บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาการหรือการเจริญเติบโตทางความคิดของเด็ก เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อยเป็นค่อยไป เช่น เดียวกับการพัฒนาการทางร่างกายที่ค่อย ๆ เจริญเติบโต โดยพัฒนามาจากวัยทารกถึงวัยรุ่น การใช้ความคิดและเหตุผลของเด็กจะพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับขั้น ทฤษฎีพัฒนาการทางความคิดของพีอาเจท์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) เป็นทฤษฎีที่จะช่วยให้เข้าใจพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็ก ซึ่งแตกต่างจากความคิดของผู้ใหญ่ มีหลักใหญ่ ๆ ที่สำคัญคือ

1. โครงสร้างของพัฒนาการทางสติปัญญา
2. ขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญา
3. องค์ประกอบของพัฒนาการทางสติปัญญา

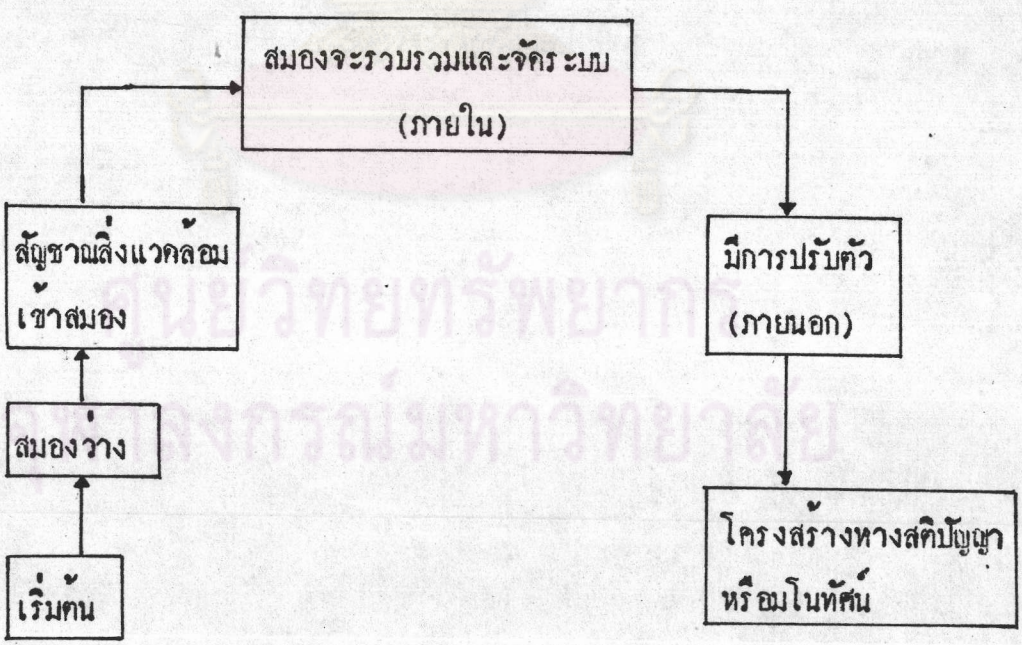
1. <u>โครงสร้างของพัฒนาการทางสติปัญญา</u> พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลเกิดขึ้นจากผลของการปะทะ (Interaction) ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อม เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (adaptation) เพื่อจะให้ถึงขั้นสมดุลย์กับสิ่งแวดล้อม การปะทะและการปรับปรุงประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการคือ (สุรางค์ โค้วตระกูล 2513 : 7–27)

1.1 การดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ได้ดูดซึมภาพต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมด้วยประสบการณ์ของตนเอง และขึ้นกับความสามารถของอินทรีย์ที่จะรับรู้ได้มากเพียงไร

1.2 การปรับความแตกต่างเพื่อให้เข้ากับความเข้าใจและความรู้เดิม (Accomodation) เป็นกระบวนการควบคู่กับกระบวนการดูดซึม (Assimilation)แต่ตรงกันข้ามกันทั้งนี้เพราะสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลที่จะช่วยให้เด็กปรุงแต่งสิ่งที่พีอาเจท์ เรียกว่า Scheme ให้มีความคิดและความเข้าใจตรงกับความเป็นจริง ๆ รอบ ๆ ตัวเอง

ฟลาเวลล์ (Flavell อ้างจาก Janet 1976 : 106) กล่าวถึง กระบวนการดูดซึม และการปรับความแตกต่างเพื่อให้เข้ากับความเข้าใจและความรู้เดิมว่า การเพิ่มพูนทางสติปัญญาเป็นการดูดซึมความคิดใหม่เข้ากับความคิดและความรู้เก่า และปรับความแตกต่างความรู้และประสบการณ์เก่าให้เข้ากับความรู้และประสบการณ์ใหม่ ดังนั้น ความฉลาดรอบรู้ของมนุษย์จึงมีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุ แต่กระบวนการปรับตัวของมนุษย์ยังคงดำเนินไปด้วยกระบวนการเดิม

การพัฒนาการทางสติปัญญา มีระบบการทำงานดังแผนภาพต่อไปนี้ (รัชรี คบคงสันติ 2522 : 13)



2. ขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญา พีอาเจท์เชื่อว่า บุคคลจะมีพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นขั้นตอนที่แน่นอน และเป็นไปตามลำดับไม่สามารถข้ามขั้นได้ ทั้งนี้พัฒนาการในแต่ละขั้นจะเป็นรากฐานของพัฒนาการขั้นต่อไป ซึ่งงานวิจัยต่าง ๆ สนับสนุนลำดับขั้นของพัฒนาการ และยังพบว่าทฤษฎีของพีอาเจท์เป็นทฤษฎีที่สามารถอธิบายพัฒนาการสติปัญญาของเด็กกลุ่มเชื้อชาติและวัฒนธรรมต่าง ๆ กันได้ พีอาเจท์ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้ (Henry 1969 : 102-154)

ขั้นที่ 1 ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensory-motor Stage) จะอยู่ในช่วงอายุ 0-2 ปี เป็นขั้นของการพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดก่อนระยะเวลาที่เด็กจะพูด และใช้ภาษาและสัญญลักษณ์เด็กจะเรียนรู้ประสบการณ์ต่าง ๆ โดยการใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ เป็นการประสานกลไกของการสัมผัส การรับรู้ และการเคลื่อนไหวของร่างกาย พีอาเจท์เชื่อว่า เด็กเกิดมาพร้อมกับมีปฏิกิริยาสะท้อน (reflex) จำนวนหนึ่ง เช่น เด็กจะตอบสนองต่อแสงไฟ เสียง การจับฉวยวัตถุต่าง ๆ ที่จะอยู่ในมือของเด็ก การดูด การออกเสียง การเคลื่อนไหว เด็กจะเรียนรู้โดยการผ่านการกระทำ ซึ่งกระทำซ้ำแล้วซ้ำอีก อันเป็นการกระทำของขบวนการดูดซึม และกระบวนการจัดทำให้เหมาะสม เกิดเป็นพัฒนาการความคิดทางสติปัญญาขึ้นมา

ขั้นที่ 2 ขั้นความคิดเกิดก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) จะเกิดขึ้นเมื่อ เด็กอายุประมาณ 2-7 ปี เป็นขั้นที่เด็กเริ่มใช้ภาษาและสัญลักษณ์แทนสิ่งต่าง ๆ สามารถวาดภาพความคิดในใจได้ (Mental representation) แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นปฏิบัติการได้ เช่น ไม่สามารถจัดลำดับ (Seriation) และไม่เข้าใจเรื่องการอนุรักษ์ (Conservation) และเด็กในวัยนี้ ยังไม่สามารถคิดให้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์ (logical thinking) เพราะมีอุปสรรคมายับยั้งพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ คือ

