขึ้นไป Piaget เรียกเช่นนี้เพราะ ชนิดของการให้
เหตุผลเป็นระบบและเกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดที่ซับซ้อน โดยการใช้ความ
สามารถในการจัดการกระทำกับข้อมูลโดยใช้ operation หลาย ๆ ชนิดมาช่วย
และสามารถแก้ปัญหาในลักษณะที่เป็นนามธรรม, สามารถตั้งสมมติฐานเพื่อ
พิสูจน์หาแนวทางวิธีการแก้ปัญหาที่มีแบบแผน, การกระทำมีลักษณะเจาะจง
มีกระบวนการตามรูปแบบ (Formal structure) ซึ่งกระบวนการความคิด
ขั้นปฏิบัติการนามธรรมมีดังนี้ (กึ่งฟ้า, 2526)

1. การให้เหตุผลทางนามธรรม (Abstract Reasoning) หมายถึง กระบวนการนึกคิดขึ้นนามธรรมคือไม่ต้องอาศัยของจริงเข้าช่วย ความสามารถในลักษณะนี้ได้แก่ การใช้ปฏิบัติการหลายชนิดในขณะหนึ่ง ๆ สามารถเข้าใจข้อมูลได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาหนึ่งและสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งความสามารถเหล่านี้จะเป็นตัวชี้บ่งให้เห็นว่าเด็กเริ่มเข้าใจเรื่องของกฎเกณฑ์, ความคิดทางตรรกศาสตร์ รวมทั้งคำนิพากษ์วิจารณ์ที่ซับซ้อนได้

2. การคิดตั้งสมมติฐานในลักษณะอนุมาน (Hypothetical Deductive thinking) จะแสดงออกในลักษณะที่ต้งสมมติฐาน ทดลอง พิสูจน์และสรุปเป็นข้อมูลและมักเป็นลักษณะสมมติฐานมากกว่าข้อเท็จจริง และเด็กสามารถนำไปแก้ปัญหาได้

3. การใช้เหตุผลแบบซิลโลจิสซึม (Syllogistic Reasoning) เป็นลักษณะของความคิดที่มีลักษณะการตั้งสมมติฐานในลักษณะอนุมาน ประกอบด้วยประโยคตรรก 3 ประโยค ประโยคแรกเป็นข้อเสนอหรือเป็นหลักฐาน ส่วนประโยคที่สามเป็นข้อสรุปหรือสิ่งที่ต้องการพิสูจน์ ตัวอย่าง เช่น แมลงเป็นสัตว์ที่มีลำตัว 3 ท่อนและมีขา 6 ขา

สัตว์ชนิดนี้มีลำตัว 3 ท่อนและมี 6 ขา

ดังนั้นสัตว์ชนิดนี้จึงเป็นแมลง

แต่การใช้เหตุผลแบบซิลโลจิสซึมจะเป็นความจริงได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับประโยคแรกของการให้เหตุผล ถ้าไม่เพียงพอย่อมไม่เป็นความจริง

เช่น ก - สุนัขเห่า

ข - มีเสียงเห่า

ค - เสียงนั้นคงเป็นเสียงสุนัข

4. การเสนอความคิด (Propositional thinking) หมายถึง ความสามารถในการคิดที่เสนอข้อคิดเพื่อแสวงหาคำตอบบางประการโดยมีสมมติฐานซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น

ถ้าฝนตกวันนี้ น้ำคงท่วม

ถ้าน้ำท่วม เราคงไปโรงเรียนไม่ได้

ความสามารถในการตั้งสมมติฐานหลาย ๆ สมมติฐานที่สัมพันธ์กันช่วยให้เด็กในวัยนี้ให้เหตุผลได้ด้วยตนเองและสามารถคิดค้นหาวิธีที่พิสูจน์ความเป็นไปได้ของสมมติฐานต่าง ๆ ด้วย

5. การตั้งข้อตกลงเบื้องต้น (Accepting Assumptions) หมายถึงความสามารถในการตั้งข้อตกลงเบื้องต้นและยอมรับข้อตกลงนั้นจะเกิดขึ้นกับเด็กในขั้นนี้เท่านั้น ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการบรรยายความคิดของตนเองและโต้แย้งความคิดของผู้อื่น โดยทำภายในข้อตกลงที่มีมติร่วมกัน

6. ความเข้าใจในการอ่านหนังสือ (Comprehending Allegory) หมายถึงความสามารถที่เข้าใจในการอ่านหนังสือภายใน 1 ประโยค, วรรคตอน, หน้าหรือในเรื่องหนึ่งแล้วให้ได้ความหมาย ความคิดความเข้าใจทั้งหมดมาจากการนำความเข้าใจหลาย ๆ ตอนมารวมกัน

7. การคิดแบบรีเฟล็กซ์ (Reflexive thinking) หมายถึงความสามารถที่ใช้ความคิดในการย้อนกลับได้ เช่น ถามว่าใครสูงที่สุด

ถ้า แดงสูงกว่าดำ , ดำสูงกว่าขาว

คำตอบคือ แดงสูงที่สุด หรือ ขาวเตี้ยที่สุด

ซึ่งการตอบคำถามนี้ได้ต้องใช้ความสามารถในการแปรกลับไปมาได้ของความคิด โดยอาศัยความคิดเปรียบเทียบและการจัดเรียงลำดับ ดังนั้นเด็กที่มีความคิดแบบรีเฟล็กซ์ก็จะสามารถคิดได้อย่างมีระบบและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะการแก้ปัญหา นั้น ทั้งการเรียนรู้ยังรวดเร็วอีกด้วย

8. การคิดอย่างเป็นสัดส่วน (Proportional thinking) หมายถึงความสามารถ ในการคิดอย่างเป็นสัดส่วนและคำนวณค่าของสิ่งที่คิดออกมาเป็นสัดส่วนได้แม้ว่าจะไม่เคยเรียนรู้ เช่น การแก้ปัญหาเรื่องการสมมูลของคาน จะบ่งชี้การแก้ปัญหาได้และในเด็กบางกลุ่มที่มีอายุ 11-14 ปี จัดอยู่ในพัฒนาการขั้นรูปธรรมก็อาจมีความคิดแบบนี้ได้

9. การควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแปรหลายตัวและควบคุมตัวแปรบางส่วนได้ เช่น การแก้ปัญหาในการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา ซึ่งขึ้นอยู่กับความยาวของเชือกและน้ำหนักของลูกตุ้ม เด็กที่อยู่ในขั้นนามธรรมสามารถแยกตัวแปรควบคุมไว้แล้ว และทดลองที่ละตัวแปรเพื่อศึกษาความถี่ของการแกว่งจะเกิดขึ้นได้ต่างกัน เพราะความยาวของเชือกที่ผูกลูกตุ้มและน้ำหนักของลูกตุ้ม ซึ่งต่างก็มีผลความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา

10. ความสามารถในการจำแนกประเภทตามลำดับ (Establishing Hierarchical Classification) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกสิ่งของอย่างเป็นลำดับ โดยใช้เกณฑ์ที่สร้างขึ้น เช่น การจัดแมลงโดยใช้หลักการจำแนกแมลงมาใช้ในการจัดหนังสือหรือสิ่งของเข้าชั้น หรือใช้การจัดหมวดหมู่ในห้องสมุดก็ได้

11. ความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น (probability) ความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็นหมายถึง ความสามารถที่จะคาดการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ขึ้น เด็กชั้นนี้จะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะมีโอกาสเกิดขึ้น

12. ความคิดเกี่ยวกับสังคมในอุดมคติ (Conceiving of idealistic Societies) ความคิดของเด็กในขั้นนี้มีความคิดกว้างไกลสามารถวางแผนหรือคาดคะเนเหตุการณ์ต่าง ๆ ล่วงหน้าได้ สามารถคิดและพรรณาสังคมอุดมคติได้ (Idealistic society)

13. การตั้งทฤษฎี (Formulation of Theories) เด็กในขั้นนี้สามารถสร้างข้อสรุปและตั้งเป็นทฤษฎีในการศึกษาหรือการทดลองได้ นอกจากนี้

พัฒนาการในด้านต่าง ๆ มีดังนี้

- ความเข้าใจในเรื่องเวลาและมิติหรือพื้นที่

ความเข้าใจในเรื่องเวลาในการวางแผนทำกิจกรรมต่าง ๆ ส่วนในเรื่องมิติหรือพื้นที่จะเข้าใจมากกว่า 1 มิติ และสามารถนำมิติไปสัมพันธ์กับเวลาได้ ทั้งยังสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของ

เวลาได้ด้วย

จากความเข้าใจในเรื่องของเวลาและมิติหรือพื้นที่ของเด็กในชั้นนี้ และชั้นต่างๆ ที่กล่าวมา สามารถนำมาแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กในพัฒนาการขั้นต่าง ๆ ใน มโนคติเรื่องเวลา มิติ และการอนุรักษ์ (กึ่งฟ้า, 2526)