1. คิดหาคำตอบหรือเหตุผลได้ต่อเมื่อวัตถุซึ่งเป็นปัญหาปรากฏอยู่ (Concretness)

2. การคิดแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Ego-Centrism) เด็กมีความเชื่อว่าทุกคนต้องคิดเหมือนตน. ความคิดของตนเองถูกเสมอ ซึ่งลักษณะการคิดแบบนี้ไปขัดขวางไม่ให้เกิดกระบวนการดูดซึม และกระบวนการจัดทำให้เหมาะสม ทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาต้องหยุดชั่วคราว

3. เป็นการคิดแบบเพ่งที่จุดใดจุดเดียว (Centering) คือมีการรับรู้เพียงด้านเดียวก็รีบตัดสิน มากกว่าการใช้สมองคิด

4. ความไม่สามารถจำกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูป (Transformation) ได้ จำได้แต่เพียงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเท่านั้น

5. ไม่สามารถคิดในแบบทวนกลับได้ (Irreversibility) คือไม่สามารถให้เหตุผลย้อนกลับตามแนวเดิมได้

ขั้นที่ 3 ขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete-Operational Stage) จะอยู่ในราวอายุ 7–11 ปี เป็นขั้นที่เด็กมีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดก้าวหน้ามาก เช่น สามารถที่จะเข้าใจความคงตัวของวัตถุสิ่งของ คือมีมโนทัศน์เกี่ยวกับการอนุรักษ์เกิดขึ้น สามารถคิดทางตรรกศาสตร์ได้ แต่ลักษณะของปัญหาจะต้องอยู่เฉพาะหน้าจับต้องได้ หรือเป็นรูปธรรมไม่ใช่นามธรรม เด็กในขั้นนี้มีพัฒนาการทางสติปัญญาที่สำคัญเกิดขึ้นคือ

1. การคิดกระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration) เอาตัวเองออกจากศูนย์กลาง

2. การไม่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Non-egocentric) ไม่เชื่อความคิดของตนเองหมด

3. สามารถคิดติดตามขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงรูปได้ (Transformation)

4. สามารถคิดแบบทวนกลับได้ (Reversibility) เป็นปฏิบัติการทางสมองในการคิดย้อนกลับไปสู่จุดเริ่มต้นและกลับมาสู่จุดสุดท้ายได้

ขั้นที่ 4 ขั้นคิดปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Formal-Operational Stage) ขั้นนี้จะอยู่ในอายุ 11–15 ปี เป็นขั้นสุดท้ายตามทฤษฎีของพีอาเจท์ ในขั้นนี้เด็กจะสามารถเข้าใจในเรื่องนามธรรม โลกสมมุติมีลักษณะความคิดเป็นแบบเดียวกับความคิดของผู้ใหญ่ มีความสามารถคิดแก้ปัญหาได้ โดยไม่ต้องมีวัตถุที่เป็นปัญหาปรากฏอยู่ เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ทุกแบบและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์ ลักษณะการให้เหตุผลมีระบบและกระบวนการที่ซับซ้อน ความคิดไม่จำกัดอยู่กับสิ่งที่เป็นรูปธรรม หรือประสบการณ์ตรงเท่านั้น แต่จะเกิดจากสิ่งเร้าภายในมากกว่าภายนอก

3. <u>องค์ประกอบแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา</u> พีอาเจท์กล่าวว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการคือ (Sund 1976 : 6-9)

3.1 วุฒิภาวะ (Maturation) คือการทำงานของระบบประสาทได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เหมาะสมกับระดับอายุต่าง ๆ เป็นสภาพของการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย โดยมียีนส์เป็นตัวกำหนด เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล

3.2 ประสบการณ์ (Experience) คือผลจากการกระทำ หรือการเรียนรู้ของแต่ละคนกับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ทารกที่เจริญเติบโตจะมีการเคลื่อนไหวและสำรวจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว นั่นคือเขาได้เผชิญกับสิ่งเร้าโดยการจับต้องด้วยวิธีนี้ทารกจะได้รับประสบการณ์ทางกายภาพ (Physical experience) และเริ่มเรียนรู้ที่จะมีปะทะสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้เด็กพัฒนาการใช้ความคิดในเวลาต่อมา พีอาเจท์กล่าวว่า ไม่มีการเรียนรู้ใดจะเกิดขึ้นโดยปราศจากประสบการณ์

3.3 การถ่ายทอดทางวัฒนธรรม (Social Transmission) เป็นการปะทะสัมพันธ์กับสังคม ทำให้เด็กพัฒนาวิธีการรับรู้และแก้ปัญหาได้ เช่น การอบรมเลี้ยงดู การให้การศึกษาแก่เด็ก เป็นการทำให้มีการแลกเปลี่ยนทางความคิด และการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้เกิดการพัฒนาการทางความคิดขึ้น

3.4 ความสมดุลย์ (Equilibration) เป็นสภาวะของการขัดแย้ง (Conflict) หรือเสนอปัญหา ซึ่งจะเป็นสิ่งเร้าให้เด็กคิด เมื่อเด็กเกิดความขัดแย้งหรือมีปัญหาเกิดขึ้น กระบวนการทางสติปัญญาของเด็กจะเริ่มทำงานโดยการปรับเข้าโครงสร้างหรือปรับขยายโครงสร้างจัดทำให้เหมาะสม อันจะนำไปสู่ความสมดุลย์ กินสเบอร์ก และออปเปอร์ (Ginsberg and Opper 1969 : 13) จึงกล่าวสรุปแนวความคิดของพีอาเจท์ไว้ว่า "สติปัญญาของคนเราเกิดจากการที่อินทรีย์ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมและจัดกระทำกับสภาพแวดล้อมนั้น"

<u>หลักการอนุรักษ์จำนวน</u>

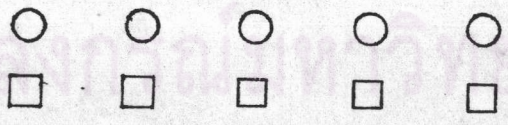
พีอาเจท์ (อ้างจาก รัชรี คบคงสันติ 2522 : 8-11) อธิบายมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวน (Concept of Number) ว่าเป็นศักยภาพของเด็กในการรู้และเข้าใจ

เกี่ยวกับจำนวน เด็กไม่ได้รับมโนทัศน์ทางจำนวนจากการเรียนการสอนเท่านั้น แต่เด็กจะพัฒนาด้วยตัวของเขาเองอย่างอิสระและเป็นไปตามธรรมชาติ แม้ว่าเด็กจะจำชื่อจำนวนได้ แต่เด็กอาจจะยังไม่มีความคิดเกี่ยวกับจำนวนก็ได้

ตามความคิดของพีอาเจท์ (Ginsburg and Opper 1979 : 138-149) การมีมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนไม่ใช่การที่เด็กสามารถบวกลบจำนวนทางคณิตศาสตร์ได้ แต่จะต้องเป็นความเข้าใจอันเกิดจากพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการคือ ความเข้าใจเกี่ยวกับความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Correspondence) และการอนุรักษ์จำนวน (Concept of Number Conservation) จึงจะเป็นการมีมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนอย่างแท้จริง