มโนคติ ขั้นพัฒนาการ	เวลา	มิติหรือพื้นที่	การอนุรักษ์
ขั้นประสาท สัมผัสและการ เคลื่อนไหว	รู้เฉพาะเวลาใน ปัจจุบันไม่คำนึงถึง อดีตและอนาคต	มีบริเวณที่เด็กมี กิจกรรมอยู่	ไม่มีความคิดเกี่ยว กับการอนุรักษ์
ขั้นก่อนปฏิบัติการ	เริ่มรู้เวลาในอดีต และอนาคต แต่รู้ เฉพาะช่วงสั้น ๆ	เข้าใจได้กว้าง ขึ้นเช่น ที่บ้านมี สนาม	ยังไม่มีความคิดด้าน การอนุรักษ์แต่เริ่ม เข้าใจในระยะ ปลายของขั้นนี้
ขั้นปฏิบัติการ รูปธรรม	รู้เรื่องเวลา ในอดีตและอนาคต ได้ยาวนานขึ้น	เข้าใจเรื่องพื้นที่ ได้ดียิ่งขึ้นเช่น ประเทศ, โลก	เริ่มเข้าใจการอนุรักษ์ เรื่อง มวล, จำนวน
ขั้นปฏิบัติการ นามธรรม	เข้าใจเวลาทั้ง อดีตและปัจจุบัน	เข้าใจเรื่องของ มิติกว้างมากขึ้น และรู้มากกว่า 1 มิติทั้งสามารถนำ ไปสัมพันธ์กับ เวลาได้	เข้าใจเรื่องการ อนุรักษ์ได้ดี เช่น การอนุรักษ์ความ ยาว, น้ำหนัก, และ ปริมาตร

สรุปความสามารถทางสติปัญญาของเด็กในชั้นนามธรรม (กึ่งฟ้า, 2526)

1. สร้างสมมติฐาน ทดลอง พิสูจน์ สรุปเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาได้
2. มีความสามารถในการคิดประเมินผล
3. สามารถเสนอข้อคิดอย่างมีหลักการและมีเหตุผล
4. มีอุดมการณ์ที่สร้างขึ้นเอง
5. มีความคิดชั้นนามธรรมโดยไม่ต้องอาศัยสภาพ รูปธรรมหรือของจริง
6. มีความสามารถในการรับรู้เข้าใจสิ่งของรอบ ๆ ตัวกว้างขึ้นทั้งในเรื่อง เวลาในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต
7. ยอมรับความคิดเห็นที่แตกต่างจากตนเอง
8. ควบคุมตัวแปรในการทดลองได้
9. ใช้สัดส่วนและอัตราส่วนได้อย่างถูกต้อง
10. ใช้ความคิดเกี่ยวกับโอกาสที่เป็นไปได้
11. สร้างทฤษฎีได้ด้วยตนเอง

พัฒนาการในขั้นนี้ที่แบ่งเป็น 2 ขั้นย่อย คือ (กึ่งฟ้า, 2521)

4.1 Early Formal operational-stage IIIA ซึ่งมี
 ตรรกปฏิบัติที่ศึกษาในการวิจัยนี้คือ การคิดแบบสัดส่วนหรืออัตราส่วน, การคิดแบบน่าจะเป็น ซึ่งตรรกปฏิบัติทั้ง 2 นี้ประกอบด้วยกิจกรรมนิเสธและการกลับคืนสู่สภาวะสมดุลของระบบ ต้องอาศัยการคิดแบบทดแทนของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีค่าออกมาเป็นตัวเลข เช่นการทดแทนในชั้นรูปธรรมเป็นการจัดสมดุลของระบบที่มีตัวแปร 2 ตัวหรือมากกว่า แต่ไม่อยู่ในรูปที่หน่วยเป็นตัวเลข ส่วนการคิดแบบอัตราส่วนหรือสัดส่วนได้มาจากตรรกปฏิบัติการทดแทนที่มีตัวเลขมาเกี่ยวข้อง ส่วนความน่าจะเป็นหรือโอกาสนั้น เป็นการประสานกันของกิจกรรมที่เป็นสัดส่วนที่นำมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงส่งผลให้เด็กมีพัฒนาการเลือกเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้มากที่สุด

4.2 Late Formal operational-stage IIIB ในขั้นนี้ลักษณะที่เห็นเด่นชัดคือตรรกปฏิบัติเรื่องการหาความสัมพันธ์ของเหตุผล ในขณะที่ความคิดสหสัมพันธ์ยังไม่สามารถพิสูจน์ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผลได้

ตรรกปฏิบัตินี้จะแสดงให้เห็นในลักษณะที่เด็กสามารถตั้งสมมติฐานในเรื่องความสัมพันธ์ของเหตุผล

ในกิจกรรมขั้นปฏิบัติการนามธรรมทั้ง 2 ขั้นย่อยนี้เด็กสามารถเข้าใจเรื่องที่เป็นนามธรรมเป็นอย่างดีโดยไม่ต้องอาศัยประสบการณ์รูปธรรม โดยสามารถตั้งสมมติฐานทำการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐาน จดบันทึกผลที่ได้ทั้งยังนำผลไปสรุปอ้างอิงต่อไป

รายละเอียดของขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget นั้นสามารถนำมาสรุปในแต่ละขั้นตอน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สรุปความสามารถในการรับรู้และลักษณะเฉพาะของผู้เรียนในขั้นพัฒนาการทั้ง 4 ขั้นของ Piaget ดังนี้ (กิ่งฟ้าและคณะ, 2521)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา (ช่วงอายุ)	ลักษณะเฉพาะของพัฒนาการและความ สามารถในการเรียนรู้
ขั้นที่ 1 ขั้นประสาทสัมผัส และการเคลื่อนไหว (Sensori-motor stage) (แรกเกิด-18 เดือนหรือ 2 ปี)	- รับรู้ด้วยประสาทสัมผัสทั้ง 5 มีปฏิริยาสะท้อนและแสดงความสามารถในการเคลื่อนไหวเพื่อจุดมุ่งหมายเฉพาะหน้าระยะสั้น - พัฒนาการเรื่องการใช้อวัยวะต่าง ๆ สัมผัสกับสิ่งของและปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม - เริ่มเข้าใจในความคงอยู่ของวัตถุ เป็นการเริ่มต้นของการเรียนรู้พื้นที่หรือ มิติกับเวลาง่าย ๆ - เริ่มใช้ภาษาสื่อสารได้

ตารางที่ 5 สรุปความสามารถในการรับรู้และลักษณะเฉพาะของผู้เรียนใน
 ขั้นพัฒนาการทั้ง 4 ขั้นของ Piaget ดังนี้ (กิ่งฟ้าและคณะ,
 2521) (ต่อ)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา (ช่วงอายุ)	ลักษณะเฉพาะของพัฒนาการและความ สามารถในการเรียนรู้
ขั้นที่ 1 ขั้นประสาทสัมผัส และการเคลื่อนไหว (Sensory-motor stage) (แรกเกิด-18 เดือนหรือ 2 ปี)	- พัฒนาการเล่นคนเดียวเป็นการเล่นตามแบบเด็กอื่น ๆ และมีการเล่นเป็นกลุ่มบ้างในบางครั้ง - ขั้นนี้เป็นขั้นที่สำคัญและเป็นรากฐานของการพัฒนาในขั้นต่อไป
ขั้นที่ 2 ขั้นก่อนปฏิบัติการ (Pre-operational stage) (2-7 ปี)	- ใช้จินตนาการและภาษาของตนเองเป็นเครื่องมือสื่อสารและแสดงออกถึงความรู้สึกอย่างง่าย ๆ - มีความคิดแบบทางเดียวแปรกลับไปมาไม่ได้ - มีเหตุผลที่ขึ้นอยู่กับความต้องการและความพอใจของตนเองผู้เดียวไม่สามารถเข้าใจเหตุผลของผู้อื่น - ทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตัวเดียว - ไม่สามารถเชื่อมโยงเหตุการณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน - เข้าใจในเรื่องปัจจุบันได้ดี ส่วนอดีตและอนาคตนั้นในบางครั้ง แต่ไม่สามารถเชื่อมโยงถึงอนาคต

ตารางที่ 5 สรุปความสามารถในการรับรู้และลักษณะเฉพาะของผู้เรียนใน
ขั้นพัฒนาการทั้ง 4 ขั้นของ Piaget ดังนี้ (กิ่งฟ้าและคณะ,
2521) (ต่อ)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา (ช่วงอายุ)	ลักษณะเฉพาะของพัฒนาการและความ สามารถในการเรียนรู้
ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติการรูปธรรม (Concrete Operational- stage) (7-11 หรือ 12 ปี)	- สามารถรับรู้เหตุการณ์สิ่งของที่มีตัว ตนสัมผัสจับต้องได้ หรือมีตัวอย่าง แสดงประกอบ - ทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ ตัวแปร 2 ตัวได้ - เป็นขั้นเริ่มต้นของการรับรู้เข้าใจที่ Piaget เรียกว่า "โอเปอเรชั่น" (Operation) ได้แก่ การนับการ จำแนก, การเรียงลำดับ, ความสามารถในการอนุรักษ์ในเรื่อง มวล, ความยาว, น้ำหนัก, พื้นที่และ ปริมาตรได้บ้าง - มีความคิดเชิงเหตุผลที่ต้องอาศัยสิ่งที่ เป็นของจริง - คำนึงถึงเหตุผลของผู้อื่น - ยังไม่สามารถจำแนกหรือวิเคราะห์ สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ หรือขั้นตอน - เริ่มเข้าใจในเรื่องการแทนที่หรือ การทดแทน การจำแนกที่ซับซ้อนได้ ในตอนปลายของขั้นนี้

ตารางที่ 5 สรุปความสามารถในการรับรู้และลักษณะเฉพาะของผู้เรียนใน
 ขั้นพัฒนาการทั้ง 4 ขั้นของ piaget ดังนี้ (กิ่งฟ้าและคณะ,
 2521) (ต่อ)

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา (ช่วงอายุ)	ลักษณะเฉพาะของพัฒนาการและความ สามารถในการเรียนรู้
ขั้นที่ 4 ขั้นปฏิบัติการนามธรรม (Formal Operational- stage) (11 หรือ 12 ปีขึ้นไป)	- สามารถแสดงความคิดเห็นเชิงนามธรรมเกี่ยวกับข้อคิด ปัญหาและเรื่องราวได้โดยไม่ต้องอาศัยของจริงหรือสิ่งประกอบ - จำแนกวิเคราะห์ปัญหาที่สลับซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ - จัดกระทำกับข้อมูลที่มีตัวแปรหลายตัวที่เกี่ยวข้อง โดยมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัว - คิดย้อนกลับไปในเรื่องราวในอดีตได้ สามารถนำมาสรุปรวบรวมหรือวิเคราะห์ข้อคิดโดยการเปรียบเทียบและวิพากษ์วิจารณ์ได้ - สามารถรับรู้เข้าใจแบบ Operation ได้ดีได้แก่ - การตั้งสมมติฐาน - ออกแบบการทดลอง - ทดลองและนิสฺจฺน์ - แปลผลข้อมูล - ลงข้อสรุป - อนุมานผลจากข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ - มีความสามารถในการอนุรักษ์เรื่องปริมาตรได้

ทฤษฎีของ Piaget เน้นว่าปัจจัยที่สำคัญของพัฒนาการทางด้านสติปัญญาคือ หน้าที่ที่ไม่เปลี่ยนแปลงและโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีระบบ ในขณะที่เด็กพัฒนาจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจะเกิดขึ้นพร้อมกันกับลักษณะหน้าที่ที่คงอยู่อย่างถาวร ซึ่งทั้งโครงสร้างและหน้าที่ก่อให้เกิดสภาวะสมดุล ทั้งนี้ Piaget ได้กล่าวว่า มีองค์ประกอบที่ทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาช้าหรือเร็วต่างกันคือ (กึ่งฟ้าและคณะ, 2521)

1. วุฒิภาวะทางสมอง (Maturity of the nervous system)
2. ประสบการณ์ทางกายภาพและทางสมอง (Physical mathematical and logical experience)
3. ประสบการณ์ทางสังคมหรือการสืบทอดทางสังคม (Social experience)
4. สภาวะสมดุล (Equilibration)

1. วุฒิภาวะทางสมอง (Maturation of the nervous System)

วุฒิภาวะ โดยทั่วไปคือ องค์ประกอบเบื้องต้นของพัฒนาการทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปของความพร้อมที่จะเรียนรู้ สามารถปฏิบัติได้เหมาะสมกับวัย ส่วน Piaget ให้ความหมายของวุฒิภาวะไว้ว่าเป็นวุฒิภาวะของระบบประสาทซึ่งบ่งชี้ความพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะเรียนรู้ได้ตามลักษณะของขั้นพัฒนาการต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมทางสังคม วัฒนธรรมและการศึกษา ที่ช่วยเร่งหรือถ่วงให้วุฒิภาวะนั้นแตกต่างกัน พัฒนาการจึงอาจเป็นไปได้ช้าหรือเร็วก็ได้

2. ประสบการณ์ทางกายภาพและทางสมอง (Physical mathematical and Logical experience) หมายถึง สิ่งแวดล้อมที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์ด้วย จัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพัฒนาการทางสติปัญญา เพราะขณะที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งของและปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อมนั้นจะช่วยให้เขาเกิดการเรียนรู้ เนื่องจาก Piaget เชื่อว่า การเรียนรู้คือการที่บุคคลหนึ่งสามารถจัดกระทำกับสิ่งของหรือวัตถุและปรากฏการณ์ในสภาพ

แวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งจะมีพัฒนาการตามแต่ละขั้นตอนที่ได้เสนอไว้ ดังนั้นประสบการณ์ที่จัดให้เด็กทุกขั้นพัฒนาการควรมีจำนวนมาก พรั่งพร้อมและเหมาะสมกับความสามารถ เพื่อให้เด็กเกิดการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้เขามีพัฒนาการอย่างสมบูรณ์สอดคล้องกับวุฒิภาวะและพัฒนาสติปัญญาให้งอกงาม

3. ประสบการณ์ทางสังคม (Social experiences) เป็นประสบการณ์ที่เด็กได้รับเมื่อเข้าสังคมและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นในสังคม ประสบการณ์ทางสังคมนี้รวมทั้งมรดกทางวัฒนธรรมและการศึกษาที่เด็กได้รับด้วย ขณะที่เด็กเริ่มเข้าสังคมโดยการใช้อาสาและสัญลักษณ์กับการเล่นนั้น เขาเริ่มพัฒนาจากความสามารถในการนึกคิดและแสดงออกโดยคิดถึงตนเองเพียงผู้เดียว ไม่คำนึงถึงผู้อื่น จากนั้นเขาเริ่มรับรู้และเข้าใจความคิดเห็นและเหตุผลของผู้อื่น รู้จักรับฟัง มีการสื่อสารที่ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้คือใช้ภาษาสังคมได้ นอกจากนี้เด็กในทุกขั้นพัฒนาการยังได้รับการถ่ายทอดมรดกทางวัฒนธรรมอื่น ๆ ที่เขาต้องปฏิบัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันซึ่งได้แก่การอบรมเลี้ยงดู ลักษณะและวิธีการจัดการศึกษาและวิธีการสื่อสาร พฤติกรรมทางสังคม ค่านิยมและความเชื่อถือในเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้เด็กแต่ละคนได้รับประสบการณ์สังคมที่แตกต่างกันออกไปและเป็นผลกระทบต่อการพัฒนาการทางสติปัญญาอีกด้วย

4. สภาวะสมดุล (Equilibration) Piaget เสนอข้อคิดที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบนี้ว่า สิ่งมีชีวิตหน่วยหนึ่งมีกลไกอัตโนมัติภายในสามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลได้ สภาวะนี้เป็นสภาพของกิจกรรมทางสมองซึ่งประกอบด้วยกระบวนการย่อย ๆ 2 กระบวนการคือ

- กระบวนการดูดกลืน
- กระบวนการปรับตัวให้เหมาะสม

โดยการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาแบบอัตโนมัติ (กึ่งฟ้า, 2526)

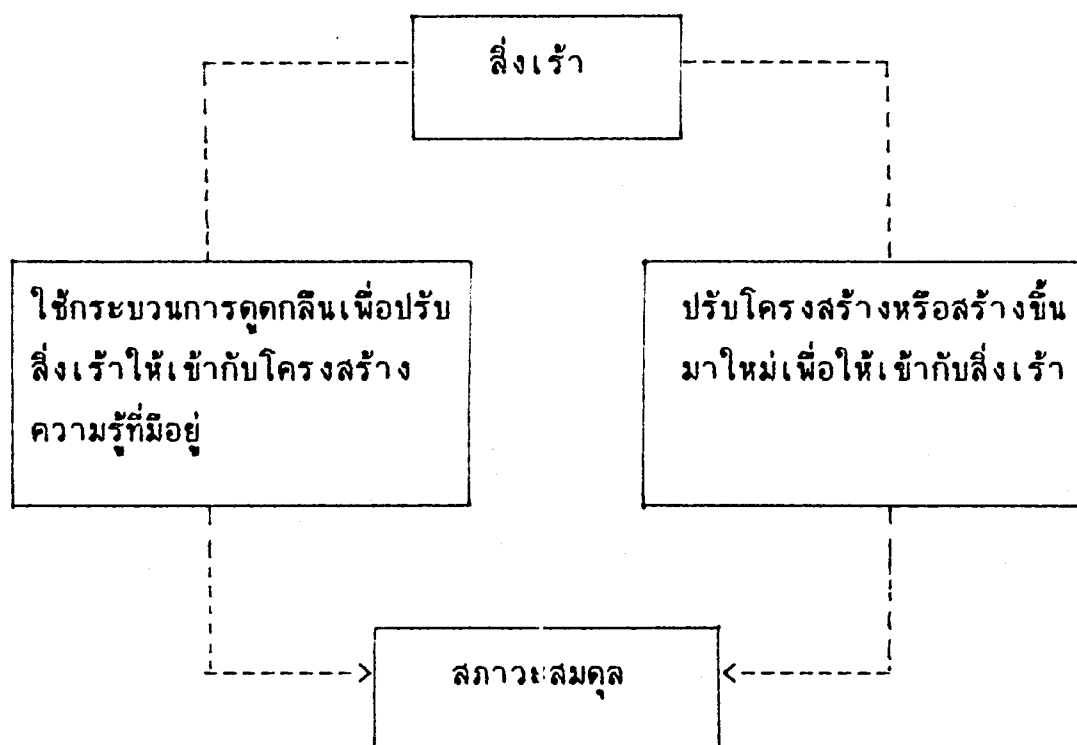
4.1 กระบวนการดูดกลืน (Assimilation) คือ "การรับสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อมให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของความรู้ที่มีอยู่"

4.2 กระบวนการปรับตัวให้เหมาะสม (Accommodation) คือ "ปรับโครงสร้างของความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่หรือโครงสร้างของความรู้ที่"

สร้างขึ้นใหม่ เพื่อให้เข้ากับสิ่งเร้า"

พัฒนาการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลมีกิจกรรมทางสมองขณะที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและพยายามปรับตัวเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล โดยมีกระบวนการควบคุมและกระบวนการปรับตัวให้เหมาะสมเกิดขึ้นร่วมกันไป ดังแสดงในภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1 ภาพแสดงการใช้ทั้งสองกระบวนการย่อย คือ การควบคุมและ การปรับให้เหมาะสม เพื่อให้เกิดภาวะสมดุล (กึ่งฟ้า, 2526)