ความเข้าใจเกี่ยวกับความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่งเป็นความสามารถที่จะจัดคู่ให้สิ่งของต่าง ๆ มีจำนวนเท่ากัน โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยวิธีการนับเลย เป็นความเท่าเทียมกันของสิ่งของต่าง ๆ อย่างเป็นคู่ ๆ กัน ถ้ามีความเท่าเทียมกันแล้วสิ่งของทั้งสองจะต้องมีจำนวนเท่ากันเสมอ แต่ถ้าไม่มีความเท่าเทียมกันหรือสมนัยหนึ่งต่อหนึ่งแล้ว สิ่งของหนึ่งจะต้องมีจำนวนมากกว่าอีกสิ่งหนึ่ง

การอนุรักษ์จำนวน หมายถึง ความสามารถที่มากกว่าความสามารถในการนับได้ เด็กอาจจะมีความสามารถในการนับหน่วยของสิ่งของต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีความเข้าใจถึงความคิดเกี่ยวกับจำนวนอย่างลึกซึ้งว่า จำนวนสิ่งของนั้นจะต้องคงที่แม้จะมีการเคลื่อนย้ายหรือการจัดเปลี่ยนแปลงรูปใหม่ เช่น



สองแถวมีจำนวนเท่ากัน เพราะมีความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่งต่อกัน หรืออาจจะนับได้จำนวนเท่ากันก็ได้

แต่ถ้าทำการเปลี่ยนรูปเป็น ○ ○ ○ ○ ○ จำนวนก็ยังเท่ากันอยู่
□ □ □ □ □
แสดงว่ามีการอนุรักษ์จำนวนเกิดขึ้นแล้ว

การเกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนจะเกิดขึ้นเป็นขั้น ๆ ต่อเนื่องกัน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้นคือ

ขั้นที่ 1 ไม่มีการอนุรักษ์จำนวนและความเข้าใจเกี่ยวกับความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่ง จะตัดสินจำนวนโดยโยงความสัมพันธ์กับการวางสิ่งของเกี่ยวพันกับความยาว (length) หรือความทึบแน่นอย่างใดอย่างหนึ่ง ไม่สามารถเอาความยาวหรือความทึบแน่นมาสัมพันธ์กันได้ จึงไม่เกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวน เช่น เด็กในขั้นนี้จะบอกว่าแถวที่ยาวจะมีจำนวนมากกว่าแถวที่สั้น แต่ถ้าสองแถวมีจำนวนไม่เท่ากันแต่ยาวเท่ากัน เด็กจะบอกว่ามีจำนวนเท่ากัน

ขั้นที่ 2 ไม่มีการอนุรักษ์จำนวนแต่มีความเข้าใจเกี่ยวกับความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่งได้ เด็กสามารถที่จะสร้างจำนวน 2 จำนวนให้เท่ากันได้โดยการจับคู่ให้เท่าเทียมกัน แต่เมื่อมีการเปลี่ยนรูปการรับรู้เกี่ยวกับจำนวนก็จะผิดไปได้ การตัดสินจำนวนยังโยงความสัมพันธ์ต่อความยาวและความทึบแน่นและตัดสินใจโดยติดอยู่กับการรับรู้ (Perception Property) เช่น แถวที่ยาวจะมีจำนวนมากกว่าแถวที่สั้น

ขั้นที่ 3 มีการอนุรักษ์จำนวนและความเข้าใจเกี่ยวกับความสมนัยหนึ่งต่อหนึ่ง เป็นขั้นที่เด็กเกิดมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนอย่างแท้จริง และเข้าใจจำนวนได้ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนรูปอย่างไร ซึ่งการตัดสินจำนวนจะโยงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและความทึบแน่นได้อย่างมีเหตุผล เช่น ถ้าความยาวและความทึบแน่นของแต่ละแถวเท่ากันแล้ว แถวทั้งสองจะมีจำนวนเท่ากัน หรือถ้าแต่ละแถวมีความยาวไม่เท่ากัน แต่มีความทึบแน่นเท่ากันแล้ว แถวที่ยาวจะมีจำนวนมากกว่า การตัดสินจำนวน เด็กอาจจะใช้วิธีการนับ (Counting) เป็นเครื่องมือในการตัดสินจำนวนก็ได้ แต่การนับได้ ไม่ได้หมายความว่า เด็กจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจริง ๆ ก็ได้

ความสามารถในการตัดสินจำนวนของเด็ก ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน 2 จำนวน ที่พีอาเจท์เรียกว่า การอนุรักษ์จำนวน หรือความเท่าเทียมกันนั้น พีอาเจท์ได้

แบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ขั้นคือ (Piaget 1952 อ้างจาก Pufall and Shaw 1972 : 62-63)

ขั้นที่ 1 การตัดสินโดยอาศัยความคล้ายกัน (global similarity) ระหว่างแถว 2 แถว ใช้ความยาว (length) หรือความทึบแน่น (density) เป็นตัวช่วย ถ้าความยาวเท่ากัน แต่ความทึบแน่นต่างกันจำนวนจะเท่ากัน ถ้าแถว 2 แถวยาวไม่เท่ากัน แถวที่ยาวจะมีจำนวนมากกว่า เป็นขั้นที่เด็กยังไม่สามารถตัดสินจำนวนหรือความเท่าเทียมกันได้

ขั้นที่ 2 มีการตัดสินได้บ้างผิดบ้าง (intuitive) ยังติดอยู่กับการรับรู้ที่มองเห็นอยู่

ขั้นที่ 3 สามารถตัดสินจำนวนได้ถูกต้อง (Conservation) ไม่ติดอยู่กับการรับรู้ แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนรูปแบบของความยาว และความทึบแน่นต่าง ๆ กัน

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ความยาว และความทึบแน่น จะแสดงได้จากรูปต่อไปนี้

แบบที่ 1

o o o o o o o
o o o o o o o

กฎ 1 ความยาว และความทึบแน่นเท่ากัน ดังนั้น จำนวนเท่ากัน

แบบที่ 2

o o o o o
o o o o o o o

กฎ 2 ความยาว และความทึบแน่นไม่เท่ากัน จำนวนไม่เท่ากัน

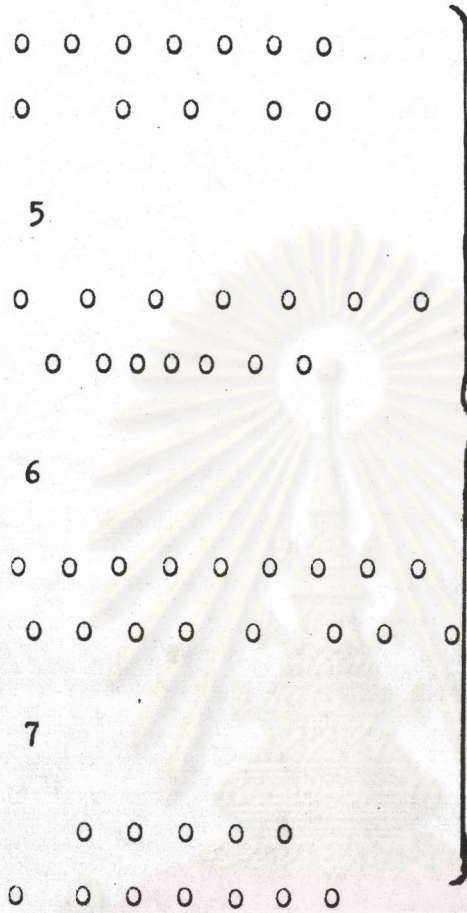
แบบที่ 3

o o o o o o o
o o o o o o o o o

กฎ 3 ความยาวไท่ากัน ความทึบแน่นไม่เท่ากัน ดังนั้น จำนวนไม่เท่ากัน

008821

แบบที่ 4



แบบที่ 5

แบบที่ 6

แบบที่ 7

ภาพ 4 ความยาวและความทึบแน่นไม่มีความความสัมพันธ์กัน จำนวนอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากัน

ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนจะต้องมีการพัฒนาการอย่างเป็นขั้นตอน โดยเป็นอิสระและเป็นไปตามธรรมชาติ และเป็นพื้นฐานในการพัฒนาไปสู่ความมีเหตุผลทางจำนวน (Numerical reasoning) ซึ่งพีอาเจท์จัดเป็นโครงสร้างหนึ่งของสติปัญญา ในเรื่องจำนวนเด็กยังอาศัยเครื่องชี้ เช่น ความยาว (length) ความทึบแน่น (Density) เป็นเครื่องช่วยในการตัดสิน เช่น งานวิจัยของพัฟฟอล ชอว์ และ ลาสกี (Pufall, Shaw and Lasky 1973 : 21-27) งานวิจัยของ บารอน ลอสัน และ ซีเกล (Baron, Lawson and Siegel 1974 : 731-736) พบว่า เด็กก่อนวัยเรียนมีการอนุรักษ์จำนวนโดยอาศัยเครื่องชี้แนะ เช่น ความยาว ความทึบแน่น เป็นเครื่องช่วยในการตัดสินจำนวน

จากทฤษฎีของพีอาเจท์ จะเห็นได้ว่า พัฒนาการทางความคิดของเด็กจะมีการพัฒนาเป็นลำดับขั้น ไม่สับสนกัน เป็นต้นว่า ขั้นแรกต้องมาก่อนขั้นที่ 2 และขั้นที่ 2 ต้องมาก่อนขั้นที่ 3 การบรรลุถึงขั้นพัฒนาขั้นหนึ่งจะเป็นรากฐานสำหรับพัฒนาการขั้นต่อไป กล่าวได้ว่าการเจริญทางความคิดเป็นสิ่งต่อเนื่องกัน การศึกษาพัฒนาการตามแนวความคิดของพีอาเจท์จะช่วยให้มองเห็นการพัฒนาการความคิดของเด็กเป็นไปตามลำดับขั้นได้อย่างดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตามทฤษฎีของพีอาเจท์ การอนุรักษ์จำนวนเป็นมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นได้ง่าย และเกิดก่อนมโนทัศน์อื่น ๆ เด็กระดับอายุ 5–6 ปี ซึ่งพัฒนาการทางการคิดยังอยู่ในขั้นพัฒนาการความคิดก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage 2–7 ปี) ก็สามารถเข้าใจเรื่องนี้แล้ว ทั้งที่การพัฒนาความคิดตามทฤษฎีของพีอาเจท์ กล่าวว่า การอนุรักษ์จะเกิดขึ้นอย่างแท้จริงในขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete-Operational Stage 7–11 ปี) ส่วนในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการจะไม่มีการอนุรักษ์เกิดขึ้น ก็เพราะเหตุว่า เด็กในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการมีอุปสรรคมายับยั้งพัฒนาการทางสติปัญญาคือ การคิดแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Ego-Centrism) การคิดแบบเพ่งที่จุดใดจุดเดียว (Centering) ความไม่สามารถจำกระบวนการเปลี่ยนรูป (Transformation) และการไม่สามารถคิดในแบบทวนกลับได้ (Irreversibility) (Sigel and Cacking, 1977 : 47 - 62) จึงได้มีงานวิจัยทำการสำรวจการอนุรักษ์จำนวนในเด็กวัยก่อนเรียนกันอย่างมาก เช่น

ดอดเวล (Dodwell 1960 : 191–205) ได้ศึกษาพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนของนักเรียนชาวแคนาดา โดยใช้วิธีการทดลองของพีอาเจท์ 5 การทดลอง รวมคำถามที่ใช้ทั้งหมด 54 คำถาม คำถามสามารถยืดหยุ่นได้เล็กน้อยคือ อาจจะมีคำถามเสริมได้เมื่อคำตอบของเด็กไม่ชัดเจนพอ ผลการศึกษาปรากฏว่า ไม่สามารถสรุปเป็นเกณฑ์ที่แน่นอนว่าเด็กชาวแคนาดาเริ่มมีมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนในระดับอายุใด เช่น เด็กอายุ 6 ปี ประมาณร้อยละ 80 มีพัฒนาการอยู่ในขั้นที่ 3 ของการทดลองเกี่ยวกับการจับคู่หนึ่งต่อหนึ่ง แต่มีเด็กเพียงร้อยละ 60 เท่านั้น ที่มีพัฒนาการในขั้นที่ 3 ของการทดลองเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนและสามารถแยกเด็กออกเป็น 3 ระดับเช่นเดียวกับที่พีอาเจท์ได้ทดลองและสรุปไว้

ฮูด (Hood 1962 : 273-276) ได้พยายามศึกษาการอนุรักษ์จำนวนตามวิธีการของพีอาเจท์ได้ผลการค้นคว้าว่า เด็กชาวอังกฤษเริ่มมีมโนทัศน์ทางจำนวนเมื่ออายุ 6-7 ปี เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี จะไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนเลย เด็กอายุ 7 ปี ส่วนมากจะใช้วิธีนับในการตอบคำถาม และสามารถตอบได้ถูกต้อง เด็กส่วนมากจะเริ่มมีมโนทัศน์ทางจำนวนเมื่ออายุสมอง 7 ปี 1 เดือน

ซีเกล (Siegel1969 : 175) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ถ้อยคำบางคำกับปัญหาการอนุรักษ์จำนวน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาคือ เด็กระดับอายุ 2-6 ปี จำนวน 66 คน ปรากฏผลว่า เด็กจะเข้าใจความหมายของคำที่ใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณ เช่น มากกว่า-น้อยกว่า และเท่ากัน ต่อเมื่ออายุประมาณ 4 ปี 7 เดือน และเด็กจะเข้าใจปัญหาการอนุรักษ์จำนวน เมื่ออายุประมาณ 5 ปี

ไวเนอร์ (Winer 1974 : 839-842) ทำการศึกษาปัญหาการอนุรักษ์จำนวนเป็นสองระดับ คือ การอนุรักษ์จำนวนที่ใช้ปริมาณน้อย ๆ (จำนวนสมาชิกเท่ากับ 2 หรือ 3) กับการอนุรักษ์จำนวนที่ใช้ปริมาณมาก (จำนวนสมาชิกเท่ากับ 5 หรือ 6) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กระดับอายุ 4.0 ถึง 4 ปี 11 เดือน ที่อยู่ในสถานรับเลี้ยงและดูแลเด็ก (day-care centers)โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งถูกทดสอบด้วยจำนวนน้อย ๆ โดยใช้เบี้ยเพียง 2-3 อัน อีกกลุ่มหนึ่งถูกทดสอบด้วยจำนวนมาก ๆ โดยใช้เบี้ยจำนวน 5-6 อัน ใช้วิธีการทดสอบตามแนวการอนุรักษ์จำนวนของพีอาเจท์ โดยให้เด็กเปรียบเทียบปริมาณของเบี้ยที่เรียงเป็น 2 แถวขนานกันและเท่ากัน แล้วทำการเปลี่ยนแปลงโดยการขยาย แถวหนึ่งให้แยกห่างจากกันครั้งหนึ่ง แล้วรวบให้แถวนั้นชิดกันอีกครั้งหนึ่ง ให้เด็กตอบคำถามที่ผู้ทดลองถามว่า "แถวไหนมีจำนวนมากกว่ากัน" หรือถามว่า "สองแถวมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" จากการศึกษาครั้งนี้ ไวเนอร์ สรุปผลการทดลองได้ว่า ถ้าเป็นปัญหาการอนุรักษ์จำนวนที่ใช้ปริมาณน้อย ๆ เด็กที่ระดับอายุ 4-5 ปี ก็สามารถจะเข้าใจได้ และเป็นการเริ่มมีการพัฒนาการอนุรักษ์จำนวนที่ใหญ่ขึ้น ตลอดจนความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับการกระทำต่อจำนวน เช่น การเพิ่ม การลดจำนวน ในจำนวนน้อย ๆ เด็กเล็ก ๆ สามารถจะเข้าใจได้ดีกว่าจำนวนมาก ๆ ซึ่งมักจะถูกรบกวนหรือผู้ทดลองติดอยู่กับการรับรู้ โดยอาศัยเครื่องชี้แนะซึ่งเป็นสิ่งช่วยให้เด็กมีพัฒนาการต่อการกระทำต่อจำนวนมากได้