จากแผนภาพที่ 1 ซึ่งแสดงการใช้สองกระบวนการคือการควบคุม ควบคุมและกระบวนการปรับให้เหมาะสม ทั้งสองกระบวนการนี้อาจจะเกิดขึ้น พร้อม ๆ กันเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลหรือเพียงกระบวนการควบคุมเท่านั้น ขึ้น อยู่กับความสามารถในการรับรู้ เข้าใจและโครงสร้างความรู้ของผู้เรียน เช่น เด็กเรียนรู้มนต์เกี่ยวกับเก้าอี้ ในครั้งแรกเด็กไม่เคยรู้จักเก้าอี้ ดังนั้นเด็ก จึงใช้การปรับให้เหมาะสม โดยการบอกลักษณะของเก้าอี้ เด็กก็จะมิมโนติของ

แก้อีเป็นโครงสร้างของความรู้ในสมองแล้ว ต่อมาเด็กพบแก้อีแบบที่ไม่เคยเห็นมาก่อน เด็กจะปรับโครงสร้างความรู้ของเรื่องแก้อีที่มีอยู่แล้ว รับเอาแก้อีชนิดใหม่เข้าไปเป็นกระบวนการใช้กระบวนการคิดกลืนให้เจ้าไปอยู่ในโครงสร้างความรู้ที่มีอยู่เพื่อปรับเข้าสู่สภาวะสมดุล

2.2 ความหมายของความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติ (Logical operations ability)

ตรรกปฏิบัติ (Logical operations) เป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ ซึ่ง Piaget ได้ให้ความหมายไว้ว่า "Operation" เป็นตัวแทนของความคิดที่แสดงออกมาด้วยการกระทำ (กึ่งฟ้า, 2521) ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า "Operation" เป็นหน่วยของความคิดที่แสดงออกมาด้วยการกระทำซึ่งทำให้บุคคลหนึ่ง ๆ สามารถรับรู้เข้าใจสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่เขา กำลังศึกษาได้อย่างถ่องแท้ เช่น บุคคลที่มี Concrete operation ก็คือ ความคิดเชิงเหตุผลของบุคคลนั้นที่อยู่ในขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาในขั้นปฏิบัติการรูปธรรม

ส่วนความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติ (Logical operation ability) หมายถึง ความสามารถแก้ปัญหาโดยกระบวนการนิรนัยที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในสมองของบุคคลหนึ่ง ๆ ที่สามารถแสดงออกมาให้เห็นได้จากภายนอก ในรูปของการกระทำกับวัตถุสิ่งของและปรากฏการณ์

ข. เป็นกระบวนการที่แปรกลับไปได้ ตัวอย่างเช่น $5+2 = 7$ ดังนั้น $5 = 7-2$ หรือ $2 = 7-5$

ค. ต้องใช้องค์ประกอบ 2 ชนิดขึ้นไปในการจัดกระทำครั้งหนึ่ง ๆ เช่น การเรียงลำดับวัตถุชนิดเดียวกัน จะต้องรู้จักชนิดของวัตถุที่ออกมาเป็นกลุ่มเดียวกันก่อน แล้วจึงเรียงลำดับจากใหญ่ไปหาเล็กหรือเล็กไปหาใหญ่

ง. ตรรกปฏิบัติเป็นความสามารถที่เกิดขึ้นในบุคคลหนึ่ง ๆ แล้วจะมีการอนุรักษ์ในตัวเองและสามารถนำไปประยุกต์สิ่งอื่นได้

ความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติที่นำมาศึกษาครั้งนี้มี 7 ชนิด

1. การจัดจำแนกประเภท (Classification : CL) เป็นทักษะพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับประถมและมัธยม ซึ่งจะเริ่มในระยะ Concrete operational stage (7-12 ปีโดยประมาณ) Flavell ได้กล่าวสรุปความสำคัญเกี่ยวกับความสามารถในการจำแนกประเภทของเด็กในขั้นความคิดเชิงปฏิบัติการต่าง ๆ ดังนี้ (อ้างถึงใน กิ่งฟ้าและคณะ, 2522) เด็กที่อยู่ในขั้นปฏิบัติการรูปธรรม คือ เด็กที่อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 7-12 ปี จะมีความเข้าใจในการจัดจำแนกประเภทโดยการแสดงออกให้เห็นว่า ถ้ากลุ่มใหญ่ B ประกอบด้วยกลุ่มย่อย A+C แล้ว เขาจะสำนึกอยู่ตลอดเวลาว่า $B = A+C$ แม้ว่าจำนวนสิ่งของใน A และ C จะถูกแบ่งแยกออกจากกัน แต่สิ่งของทั้งสองกลุ่มก็เป็นส่วนหนึ่งหรือจัดอยู่ในกลุ่มใหญ่ แต่ถ้าเขายังอยู่ในขั้นความคิดขั้นก่อนปฏิบัติการ เขาจะไม่สามารถแปรความคิดนี้กลับมาได้ ตัวอย่างเช่น มีลูกบัติน้ำตาล 17 เม็ด และสีขาว 3 เม็ด เด็กในขั้นความคิดปฏิบัติการรูปธรรมจะตอบว่าเขาลูกบัติน้ำตาลรวมเข้าด้วยกัน เพราะมีสีต่าง ๆ กันก็เป็นลูกบัติน้ำตาลเหมือนกัน แต่เด็กขั้นก่อนปฏิบัติการจะเอาแต่ลูกบัติน้ำตาลมาร้อย

เด็กที่อยู่ในขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรมจะรู้จักประเภทของสิ่งของหรือวัตถุ โดยใช้คุณสมบัติที่มีอยู่ทุกอย่าง ตัวอย่างเช่น B เป็นกลุ่มใหญ่ของสิ่งของทั้งหมด $A_1 + A_2$ ซึ่งเป็นกลุ่มหนึ่งที่อยู่ภายใน B กลุ่มใหญ่ $A_2 + A_3$ เป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มใหญ่ B ผลการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้แสดงให้เห็นว่าเด็กในวัยเรียนจะค่อย ๆ เข้าใจว่ากลุ่มใหญ่นั้นประกอบด้วยกลุ่มย่อยซึ่งไม่เหมือนกัน ความสามารถในการจัดจำแนกนี้อาจจะต้องใช้ความคิดขั้นปฏิบัติการนามธรรมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งเขียนแทนเป็นสัญลักษณ์ในรูปของสมมติฐานได้ว่า $A < B$ (ในกรณีที่ A เป็นกลุ่มย่อยของ B) ดังนั้น $A > B$ (ในกรณีที่สิ่งของไม่จัดอยู่ในกลุ่ม A ที่มีเหลืออยู่และยังไม่ได้จัดประเภทมีมากกว่าของที่อยู่ในกลุ่ม B)

2. การเรียงลำดับ (Seriation : S) เป็นความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติที่เด็กส่วนใหญ่มักได้รับการฝึกหัดให้มีทักษะนี้ตั้งแต่เข้าเรียนในระบบโรงเรียน เช่น การเข้าแถวเรียงตามลำดับไหล่ โดยใช้ความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติ ชนิดเรียงลำดับ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เช่น

เรื่องอนุกรม Inhelder และ Piaget (อ้างถึงในกึ่งฟ้า และคณะ, 2522) พบว่าความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติขั้นตอนการเรียงลำดับนี้เริ่มพัฒนาเมื่อมีอายุประมาณ 8 ปี

3. การจัดแบ่งกลุ่มแบบพหุคูณ (Logical Multiplication : LM) คือ ความสามารถที่ต้องใช้การจัดจำแนก และการเรียงลำดับมาผสมกัน และต้องเข้าใจการแบ่งแยก และจัดลำดับของตัวแปรที่นำมาใช้ เช่น การแบ่งแยกต้นไม้ตามชนิดและขนาด หรือแบ่งแยกพืชตามใบเลี้ยงเดี่ยวและคู่ ตามลักษณะภายนอกและภายในของพืชทั้ง 2 ชนิด เป็นต้น

การจัดแบ่งกลุ่มแบบพหุคูณ ต้องคำนึงถึงลักษณะของปรากฏการณ์หรือวัตถุสิ่งของที่สัมพันธ์กัน เช่น จะจัดแบ่งชนิดของประชากรในภาคต่าง ๆ ของประเทศก็อาจแบ่งเป็นกลุ่มที่อาศัยอยู่ในเมืองและนอกเมือง ซึ่งนับถือศาสนาต่างกัน เพศต่างกัน และอื่น ๆ โดยนำตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการจัดจำแนกประเภทมาทำตารางพหุคูณ (Double-entry table) ตัวอย่างเช่น

ศาสนา ที่อยู่อาศัย	พุทธ	คริสต์	อิสลาม	อื่น ๆ	รวม
ในเมือง	20,000	1,500	300	200	22,000
นอกเมือง	50,000	600	150	50	50,800
รวม	70,000	2,100	450	250	72,800

ตัวอย่างนี้ใส่จำนวนประชากรที่มีลักษณะต่าง ๆ กัน ตามช่วงที่ระบุคุณสมบัติ ดังนั้นในการจำแนกประเภทเชิงพหุคูณนี้ ผู้จำแนกต้องเข้าใจว่าคุณสมบัติในแต่ละช่วงมีตัวแทนอย่างไร ในการจำแนกประเภทเชิงพหุคูณนี้ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ของชนิดสิ่งของที่นำมาใช้ด้วย

4. การทดแทนหรือการชดเชย (Compensation : CM) คือ ความสามารถที่จำเป็นต่อการอนุรักษ์ (Conservation) เนื่องจากเป็น ธรรมชาติปฏิบัติที่ต้องอาศัยความเข้าใจในการใช้ตัวแปร 2 ตัวขึ้นไป เช่น น้ำ ที่อยู่ในแก้วสูงแต่แคบเมื่อเทใส่ลงในแก้วที่กว้างแต่เตี้ยย่อมมีปริมาตรเท่ากัน ทั้งนี้เพราะความสูงลดลง แต่ความกว้างเพิ่มขึ้นความสามารถในการใช้การ ทดแทนจะเกิดขึ้นกับเด็กที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในระยะ Late concrete operational stage (อายุประมาณ 9-12 ปี) โดยอาศัยความสามารถ ในการใช้ความคิดแบบแปรกลับไปได้ ไม่รู้เฉพาะการเชื่อมโยงต่อเข้าด้วย กันเท่านั้น