งานวิจัยการอนุรักษ์จำนวนของกลุ่มเด็กระดับอายุต่าง ๆ ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมต่าง ๆ

ตามทฤษฎีของพีอาเจท์ ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาความคิดทางสติปัญญาของเด็กนั้น มีวุฒิภาวะ ประสบการณ์ การถ่ายทอดทางวัฒนธรรมและความสมดุลย์ ทฤษฎีเกี่ยวกับพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนของพีอาเจท์ ได้สรุปมาจากการทดลองหรือสัมภาษณ์เด็กเป็นรายบุคคล จึงเป็นที่สงสัยว่าพัฒนาการของเด็กที่พีอาเจท์อธิบายไว้นั้น เป็นพฤติกรรมที่เป็นสากล มีแบบแผนแน่นอน หรือเป็นการพบโดยบังเอิญเท่านั้น จึงมีนักวิจัยจำนวนมากได้พยายามศึกษาเพื่อทดสอบทฤษฎีและวิธีการศึกษาของพีอาเจท์ และได้ศึกษากับเด็กในสังคมและวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างออกไปทั้งในยุโรป อเมริกา อาฟริกา และเอเชีย

เอสเทส์ (Estes 1956 : 219–232) ศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 52 คน เป็นเด็กอายุ 4 ปี 14 คน 5 ปี 20 คน 6 ปี 18 คน แบ่งเด็กออกตามกลุ่มเศรษฐกิจของบิดามารดา แบ่งเด็ก 31 คน อยู่ในกลุ่มเศรษฐกิจปานกลาง และ 21 คน อยู่ในกลุ่มเศรษฐกิจต่ำ ด้วยวิธีการของพีอาเจท์โดยให้งานต่าง ๆ กันคือ

1. ให้เด็กนับลูกสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ 10 ลูก ที่วางในลักษณะเรียงเป็นเส้นตรง วางกอง ๆ ทับกันอยู่ วางในรูปสี่เหลี่ยมชนมเปียกปูน

2. ผู้ทดลองเอาเบี้ยสีขาว 8 อัน มาวางไว้บนโต๊ะ แล้วให้เด็กเอาเบี้ยสีแดงออกมาจากกล่องให้เท่ากับจำนวนเบี้ยสีขาว วางในลักษณะใกล้กัน ห่างกัน 2 นิ้ว เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

3. งานเกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่อง ช่องว่าง (spatial) ของพีอาเจท์

ผลการทดลองพบว่า เด็กทุกระดับอายุมีความสามารถในการนับได้เหมือนกัน ไม่ว่าสิ่งของจะวางอยู่ในลักษณะใด และเด็กมีการมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวนในทุกระดับอายุ ฐานะทางเศรษฐกิจไม่มีผลต่อความสามารถในการเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน

อิทุค (Etuk 1967 : 1295– A) ได้ทดสอบเพื่อวัดพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนของเด็กชาวไนจีเรีย ที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงและครอบครัว

ที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ โดยยึดระดับการศึกษาและรายได้ของบิดามารดาเป็นเกณฑ์ พบว่า เด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูง จะมีพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนดีกว่าเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ ดอดเวล (Dodwell 1961 : 29–36) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ในคานาดา ผลการศึกษาค้นคว้าพบว่า เด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูง ได้คะแนนจากการทดสอบเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางจำนวนมากกว่า เด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ แม้ว่าคะแนนของเด็กทั้งสองกลุ่มนี้แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ดอดเวลก็ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่า สิ่งแวดล้อมภายในครอบครัวของเด็กอาจจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวน

ผลการทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิง ทั้งอิทุคและดอดเวลได้สรุปผลตรงกันว่า คะแนนเกี่ยวกับพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนของเพศชายและเพศหญิงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ลอยด์ (Lloyd 1971 : 415–428) ได้ศึกษาถึงผลของประสบการณ์ และระดับอายุที่มีต่อการอนุรักษ์จำนวน และปริมาตร กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาของเขาคือ เด็กระดับอายุ 3.5–8 ปี จากสถาบันสุขภาพในเมือง ไยรูบา (Yaruba) ในประเทศไนจีเรีย เขาแบ่งเด็กออกเป็น 5 ระดับ อายุคือ 3.5–4 ปี 4.5–5 ปี 5.5–6 ปี 6.5–7 ปี 7.5–8 ปี เด็กส่วนมากมาจากครอบครัวที่บิดามารดามีระดับการศึกษาอย่างต่ำมัธยมศึกษา ในขั้นแรกลอยด์ทดสอบระดับสติปัญญาของเด็กด้วยแบบทดสอบทางสติปัญญาของ สแตนฟอร์ด–บิเนต์ ฟอร์ม แอลเอ็ม (Stanford - Binet Intelligence Scale form L–M) ขั้นต่อไปทดสอบความสามารถเกี่ยวกับการอนุรักษ์ด้วยการให้งานทดลอง 3 อย่าง

1. ทำให้เด็กเข้าใจความสมนัยแบบ 1 : 1 (One to One Correspondence) ของแท่งลูกบาศก์ สีน้ำเงิน สีแดง จำนวน 11 คู่เสียก่อน แล้วจึงกระจายแถวลูกบาศก์แถวใดแถวหนึ่งออกให้เด็กตอบคำถาม "ในสองแถวมีจำนวนลูกบาศก์เท่ากันหรือไม่"

2. ให้เด็กนับจำนวนในแต่ละแถวว่ามี แท่งลูกบาศก์แถวละ 11 แท่งเท่ากัน แล้วจึงรวมแถวหนึ่งเข้าด้วยกัน ให้เด็กตอบคำถาม "ในสองแถวมีจำนวนลูกบาศก์เท่ากันหรือไม่"

3. ทำการทดสอบเด็กเกี่ยวกับการอนุรักษ์ของเหลว

ผลการศึกษาพบว่า เด็กที่มีระดับสติปัญญาสูงจะเข้าใจปัญหาการอนุรักษ์ได้ดีกว่าเด็กที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงจะมีการอนุรักษ์จำนวนได้ดีกว่าเด็กจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ และเมื่อพิจารณาดูระดับอายุที่สามารถเข้าใจปัญหาการอนุรักษ์จำนวนพบว่า เด็กกลุ่มนี้จะเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนที่ระดับอายุเท่า ๆ กับเด็กในอเมริกาและอัฟริกากลุ่มอื่น ๆ คือที่ระดับอายุ 5.5 ปี