5. การใช้สัดส่วนหรืออัตราส่วน (Ratio or Proportional : R) คือ ความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติที่มีผลต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิต- ศาสตร์ และเป็นประโยชน์มากต่อชีวิตประจำวัน ซึ่งได้แก่อัตราส่วนและสัดส่วน ของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ที่พบเห็นความสามารถด้านสัดส่วนนี้มีพัฒนาการมา จากความสามารถในการคิดแบบทดแทน โดยที่การทดแทนเป็นการก่อให้เกิด สมดุลของระบบที่ไม่ใช้ตัวเลขเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือเป็นตัวเลขง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนมาเกี่ยวข้อง ตัวอย่าง เช่น ในการวัดอัตราการเจริญของต้นไม้ 2 ชนิด พบว่า ต้นไม้ทรงแหลมในเวลา 2 ปี จะสูงขึ้น 7 นิ้ว ส่วนทรงพุ่มพบว่า ในเวลา 1 ปีจะสูงขึ้น 4 นิ้ว ถ้าเปรียบเทียบอัตราการเจริญของต้นไม้ ทั้งสองชนิดนี้ก็จะพบว่า ทรงพุ่มมีอัตราการเจริญมากกว่าทรงแหลม 4:3.5 นิ้วในเวลา 1 ปีหรือ 8:7 นิ้วในเวลา 2 ปี

6. ความน่าจะเป็น (Probability : P) คือ โอกาสที่เหตุการณ์ใด เหตุการณ์หนึ่งจะเกิดขึ้น โอกาสของการเกิดเหตุการณ์มีค่าตั้งแต่ 0 (ศูนย์) ถึง 1 ความน่าจะเป็นของแบบทดสอบนี้เป็นการหาโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้มากที่สุดของเหตุการณ์ที่กำหนด โดยพิจารณาจากจำนวนของวัตถุ ตัวอย่างเช่น กล่องใบหนึ่งบรรจุลูกบดสีแดง 6 อัน สีขาว 5 อัน สีเหลือง 4 อัน และ สีเขียว 3 อัน ถ้าหยิบตาหยิบลูกบดในกล่องนี้ โอกาสที่จะได้ลูกบดสีแดงจะมีมากที่สุดคือ $6/18$ (0.33)

7. การหาความสัมพันธ์ของเหตุผล (Correlation : CR) คือความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติที่ในการคิดพิจารณาเหตุผลเชิงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ใด ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ ซึ่งนำไปสู่การสรุปอ้างอิงได้ เป็นตรรกปฏิบัติที่อยู่ในขั้นสูงต้องอาศัยความเข้าใจในการใช้ตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป

ซึ่งได้สรุปความหมายและการนำไปใช้ของตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิด ดังแสดงตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงความหมายและการนำไปใช้ของตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิดของ Piaget (อ้างอิงในกิ่งฟ้าและคณะ, 2521)

ชื่อตรรกปฏิบัติ	ความหมาย	ลักษณะการนำไปใช้
การจัดจำแนกประเภท	การจัดแบ่งกลุ่มหรือจัดจำพวกโดยอาศัยตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่ามีมิติเดียว	การจัดแบ่งกลุ่มของวัตถุตามขนาด รูปร่าง สี หรือตามคุณสมบัติ
การเรียงลำดับ	การจัดเรียงลำดับโดยอาศัยตัวแปรตัวเดียว	การจัดเรียงลำดับของการเจริญเติบโตอาศัยความสูงที่วัดได้ การเรียงลำดับของพืชและสัตว์ โดยดูจากวิวัฒนาการ
การจัดกลุ่มแบบพหุคูณ	การจัดเรียงลำดับชนิดที่มีตัวแปร 2 ตัวหรือมากกว่า โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มี 2 มิติขึ้นไป	การเปรียบเทียบพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและใบเลี้ยงคู่จากคุณสมบัติทั้งที่เห็นภายนอกและภายในและคุณสมบัติอื่นที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 6 แสดงความหมายและการนำไปใช้ของตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิดของ Piaget (อ้างอิงในกิ่งฟ้าและคณะ, 2521) (ต่อ)

ชื่อตรรกปฏิบัติ	ความหมาย	ลักษณะการนำไปใช้
การทดแทน	การทดแทนโดยอาศัยตัวแปร 2 ตัวขึ้นไป	การจัดสมมูลของกระดานหก โดยดูจากระยะทางและน้ำหนักที่อยู่ทั้ง 2 ข้าง
การใช้สัดส่วนหรืออัตราส่วน	การรู้จักใช้อัตราส่วนและสัดส่วน	การเทียบสัดส่วนเพื่อหาคำตอบ โดยใช้ตัวเลขเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอน
โอกาสที่เป็นไปได้	การรู้จักเลือกโอกาสที่เป็นไปได้	การเลือกโอกาสที่จะเกิดขึ้น โดยดูจากความเป็นไปได้ของสถานการณ์
การหาเหตุผลหรือการใช้เหตุผล	การรู้จักใช้ความคิดโดยพิจารณาจากเหตุและผลเชิงสหสัมพันธ์	การพิจารณาจากเหตุและผลของปรากฏการณ์ใด ๆ เพื่อดูความสัมพันธ์ซึ่งนำไปสู่การสรุปอ้างอิงได้

2.3 ความหมายและแบบของการให้เหตุผล

เหตุผล หมายถึง ข้อความที่ผู้ถูกทดสอบบรรยายไว้ เพื่อสนับสนุนการเลือกตอบ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้แบ่งแบบการให้เหตุผลออกเป็น 3 แบบคือ

1. *Contered Reasoning* (CT) มีอยู่ในตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิด เป็นเหตุผลที่ผู้ถูกทดสอบพิจารณา และใช้ตัวแปรตัวเดียวหรือเพียงมิติเดียว พยายามใช้ความคิดตัวเองเข้าช่วย ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (ego centrlicity) แผนภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการให้เหตุผลแบบ *Centered Reasoning*

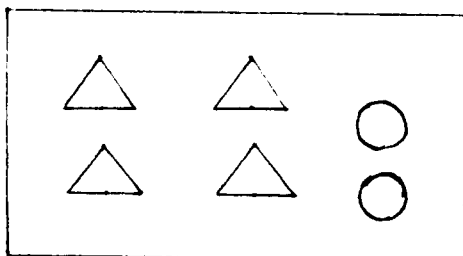
2. *Concrete Reasoning* (CC) มีอยู่ในตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิด เป็นเหตุผลที่ผู้ทำแบบทดสอบ พิจารณาและใช้ตัวแปร 2 ตัวหรือมากกว่า จัดเอาสภาพจริงที่มองเห็นและรับรู้เข้าใจ และให้เหตุผลจากสภาพจริงหรือสภาพ รูปธรรม เข้าใจและรู้จักใช้การแปรกลับไปได้ของปรากฏการณ์ที่พบเห็น เช่น รู้ว่า เบ็ด สุนัข และไก่ เป็นสัตว์และสัตว์และมีชีวิต ถ้าเบ็ดตายหมดจะ ยังมีสัตว์เหลืออยู่ แต่ถ้าสัตว์ตายหมดจะไม่มีเบ็ดเหลืออยู่ แผนภาพที่ 2 แสดง ตัวอย่างการให้เหตุผลแบบ *Concrete Reasoning*

3. *Formal Reasoning* (F) (*Hypothetical-Deductive Reasoning*) มีอยู่ในตรรกปฏิบัติ อัตราส่วน ความน่าจะเป็น และการหา ความสัมพันธ์ของเหตุผล เป็นการให้เหตุผลที่ผู้ถูกทดสอบพิจารณาตัวแปรได้ มากกว่า 2 ตัว สามารถพิสูจน์ กฎ หลักการให้เห็นจริงได้ โดยการใช้ ตรรกปฏิบัติต่าง ๆ ตั้งสมมติฐาน พิสูจน์สมมติฐาน โดยการทดลอง สรุปได้ โดยไม่ต้องอาศัยสภาพจริง พูดถึงเรื่องนามธรรมได้ เช่น รู้จักนำ เอาปรากฏการณ์ในธรรมชาติมาหาความสัมพันธ์และตั้งสมมติฐานหาทางพิสูจน์ ให้เห็นจริงได้ เช่น ในเรื่องขององค์ประกอบที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง

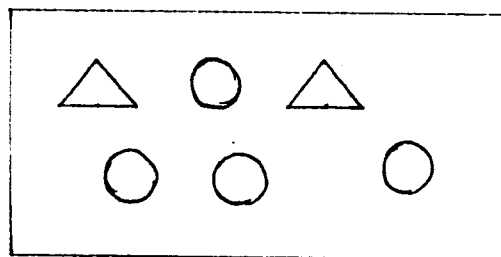
แผนภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างแบบการให้เหตุผลทั้ง 3 แบบ

ตัวอย่างแบบการให้เหตุผล ทั้ง 3 แบบ

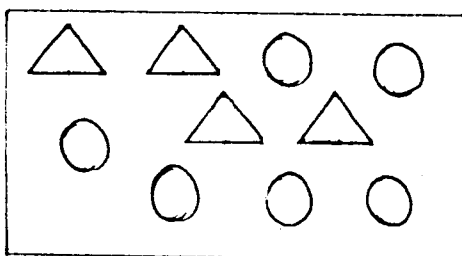
ให้กากบาท x รูป 1, 2, 3 หรือ 4 เพียงรูปเดียว เมื่อท่านหยิบรูป
จากภาพดังกล่าว รูปทรง $\triangle$ มีโอกาสถูกหยิบขึ้นมากที่สุด