คาลว์เฮาน์ (Calhoun 1971 : 561–572) ทำการทดลองกับเด็กเล็กอายุ 2 ปี 4 เดือน ถึง 4 ปี 7 เดือน จำนวน 56 คน เป็นเด็กผู้ชาย 26 คน เด็กผู้หญิง 30 คน แบ่งเป็น 7 กลุ่ม ๆ ละ 8 คน เด็กส่วนมากมาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมต่ำ เพื่อจะดูว่า อายุ และวิธีการที่ใช้การอนุรักษ์จำนวนของเด็ก โดยให้เด็กทำงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์ 5 ครั้ง ภายใต้วิธีการ 2 แบบ คือ การเลือกโดยการชี้อย่างเดียว กับการเลือกโดยการกิน โดยให้เด็กชี้ไปยังแถวขนมที่มีมากกว่าแถวอื่น และให้เด็กเลือกกินขนมแถวที่ตนชอบ และสามารถกินได้หมดทั้งแถว โดยการทดลองมีเงื่อนไขการตัดสินอยู่ที่การเท่ากันของแถวทั้งสองเมื่อตอนเริ่มต้น และผู้ทดลองจะถามเด็กทุกครั้ง เมื่อแถวทั้งสองมีจำนวนเท่ากัน

ผลการทดลองพบว่า การอนุรักษ์จำนวนในเด็กเล็กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวิธีการเลือกโดยการชี้ และการกิน ($F = .08$, $df\ 1/42$; $p > .05$) เมื่อพิจารณาตามระดับอายุพบว่า ความเข้าใจในปัญหาการอนุรักษ์ เพิ่มขึ้นตามระดับอายุ อายุกับวิธีการอนุรักษ์จำนวนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองยังพบว่า เด็กเล็กมีการอนุรักษ์จำนวนได้โดยไม่ต้องใช้คำพูดในการอนุรักษ์ อายุมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับวิธีการในการอนุรักษ์

วิลเลียมส์ (Williams 1963 : 769) ทำการทดสอบงานของพีอาเจท์กับเด็กเม็กซิกัน มโนทัศน์ที่ศึกษาคือ จำนวน ของเหลว มวลสาร น้ำหนัก และปริมาตร กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กในครอบครัวที่มีอาชีพปั้นหม้อ อายุ 6–9 ปี แบ่งเด็กออกเป็น 2 กลุ่ม ตามอายุ ชั้นเรียน และสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม เด็กกลุ่มหนึ่งครอบครัวมีอาชีพปั้นหม้อ อีกกลุ่มหนึ่งไม่ใช่ ในแต่ละกลุ่มจะแบ่งเด็กออกเป็นพวกที่มีการอนุรักษ์ และพวกไม่มีการอนุรักษ์

เพื่อทดสอบสมมุติฐานว่า เด็กที่ครอบครัวมีอาชีพปั้นหม้อ น่าจะได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์ อย่างน้อยก็เรื่องมวลสาร และโยงไปถึงมโนทัศน์อื่นก็ได้

ผลการวิจัยพบว่า เด็กทั้ง 2 กลุ่ม มีการอนุรักษ์เรื่องของเหลว น้ำหนัก จำนวน และปริมาตร แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในเรื่องมวลสารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .05$) ถ้ารวมงานทั้ง 5 อย่าง เด็กจากครอบครัวที่มีอาชีพปั้นหม้อ ได้คะแนนการอนุรักษ์สูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง แต่ไม่มีนัยสำคัญ เหตุผล ที่เด็กจากครอบครัวที่มีอาชีพปั้นหม้อ ตอบได้ถูกต้องมากกว่า เด็กอื่น ๆ อย่างมากโดยเฉพาะเรื่องเท่า และไม่เท่า การศึกษาครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่า บทบาทของทักษะ (Skill) ที่มีต่อการพัฒนาการทางสมอง เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอันหนึ่ง และการที่เด็กได้ลงมือทำด้วยตนเองอาจจะเป็นตัวการที่ช่วยให้เด็กเกิดการอนุรักษ์ได้

สำหรับประเด็นเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เชอร์ชิล (Churchill 1958 : 112) ได้ทดลองให้เด็กอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่จัดไว้เป็นพิเศษ ให้มีโอกาสเล่นกับเครื่องเล่นที่จัดไว้เป็นชุด แล้วทดสอบเพื่อวัดมโนทัศน์ทางจำนวนของเด็กกลุ่มนี้ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการทดสอบปรากฏว่า กลุ่มทดลองได้คะแนนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เชอร์ชิล สรุปว่า การจัดให้เด็กอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมจะช่วยให้พัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนเป็นไปได้เร็วขึ้น

ไฮด์ (Hyde อ้างจาก Wallace 1967 : 79) ได้ทดสอบเพื่อวัดพัฒนาการด้านมโนทัศน์จำนวนของเด็กชาวยุโรป อาหรับ และอินเดีย ผลการศึกษาส่วนใหญ่สอดคล้องกับทฤษฎีของพีอาเจท์ คือ พัฒนาการด้านมโนทัศน์ของเด็กสามารถจำแนกได้ 3 ขั้น แต่เด็กที่ไม่ใช่ชาวยุโรปมีแนวโน้มที่จะมีความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนช้ากว่าเด็กชาวยุโรป เด็กที่ไม่ใช่ชาวยุโรปพัฒนาถึงขั้นที่ 3 ตามทฤษฎีมโนทัศน์ทางจำนวนเมื่ออายุ 8 ปี แต่เด็กชาวยุโรปมากกว่าครึ่งหนึ่งมีพัฒนาการถึงขั้นที่ 3 เมื่ออายุ 6-7 ปี ไฮด์อธิบายว่า เด็กยุโรปมีสิ่งแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านมโนทัศน์ดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปของ สเลเตอร์ (Slater อ้างจาก Wallace 1967 : 68) ที่ว่าเด็กอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ได้เปรียบมีแนวโน้มจะเข้าใจจำนวนได้ดีและพัฒนาถึงขั้นที่ 3 เร็วกว่าเด็กที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนา

พอสเนอร์ (Posner 1979 : 479–496) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของความแตกต่างของวัฒนธรรม และการศึกษา ในกลุ่มเด็กแอฟริกัน 2 กลุ่มคือ กลุ่มพ่อค้า (Dioula merchant) กับกลุ่มเกษตรกร (Baoule agriculturalists) ซึ่งได้รับประสบการณ์แตกต่างกัน จะมีความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนแตกต่างกันหรือไม่ ในขณะเดียวกันก็จะศึกษาว่า โรงเรียนมีบทบาทอย่างไรต่อการพัฒนาการความรู้ ความเข้าใจของเด็ก โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กอยู่ในโรงเรียน 60 คน และเด็กอยู่นอกโรงเรียน 60 คน อายุ 9–10 ปี จากในเมืองและชนบท และเด็กก่อนวัยเรียน 30 คน อายุ 5–10 ปี จากชนบท ให้จำนวนเด็กของกลุ่มพ่อค้ากับเกษตรกรมีจำนวนเท่า ๆ กัน เด็กตัวอย่างจะถูกทดสอบทีละคนด้วยงานการอนุรักษ์จำนวนตามวิธีการของพีอาเจท์ โดยการสร้างแถวของลูกบาศก์ 7 ลูก ให้เท่ากับแถวที่ผู้ทดลองสร้างไว้แล้ว แล้วขยายแถวหนึ่งให้ยาวขึ้น และรวบแถวหนึ่งให้สั้นลง แล้วถามคำถามว่า "แถวทั้งสองมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" และ "แถวไหนยาวกว่า ทราบได้อย่างไร"

ผลการทดลองพบว่า เด็กก่อนวัยเรียนที่เป็นลูกพ่อค้าไม่มีความเข้าใจในการอนุรักษ์จำนวนไม่มีเด็กคนใดที่ได้คะแนนเกี่ยวกับการอนุรักษ์เด็กอายุ 9 และ 10 ขวบ มีความเข้าใจในการอนุรักษ์ 40 % และ 67 % ตามลำดับ และพบว่ามีการพัฒนาการอนุรักษ์เร็วขึ้นในกลุ่มลูกพ่อค้า แต่กลุ่มเกษตรกรไม่พบความแตกต่างในทุกกลุ่มอายุ ซึ่งสาเหตุมาจากการเข้าโรงเรียนเป็นสำคัญ เด็กที่อยู่ในโรงเรียนของกลุ่มเกษตรกรมีการอนุรักษ์จำนวนได้ดีกว่าเด็กที่ไม่ได้เข้าโรงเรียน แต่เด็กในโรงเรียนของกลุ่มลูกพ่อค้าทำการอนุรักษ์จำนวนได้ดีพอกับกลุ่มที่ไม่ได้เข้าโรงเรียน และกลุ่มลูกพ่อค้าและกลุ่มเกษตรกร ทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในการอนุรักษ์จำนวน

แอลจี (Adjei 1973 อ้างจาก Dasen 1977 : 227–256) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการพัฒนาความคิดทางสติปัญญา ตามความคิดของพีอาเจท์หรือไม่ โดยเฉพาะการคิดแบบตรรกวิทยา และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ในกลุ่มเด็กที่ได้รับประสบการณ์ต่างกัน ใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 200 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1. เด็กในชนบทของเมืองกลาเนียน (Ghanaian) ที่พ่อแม่มีอาชีพเป็นชาวนา ค้าขาย และปั้นหม้อ แม่มีอายุระหว่าง 25–40 ปี แบ่งเด็กเป็นสองระดับอายุคือ 7–9 ปี กับ 4–5 ปี ซึ่งเด็กชนบทส่วนใหญ่จะได้รับประสบการณ์และอยู่ในสิ่งแวดล้อมทางอาชีพของพ่อแม่ ตนเองเป็นส่วนใหญ่ แบ่งเป็นเด็กกลุ่มละ 26 คน

2. เด็กในเมืองแอคคา (Accra) อายุ 4–5 ปี จำนวน 13 คน และอายุ 7–9 ปี จำนวน 19 คน แม่มีอายุระหว่าง 25–40 ปี เด็กทั้งสองกลุ่มพูดภาษาอังกฤษทั้งที่บ้านและที่โรงเรียน

3. เด็กชาวสก๊อตในเมืองกลาสโก (Glassgow) ที่มีฐานะทางสังคมแตกต่างกัน โดยใช้รายได้จากอาชีพพ่อเป็นเครื่องแบ่ง แยกเป็นกลุ่มคนชั้นกลางและกลุ่มชั้นต่ำ

วิธีการทดสอบใช้วิธีการตามหลักทฤษฎีของพีอาเจท์ ทดสอบเด็กอายุ 4–5 ปี ด้วยงานการอนุรักษ์จำนวนและการเรียงลำดับ (Number and Seriation) ส่วนเด็กอายุ 7–9 ปี ทดสอบด้วยงานการอนุรักษ์จำนวน มวลสาร ของเหลว น้ำหนัก และปริมาตร

ผลการทดสอบ สามารถแบ่งเด็กออกเป็น 3 กลุ่มคือ พวกที่มีการอนุรักษ์ (Conservers) พวกไม่มีการอนุรักษ์ (Non Conservers) และพวกหัวเลี้ยวหัวต่อ (Transitionals) และทำการทดสอบความแตกต่างของกลุ่มต่าง ๆ ด้วย ไคว์สแควร์ (Chi-square) ผลการทดสอบพบว่า เด็กอายุ 7–9 ปี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ในเรื่องการอนุรักษ์จำนวน ของเหลว น้ำหนัก และปริมาตร แต่พบว่ากลุ่มเด็กลูกปั้นหม้อนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .003 และ 0.05 กับกลุ่มอื่น ๆ ในเรื่องการอนุรักษ์มวลสาร ส่วนกลุ่มลูกค้าขายและชาวนาไม่มีความแตกต่างกันอย่างใด ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ วิลเลียมส์ (1969) ที่พบว่า เด็กลูกปั้นหม้อมีการอนุรักษ์มวลสารได้ดีกว่าการอนุรักษ์ในเรื่องจำนวนของเหลว น้ำหนัก ปริมาตร อันเป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการฝึกหัดทักษะในเรื่องเกี่ยวกับมวลสาร

ส่วนผลการทดสอบเกี่ยวกับการแนะนำของแม่ในการพัฒนาความคิดของเด็กนั้น พบว่าการแนะนำของแม่มีความสัมพันธ์ทางลบกับการกระทำของเด็กใน 2 กลุ่มวัฒนธรรม คือ อังกฤษ

และสก๊อตแลนด์ แต่การให้แรงเสริมหรือการจูงใจจะทำให้เกิดการกระทำทางบวกต่อเด็กในเมืองกลาเนียน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลทางสืบต่อทางสังคม (Social Transmission) จะมีส่วนต่อการพัฒนาทางความคิดของเด็กตามแนวความคิดของพีอาเจท์

ชีส์ บูทูนา และซีมิงค์ (Shea, Butuna and Zemung 1981 : 45-57) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโรงเรียน อายุ เพศ กับการอนุรักษ์ในด้านจำนวน ความยาว ปริมาณ พื้นที่ มีกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียนประถมจำนวน 340 คน แบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ โดยคำนึงถึงการที่มีวัฒนธรรมและภาษาแตกต่างกัน แล้วแบ่งย่อยเป็น 4 กลุ่ม มีอายุตั้งแต่ 7-16 ปี มีค่าเฉลี่ยอายุประมาณ 11 ปี

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นเด็กจากเมืองซีลเวียและนันเซน (Seivea and Nunzen) ในโมโรนี ปะปาปัว นิวกินี สภาพหมู่บ้านมีการติดต่อกันน้อย ไม่สามารถนับเลขโดยใช้ระบบภาษาออสโตรนีเซียได้ และพวกผู้หญิงเป็นผู้นำในการทำกิจกรรม

กลุ่มตัวอย่างอีก 2 กลุ่ม มาจาก ซามาเรีย และไซบาไร (Samaria and Sibala) ในอาวไมบี ไม่สามารถนับในระบบออสโตรนีเซียได้ ผู้หญิงและผู้ชายมีสิทธิเท่าเทียมกันในการทำงาน

เด็กถูกทดสอบด้วยงานอนุรักษ์ 4 อย่างคือ จำนวน ความยาว ปริมาณ และพื้นที่ ตามแนวความคิดของพีอาเจท์ เช่น ในงานอนุรักษ์จำนวน ใช้เหรียญ 8 อัน วางไว้ 2 แถว แล้วแยกออกจากกัน แล้วถามเด็กว่า มีเหรียญจำนวนเท่ากันหรือไม่ เมื่อเสร็จแล้ว แถวหนึ่งจะถูกรวบเข้าหากัน และถามคำถามอย่างเดียวกัน

ผลการทดสอบสามารถแบ่งเด็กออกเป็นพวก ๆ ได้คือ พวกที่มีการอนุรักษ์จำนวน และพวกที่ไม่มีการอนุรักษ์จำนวน และพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบเฉพาะในกลุ่ม โมโรบี ซึ่งผู้หญิงจะทำได้ดีกว่าผู้ชาย