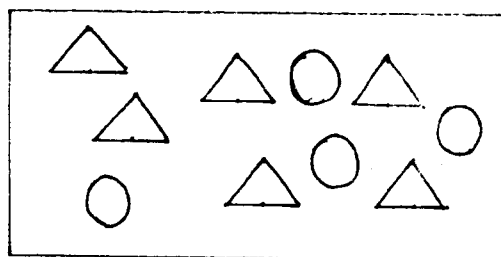
รูปที่ 1



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4

คำตอบ รูปที่ 1

แบบของการให้เหตุผล

CT - สามเหลี่ยมมีมุมให้หยิบง่าย

CC - สามเหลี่ยมมีจำนวนมากที่สุด

F - สามเหลี่ยมมีโอกาสมากกว่ารูปอื่นเพราะ

รูปที่ 1 มีโอกาสหยิบเท่ากับ $4/2$

รูปที่ 2 มีโอกาสหยิบเท่ากับ $1/2$

รูปที่ 3 มีโอกาสหยิบเท่ากับ $3/2$

รูปที่ 4 มีโอกาสหยิบเท่ากับ $1 \frac{1}{2}$, $3/2$

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ

Greenfield และ Bruner (อ้างถึงในศุภชัย, 2520) ศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาทางความคิดรวบยอดในการจำแนกสิ่งของ กลุ่มตัวอย่างระดับอายุ 6 ปีจนถึงวัยรุ่นผู้ใหญ่ เขาแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มเด็กในชนบทตามป่า, เด็กชนบทนอกเมืองและเด็กในเมือง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาพสิ่งของ 3 ชนิดโดยสิ่งของทั้ง 3 นี้เกี่ยวพันแบบหมุนเวียนในเรื่องของความเหมือนด้วยองค์ประกอบสี รูปร่าง หน้าที่ใช้สอยสำหรับมนุษย์ เช่น นาฬิกา สีเหลืองรูปร่างกลม ส้มสีเขียวรูปร่างกลม และกล้วยสีเหลือง ผลการวิจัยพบว่า เด็กกลุ่มแรกจำแนกโดยอาศัยสีในทุกเกณฑ์อายุ ส่วนเด็กกลุ่มที่ 2,3 จะแสดงแนวโน้มว่าเมื่อระดับอายุเพิ่มขึ้นจะใช้รูปร่างในการจำแนกสิ่งของและมีการใช้หน้าที่ที่ของสิ่งของในการจำแนกด้วย นอกจากนี้พบว่า การเปรียบเทียบพัฒนาการของเด็กในเมืองและชนบทนอกเมืองในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัย สีรูปร่าง ไม่แตกต่างกัน

Raven และ Guerin (อ้างถึงในภุมรินทร์, 2529) ได้ศึกษาการเรียงลำดับ ตรรกปฏิบัติ 7 ชนิดของ Piaget คือ การจัดจำแนกประเภท, การเรียงลำดับ การจัดแบ่งกลุ่มแบบพหุคูณ, การทดแทน, การคิดแบบสัดส่วน, ความน่าจะเป็นและการหาความสัมพันธ์ของเหตุผล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนอายุ 8-19 ปี จำนวน 896 คนผลการวิจัยพบว่าลำดับขั้นพัฒนาการสอดคล้องกับงานวิจัยของ Piaget ที่ว่าพัฒนาการทางความคิดในขั้น IIA (Lower concrete) จะมาก่อน IIB (Late concrete) และ IIIA (Lower Formal) ตามลำดับและพบว่าภารกิจ (Tasks) ทั้งหมดนี้ไม่สามารถเรียงตามความยากง่ายได้ ดังนั้นพัฒนาการทางความคิดของเด็กควรได้รับการพัฒนาหลาย ๆ ด้านพร้อม ๆ กัน

Sayre และ Ball (1975) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างคะแนนวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการปฏิบัติภารกิจระดับปฏิบัติการนามธรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7-9 จำนวน 214 คน เกรด 10-12 จำนวน 205 คน เครื่องมือโดยใช้การสอบเชิงสัมพัทธ์

(PTI) ของ Piaget and Inhelder ผลปรากฏว่าระดับพัฒนาการทางสติปัญญามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Lawson และ Renner, 1975 (อ้างถึงใน ภูมิรินทร์, 2529) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างดังนี้ นักเรียนเอกชีววิทยา 51 คน, เคมี 50 คน และเอกฟิสิกส์ 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ภารกิจ (Tasks) ดังนี้ การอนุรักษ์น้ำหนัก, ปริมาตร การแยกและควบคุมตัวแปรและสมมูลของคาน ผลการวิจัยพบว่า 64.8% ของนักเรียนเอกชีววิทยาอยู่ในขั้นปฏิบัติการรูปธรรมนอกนั้นอยู่ในขั้นปฏิบัติการนามธรรม 22% ของนักเรียนเอกเคมีอยู่ในขั้นรูปธรรมและ 36.5% ของนักเรียนเอกฟิสิกส์อยู่ในขั้นปฏิบัติการรูปธรรมส่วนที่เหลืออยู่ในขั้นปฏิบัติการนามธรรม

Chiappette (1976) ได้สำรวจและรวบรวมทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่มีผลต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาและระดับวิทยาลัย พบว่า ระดับสติปัญญามีความสัมพันธ์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสติปัญญาในขั้นปฏิบัติการรูปธรรมและให้ข้อเสนอแนะว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งเนื้อหาวิธีสอนตลอดจนการทดลองต่าง ๆ ต้องคำนึงถึงระดับสติปัญญาการคิดแบบรูปธรรม ดังนั้นจะสามารถพัฒนาระดับสติปัญญาจากขั้นการคิดแบบรูปธรรมไปสู่การคิดแบบนามธรรมได้ และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ควรตัดเนื้อหาส่วนที่เป็นนามธรรมและการคำนวณให้น้อยลงและเน้นการปฏิบัติให้มากขึ้นโดยเริ่มจากส่วนที่เป็นรูปธรรมก่อน

Raven (1977) ได้พัฒนาแบบทดสอบในเรื่องตรรกปฏิบัติของ Piaget โดยศึกษาถึงความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติของเด็กเกรด 6, 8, 10, 12 และ 13 โดยศึกษาลักษณะของการให้เหตุผลเชิงตรรกปฏิบัติ การศึกษาการใช้ตรรกปฏิบัติเมื่อเวลาสร้างมโนคติเพื่อตอบคำถามและหาคำความเชื่อมั่นในการแบ่งเด็กตามขั้นพัฒนาการ แบบทดสอบสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ Growth of logical thinking ของ Piaget เกี่ยวกับเนื้อหา

เพื่อทดสอบการใช้ตรรกปฏิบัติโดยใช้ Raven Content Comprehension test (RCCT) แบบทดสอบนี้มีการปรับปรุง 3 ครั้งโดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือ เด็กเกรด 6, 8, 10, 12 และ 13 เกรดละ 80 คนซึ่งศึกษาในระดับ middle, school and college อายุเฉลี่ย 118, 140, 165, 187 และ 266 เดือน การทดสอบทำช่วงละ 45 นาทีและพัก 15 นาที แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นได้ .80 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 2.7 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 22.8 และค่าความเที่ยงมีการตรวจสอบ 3 ครั้ง โดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเท่ากับ 100% จากการหาค่าความเที่ยงภายในและการวิเคราะห์ความเที่ยงตามโครงสร้าง ประโยชน์จากแบบทดสอบสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนให้เด็กได้พัฒนาการทางตรรกปฏิบัติเพื่อส่งผลทางการสร้างมโนคติในการเรียนรู้

Raven และ Calvey (1977) เพื่อศึกษาโปรแกรมการสอนวิทยาศาสตร์ (SAPA) Science A Process Approach ในระดับประถมศึกษา โดยใช้แบบทดสอบพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 และ 8 จำนวน 488 คนโดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง (ที่ใช้โปรแกรม SAPA) ในเด็กเกรด 6 จำนวน 118 เกรด 8 จำนวน 121 คนในกลุ่มควบคุม และเกรด 6 จำนวน 121 คน และเกรด 8 จำนวน 128 คนในกลุ่มทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ RTLO และ RCCT (Raven's Test of Logical Operations และ Raven Content Comprehension Test) ผลการศึกษพบว่านักเรียนเกรด 8 ทำคะแนนสูงกว่านักเรียนเกรด 6 ทั้ง 2 แบบทดสอบเมื่อเปรียบเทียบคะแนนจากแบบทดสอบ RTLO และ RCCT ไม่แสดงว่าแตกต่างกันนักเรียนในกลุ่มทดลองทำคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมในแบบทดสอบ RCCT ส่วนแบบทดสอบ RTLO พบว่าไม่แตกต่างกัน มีความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบ RTLO และ RCCT กับระดับสติปัญญาอย่างมีนัยสำคัญ

(Mc Bride (1978) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลแบบสัดส่วนตามแนวความคิดของ Piaget กับความสามารถของนักเรียนในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ในเรื่อง เครื่องกล โครง

สร้างของสสารและเศษส่วนที่เท่ากัน กลุ่มตัวอย่างเป็นคนผิวขาวชั้นกลางที่ศึกษาในระดับ 9 จำนวน 136 คน ซึ่งเรียนวิทยาศาสตร์กายภาพผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการคิดหาเหตุผลแบบลัดสั้นและผู้ที่มีการพัฒนาการในชั้นนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่มีพัฒนาการในชั้นรูปธรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ □

✕ Murry (1978) ศึกษาความเข้าใจเชิงตรรกปฏิบัติของ Piaget กับผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนระดับชั้นประถมศึกษา, มัธยมศึกษาตอนต้น, มัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างจำนวน 544 คน ซึ่งมาจาก 2 โรงเรียน โรงเรียนแรกมีเด็กเกรด 6, 8, 10 และ 12 โรงเรียนที่ 2 เด็กเกรด 10 และ 12 ที่เรียนวิชาเคมีและไม่ได้เรียนวิชาเคมี เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบวัดความรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ของ Raven (Raven's Content Comprehension Test) (RCCT) ตรรกปฏิบัติที่ศึกษาคือ การจำแนกประเภท, การจัดเรียงลำดับ, การจำแนกแบบพหุคูณ, การทดแทน, การคิดแบบอัตราส่วน, การคิดแบบเลือกโอกาสที่เป็นไปได้และการพิจารณาถึงเหตุผลสัมพันธ์ แบบทดสอบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผลวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยของตรรกปฏิบัติแต่ละชนิดสูงขึ้นตามเกรดเด็ก 6-12 ปีและมีความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบตรรกปฏิบัติ และแบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ □ ✕

[Lowson (1973) ได้พัฒนาแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรมและนำไปใช้กับประชากร 513 คน เป็นเด็กเกรด 8 จำนวน 145 คน เกรด 9 จำนวน 192 คนและเกรด 10 จำนวน 176 คน ใน San Francisco ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีระดับสติปัญญารูปธรรม 35.3% ขึ้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม 49.5% และขึ้นการคิดแบบนามธรรม 15.2%)

Susann (1980) ศึกษาความแตกต่างของความสัมพันธ์ระหว่างระดับสติปัญญาตามแบบ Piaget และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตอนปลาย 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีการสอนแบบอินโควรีและไม่ได้รับการสอนแบบอินโควรีผลการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่าง

นุกติปัญญาและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ระดับ .001

Peabody (1984) ศึกษาปฏิกิริยาของตัวอย่างรูปธรรมที่มีผลต่อนักเรียนที่มีพัฒนาการกึ่งนามธรรมและขั้นนามธรรมในการสอนวิชาพีชคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจาก 4 ห้องเรียนจากโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในรัฐ Arizona โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุมที่เรียนตามคู่มือครู ส่วนกลุ่มทดลองเรียนจากอุปกรณ์ทางพิสิกส์ที่ทำจากยางและโครงสร้างพีชคณิตที่ทำด้วยลูกบอล ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนแบบรูปธรรมทำให้กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนที่มีพัฒนาการขั้นนามธรรมได้คะแนนสูงกว่านักเรียนที่มีพัฒนาการในขั้นกึ่งนามธรรมในกลุ่มทดลอง

2.4.2 ผลงานวิจัยในประเทศ

นิรันดร์ (2514) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสอบที่มีต่อพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดตามทฤษฎีตามแบบ Piaget และการสร้างมโนคติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชาย 67 คน นักเรียนหญิง 53 คน อายุระหว่าง 11-15 ปีในกรุงเทพฯ กลุ่มทดลองได้รับการสอนแบบสืบสอบในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเวลา 24 สัปดาห์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบเดิม ซึ่งมีกลุ่มละ 60 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสอบกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบเดิมพบว่ามีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิ่งฟ้าและคณะ (2521) ศึกษาความสามารถและการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการใช้ตรรกปฏิบัติทั้ง 7 ชนิดของ Piaget กลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนในจังหวัดขอนแก่น จำนวน 66 คนเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษา 36 คน และชั้นมัธยมศึกษา 30 คน อายุเฉลี่ย 11.2 ปี และ 15.2 ปี ตามลำดับและจัดอยู่ในขั้นพัฒนาการตอนปลายรูปธรรมและตอนปลายนามธรรม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบ (RTLO) ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทำคะแนนความสามารถในการใช้ตรรกปฏิบัติและการให้เหตุผลอย่างเพียงพอในตรรกปฏิบัติ

เรื่องการจำแนกแบบพหุคูณ, การทดแทน, และการคิดแบบสัดส่วนได้ดีกว่า
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05 และ
แบบเรียนที่ใช้ศึกษาต่างชนิดไม่มีผลต่อการใช้ตรรกปฏิบัติที่ระดับ .05

กิ่งฟ้า (2521) ศึกษาความสามารถของเด็กไทยและอเมริกันในการ
จำแนกประเภท กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้ระดับอายุ 6-11 ปี จำนวน 100 คน
ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแบบทดสอบ (RTLO) ผลที่ได้รับจากการศึกษานี้สนับสนุน
ทฤษฎีของ Piaget ที่ว่าพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นไปตามลำดับขั้น เด็กไทย
และเด็กอเมริกันมีความสามารถในการจำแนกประเภทได้เท่าเทียมกัน ยกเว้น
กลุ่มอายุ 9 ปี ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อัมพรพันธุ์ (2521) ศึกษาความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติในการจำแนก
แบบเพิ่มและแบบพหุคูณของนักเรียนในเมืองใหญ่และชนบท กลุ่มตัวอย่างเป็น
นักเรียนในเมืองใหญ่และชนบทระดับอายุ 5-10 ปี ระดับอายุละ 10 คน
รวมทั้งสิ้น 120 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบที่ดัดแปลงมา
จาก Lovell ที่เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ผลการวิจัยพบว่า
นักเรียนในเมืองใหญ่มีความสามารถในการจำแนกแบบเพิ่ม เมื่อระดับ
อายุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ส่วนนักเรียนในชนบทความ
สามารถในการจำแนกแบบเพิ่มไม่มีความสัมพันธ์กับระดับอายุที่เพิ่มขึ้น ส่วน
ความสามารถในการจำแนกแบบพหุคูณเพิ่มขึ้นเมื่อระดับอายุเพิ่มขึ้นในทั้ง 2
แห่งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และ .05 และนักเรียนในเมือง
ใหญ่มีความสามารถในการจำแนกแบบเพิ่มไม่แตกต่างกันในช่วงอายุ 5-8 ปี
แต่ความสามารถในการจำแนกแบบพหุคูณของนักเรียนทั้ง 2 แห่งไม่มีความ
แตกต่างกันทุกช่วงอายุ

กิ่งฟ้าและคณะ (2522) สำนวความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติและ
ลักษณะการให้เหตุผลการนักเรียนโรงเรียนสาธิตระดับชั้นประถมศึกษา
ตอนปลายคือชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5, 6 และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปีที่
1, 2, 3 แบบทดสอบที่ใช้คือ (RTLO) ผลการวิจัยพบว่า เด็กชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 4 มีความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติต่ำกว่าทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
เด็กป.6 ได้คะแนนต่ำกว่าเด็กชั้น ม.2 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ เด็ก ป.5 ได้คะแนนต่ำกว่าเด็กชั้น ม.2 แต่ไม่แตกต่างจากเด็กในระดับ
ชั้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เด็ก ป.6 ทำคะแนนได้ไม่สูงกว่าชั้น ม.2 แต่
ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเด็กชั้นอื่นแต่สูงกว่าเด็กในระดับชั้นอื่น
สูงกว่าเด็ก ม.1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการให้เหตุผลของนักเรียนพบว่า
การให้เหตุผลแบบยึดตนเองมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น และการให้เหตุ
ผลแบบรูปธรรมมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น แต่การให้เหตุผลทั้งสองมีลักษณะ
ขึ้นลงไม่แน่นอนในเด็กทุกระดับ นักเรียน ป.5 และ ม.3 มีการให้เหตุผล
แบบรูปธรรมมาก และ ป.6 มีการให้เหตุผลแบบนามธรรมมากที่สุด

สมเกียรติ (2522) ศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการของเด็กในเมือง
และชนบทในเรื่องความคิดในขั้นปฏิบัติการขึ้นนามธรรมและมโนมิตีด้านความ
น่าจะเป็น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายถึงมัธยมศึกษา
ตอนต้น อายุ 11-16 ปี ในเขตกรุงเทพฯ จำนวน 100 คน และจังหวัด
ปทุมธานี 100 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบวัดความคิดด้านการนำมารวม
และความน่าจะเป็นผลการวิจัยพบว่าพัฒนาการทางด้านความคิดด้านการนำ
มารวมของเด็กในเมืองสูงกว่าเด็กในชนบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบ
ว่าแตกต่างในระดับอายุ 11-12 ปีและ 15-16 ปี ส่วนพัฒนาการทางด้าน
ความน่าจะเป็นของเด็กในเมืองสูงกว่าเด็กในชนบทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ในระดับอายุ 12-16 ปีไม่พบว่าแตกต่างกันในระดับอายุ 11-12 ปี และ
การพัฒนามโนมิตี ของความน่าจะเป็นสูงพอที่เด็กในเมืองจะศึกษามีระดับ
อายุ 12 ปีขึ้นไป ส่วนเด็กในชนบทอายุ 13 ปีขึ้นไป ส่วนเรื่องการจัดหมวด
หมู่ การเรียงลำดับ ทฤษฎีเบื้องต้นของความน่าจะเป็น ความน่าจะเป็นแบบ
เงื่อนไขเด็กในเมืองพอจะเรียนได้เมื่ออายุ 14 ปีขึ้นไป ส่วนเด็กในชนบทไม่
พบว่ามีพัฒนาการพอที่จะศึกษา (อายุที่ศึกษาครั้งนี้ 11-16 ปี)

ชัยสงคราม (2522) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถใน
การให้เหตุผลเชิงตรรกกับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่1 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสงขลา จำนวน 286 คน เครื่องมือที่
ใช้มี 3 ชุด คือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความ
สามารถในการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า ที่ระดับนัย

สำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนหญิงมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกและผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนชาย

จิษฎา (2522) ได้ศึกษาพัฒนาการด้านมโนคติความคิดขั้นนามธรรมในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ของเด็กในเมืองและชนบท เขตการศึกษา 3 กลุ่มตัวอย่างในเมือง 121 คน และในชนบทจำนวน 128 คน ช่วงอายุ 13-16 ปี โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติในด้าน แรงกด, ความเร็วและความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับระยะทาง, อัตราเร่ง ผลการวิจัยพบว่า เด็กในเมืองและชนบทมีคะแนนมโนคติในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในการคิดขั้นนามธรรมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อำนาจ (2523) ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ Piaget ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนหญิงและชายอย่างละ 60 คน รวม 120 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์และชุดการทดลอง 2 ชุด คือการทดลองความสมดุลของคาน เพื่อศึกษาพัฒนาการในด้านความคิดแบบสัดส่วนและการชุดการทดลองการแกว่งของลูกตุ้ม เพื่อศึกษาทางด้านความคิดในการแยกตัวแปรและการควบคุมตัวแปรผลการวิจัยพบว่าพัฒนาการเป็นไปตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา ระดับชั้นเรียนและระดับพัฒนาการทางสติปัญญาในด้านความคิดแบบสัดส่วนสัมพันธ์กับการควบคุมและการแยกตัวแปรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสัมพันธ์กับอายุด้วย

สุรินทร์ (2524) ศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการความคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ ในชั้นปฏิบัติการนามธรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยในเมืองและชนบท กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนอายุ 11-16 ปี ในระดับประถมศึกษาจนถึงมัธยมศึกษาตอนต้นในกรุงเทพและเขตชนบทในจังหวัดอ่างทอง เขตละ 75 คน รวม 150 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบทดสอบการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าพัฒนาการความคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ ของเด็กในเมืองสูงกว่าเด็กในชนบท

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเด็กอายุ 11-12 ปี แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับอายุ 12-16 ปี และความคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ในทางบวก .808

สมหมาย (2524) ศึกษาเปรียบเทียบการคิดแบบอนุรักษ์ตามทฤษฎีของ Piaget ของเด็กไทยต่างระดับอายุและสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนอายุ 7-8, 9-10 และ 11-12 ปี ที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมต่างกันซึ่งกำลังเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-5 ปี การศึกษา 2523 ของโรงเรียนสามัญราชวินิต รวม 96 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบการคิดแบบอนุรักษ์ด้านความยาวพื้นที่และปริมาตร ผลการวิจัยพบว่า ที่ระดับอายุ 11-12 ปี เด็กสามารถมีความคิดการอนุรักษ์ความยาว, พื้นที่ ส่วนในเรื่องปริมาตรนั้นมีเฉพาะเด็กที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมสูง ค่ะแนความคิดแต่ละด้านสูงกว่าเด็กที่มีสถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมต่ำกว่า

พิระศักดิ์ (2525) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขั้นสติปัญญาการเรียนรูตามทฤษฎีของ Piaget กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ม.4 ในจังหวัดราชบุรี ซึ่งเป็นนักเรียนจากโรงเรียนรัฐบาลและสหศึกษา จำนวน 348 คน ปีการศึกษา 2524 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แบบสอบวัดระดับสติปัญญาการเรียนรูที่ปรับปรุงเป็นภาษาไทยโดย ยุพา วีระไวทยะ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผลสมโดย สสวท. ผลการวิจัยพบว่าระดับพัฒนาการทางสติปัญญามีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการขั้นผลสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะระดับพัฒนาการขั้นถึงนามธรรมและขั้นนามธรรม

ปราโมทย์ (2527) ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับวัดพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นการคิดแบบนามธรรมตามทฤษฎีของ Piaget และเพื่อสำรวจขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตการศึกษา 7 จำนวน 1,152 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตการศึกษา 7 มีพัฒนาการทางการคิดขั้นรูปธรรม 56.5%

ขึ้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม 37.2% และขึ้นการคิดแบบนามธรรม 6.3%

พจมาน (2527) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือที่เป็นมาตรฐานสำหรับวัดพัฒนาการทางสติปัญญาตามแบบของ Piaget เหมือนกับของ ปราโมทย์ ในเขตการศึกษา 5 จำนวน 1,225 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตการศึกษา 5 มีพัฒนาการขึ้นการคิดรูปธรรมร้อยละ 32.1% ขึ้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม 60.9% และขึ้นการคิดแบบนามธรรม 7.0%

วิจิตร (2528) ศึกษาเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาตามแบบของ Piaget ต่างกัน ตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2527 จำนวน 375 คน จากโรงเรียนในกรุงเทพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดระดับสติปัญญาตามแบบของ Piaget ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาขึ้นการคิดแบบนามธรรมมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่อยู่ในขึ้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและรูปธรรม

ภุมรินทร์ (2529) ศึกษาความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติและการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และมัธยมศึกษาปีที่ 4 เขตการศึกษา 11 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,324 คน เป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 684 คน แบ่งเป็นเขตอำเภอเมือง 280 คน และเขตนอกเมือง 404 คน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 640 คน แบ่งเป็นเขตอำเภอเมือง 231 คน และเขตนอกเมือง 409 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติและการให้เหตุผลของ Raven (RTLO) ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสามารถในการใช้ตรรกปฏิบัติทุกชนิดและตรรกปฏิบัติรวม ได้ดีกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เขตอำเภอเมืองมีความสามารถในการใช้ตรรกปฏิบัติการจัดแบ่งกลุ่มแบบพหุคูณ การทดแทน การหาความสัมพันธ์ของเหตุผลและตรรกปฏิบัติรวม ดีกว่านักเรียนนอกเขตอำเภอเมืองอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีความสามารถในการจัดจำแนกประเภท การเรียงลำดับ อัตราส่วนและความน่าจะเป็นไม่แตกต่างกัน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เขตอำเภอเมืองมีความสามารถในการเรียงลำดับ, การจัดกลุ่มแบบพหุคูณ การหาความสัมพันธ์ของเหตุผลและ ตรรกปฏิบัติ ได้ดีกว่านักเรียนนอกเขตอำเภอเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 แต่มีความสามารถในการจัดจำแนกประเภท การทดแทน อัตราส่วนและความน่าจะเป็นไม่แตกต่างกัน

4. อายุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความสัมพันธ์กับแบบของการให้เหตุผลในการใช้ตรรกปฏิบัติทุกชนิดและ ตรรกปฏิบัติรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. เขตที่ตั้งโรงเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความสัมพันธ์กับแบบของการให้เหตุผลของนักเรียนในการเรียงลำดับ การจัดกลุ่ม แบบพหุคูณ อัตราส่วน ความน่าจะเป็นการหาความสัมพันธ์ของเหตุผลและ ตรรกปฏิบัติรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนความสามารถในการจัดจำแนกประเภทและการทดแทน ไม่มีความสัมพันธ์กับเขตที่ตั้งของ โรงเรียน

6. เขตที่ตั้งของโรงเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความสัมพันธ์กับแบบของการให้เหตุผลในการเรียงลำดับ การจัดแบ่งพหุคูณ การ ทดแทน อัตราส่วน ความน่าจะเป็นและตรรกปฏิบัติรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสามารถในการจัดจำแนกประเภทและการหาความสัมพันธ์ของเหตุผล ไม่มีความสัมพันธ์กับเขตที่ตั้งของโรงเรียน

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับระดับสติปัญญาตามแบบของ Piaget ที่กล่าว มาทั้งหมดพอสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาส่วนมากมีระดับสติปัญญาในขั้นการคิด แบบรูปธรรมและสามารถจะพัฒนาไปสู่ความคิดแบบนามธรรมได้

2. ระดับสติปัญญามีความสัมพันธ์กับ อายุ ระดับชั้น คณะนวิชาวิทยาศาสตร์ รูปแบบการคิด การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ และสถานภาพทางเศรษฐกิจ

3. ระดับสติปัญญาของเด็กจะเพิ่มขึ้นตามอายุ เด็กไทยมีพัฒนาการทางสติปัญญาช้ากว่าเด็กทางยุโรป และส่วนใหญ่เด็กในเมืองมีพัฒนาการทางสติปัญญาเร็วกว่าเด็กในชนบท

4. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาในขั้นสูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับทางสติปัญญาดำกว่า

5. แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติและการให้เหตุผล (RTLO) และ Raven content comprehension test (RCCT) มีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาและแบบทดสอบวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากสรุปผลการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าความสามารถเชิงตรรกปฏิบัติมีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญาของนักเรียน ซึ่งพบว่านักเรียนในระดับมัธยมส่วนใหญ่มีพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นปฏิบัติการรูปธรรม นักเรียนจึงมีความสามารถในการใช้ตรรกปฏิบัติในการแก้ปัญหาได้เพียงบางตรรกเท่านั้น ดังนั้นจึงควรพัฒนาระดับสติปัญญาของนักเรียนให้สูงขึ้น โดยจัดกิจกรรมและจัดสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก ซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ วิธีหนึ่งที่จะให้ทราบว่านักเรียนมีระดับสติปัญญาในขั้นใด โดยการทำแบบทดสอบ RTLO เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาสติปัญญาของเด็กให้สูงขึ้นต่อไป