ในเรื่องอายุไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากกลุ่มซิลเวีย เด็กที่มีอายุมาก จะทำได้ดีกว่า นอกจากนี้การทดลองยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัฒนธรรมภาษา มีผลต่อการอนุรักษ์เช่น กลุ่มซาบาเรียจะเป็นกลุ่มที่มีการอนุรักษ์ได้ดีที่สุด

จะเห็นได้ว่า รายงานผลการวิจัยการอนุรักษ์จำนวนของเด็กในสิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมต่างกันจะมีการอนุรักษ์ต่างกัน ประสบการณ์และทักษะที่ได้จากครอบครัวจะส่งผลให้เกิดการอนุรักษ์ได้ดี แต่ฐานะทางเศรษฐกิจ อายุ เพศ ไม่ค่อยมีผลต่อความสามารถในการเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน นอกจากเด็กที่มีอายุมากย่อมจะมีการพัฒนาการได้ดีกว่าเด็กที่มีอายุน้อย และผลงานวิจัยก็สอดคล้องตามแนวความคิดของพีอาเจท์

งานวิจัยการใช้เครื่องชี้ช่วยในการอนุรักษ์จำนวน

การพัฒนาการทางความคิดของเด็กในขั้นความคิดก่อนปฏิบัติการนั้น ยังคิดอยู่กับการรับรู้และสิ่งที่ปรากฏเห็นกับตา เช่น ความยาว ความกว้าง ความทึบแน่น ซึ่งตามทฤษฎีการพัฒนาการอนุรักษ์จำนวน เด็กจะใช้ความยาว ความทึบแน่น การนับ เป็นเครื่องช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวน จึงได้มีงานวิจัยศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องชี้เหล่านี้ต่อการอนุรักษ์จำนวนในลักษณะต่าง ๆ กัน

พัฟฟอล และ ชอว์ (Pufall and Shaw 1972 : 62-69) ทำการศึกษาเด็กอายุ 3-6 ปี จำนวน 163 คน ทีละคน เพื่อทำการทดสอบเกี่ยวกับการรับรู้ และการตัดสินปริมาณของเด็ก โดยทดสอบเด็กด้วยแบบทดสอบ 7 แบบ ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องจำนวน ความยาว ความทึบแน่น เมื่อแสดงให้เด็กดูทีละแบบจะถามว่า "แถวทั้งสองมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" หรือ "แถวไหนมีจำนวนมากกว่ากัน" ผลการทดลองพบว่า แต่ละแบบของการทดลองเด็กสามารถตอบได้ถูกเพิ่มขึ้นตามระดับอายุ เช่น แบบที่ 1 เด็กอายุ 3 ขวบ ตอบถูกเพียง 42 % แต่เด็กอายุอื่นตอบถูกต้องทุกคน ในการทดสอบเกี่ยวกับการใช้เครื่องชี้ ความยาว ความทึบแน่น ในการตัดสินจำนวน พบว่ามีเพียง 4 % (7 คน จาก 163 คน) ที่ตอบถูกต้องทั้ง 7 แบบการทดลอง ไม่มีเด็กคนใดที่ตอบคำถามโดยอาศัยความทึบแน่น แต่เด็กจะตอบคำถามโดยอาศัยความยาวเป็นเครื่องตัดสิน เช่น เด็กจำนวน 22 คน จาก 96 คน ของเด็กอายุ 4 ปี และ 5 ปี ใช้ความยาวเป็นเครื่องตัดสิน

พัฟฟอล ชอว์ และ ซายร์ดอล ลาสกี (Pufall, Shaw and Syrdal Lasky 1973 : 21-29) ได้ศึกษาพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนเพื่อทดสอบ ขั้นของพัฒนาการ

มโนทัศน์ การอนุรักษ์จำนวนตามทฤษฎีของพีอาเจท์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 ปี 11 เดือน ถึง 5 ปี จำนวน 54 คน ทดสอบทีละคนโดยใช้หลักของพีอาเจท์ ให้เด็กดูการเปลี่ยนแปลง จำนวน 5 แบบดังนี้

ผู้ทดลองเริ่มต้นเอาลูกกวาด 4 อัน มาวางเรียงแถวคู่กัน 2 แถวเท่ากัน ตามหลักความสมนัย 1 : 1 (One to One Correspondence) แล้วทำการเปลี่ยนแปลงโดย

1. เอาลูกกวาดเติมลงที่ปลายแถวหนึ่ง และเลื่อนอีกแถวหนึ่งให้ใกล้กันมากขึ้น เป็นไปตามกฎ แถวที่ยาวจะมีจำนวนมากกว่าแถวที่สั้น

2. ผู้ทดลองเลื่อนแถวหนึ่งให้ขยายออก อีกแถวหนึ่งให้ชิดกัน จำนวนยังเท่าเดิม แต่ความยาวและความทึบแน่นเปลี่ยน

3. ผู้ทดลองเติมลูกกวาดลงไปที่ปลายทั้งสองข้างของแถวหนึ่ง ส่วนอีกแถวหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการเปลี่ยนแปลงจำนวน และความยาว แต่ความทึบแน่นไม่เปลี่ยน

4. ผู้ทดลองเติมลูกกวาดลงไปที่ปลายทั้งสองข้างของแถวหนึ่ง และเลื่อนให้เข้ามาติดกัน และมีความยาวเท่ากับอีกแถวหนึ่ง ความยาวเท่ากัน แต่ความทึบแน่นต่างกัน แถวที่มีความทึบแน่นมากจะมีจำนวนมากกว่า

5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2

จากการทดลองพบว่า พัฒนาการของเด็กเป็นไปตามลำดับขั้นของทฤษฎีพัฒนาการอนุรักษ์จำนวน ในพัฒนาการขั้นที่ 1 (global) และในขั้นที่ 2 (intuitive) กลุ่มตัวอย่างปฏิบัติไม่คงเส้นคงวา และพบว่าเด็กโยงความสัมพันธ์กับความยาวในการตัดสินจำนวน และทำการศึกษาอย่างละเอียดต่อไป โดยการจัดทำความยาว ความทึบแน่น และจำนวนของลูกกวาดในแต่ละแถว ให้มีความแตกต่างกันเป็นอัตราส่วนกัน พบว่า เด็กอายุ 3 ปี ตัดสินจำนวนโดยโยงความสัมพันธ์กับความยาวและความทึบแน่น แม้ว่าในแต่ละแถวของการทดสอบจะเรียงในลักษณะมีความแตกต่างระหว่างความยาวและความทึบแน่นสูง

ลอว์สัน บารอน และ ซีเกล (Lawson, Baron and Siegel 1974 : 731-736) ได้ศึกษาถึงบทบาทของจำนวน และความยาวในการตัดสินปริมาณในเด็ก โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 ปี 10 เดือน ถึง 5 ปี จำนวน 27 คน หาอายุเฉลี่ยได้ 4 ปี 2 เดือน

เป็นเด็กผู้ชาย 11 คน เด็กผู้หญิง 16 คน เป็นเด็กก่อนวัยเรียนในโรงเรียนอนุบาลเอกชน กลุ่มตัวอย่างจะถูกทดสอบทีละคนด้วยงาน 2 อย่างคือ

1. ทดสอบเกี่ยวกับจำนวนและความยาว โดยให้เด็กดูภาพซึ่งประกอบด้วยจุด 4 จุด จำนวน 2 แถว วางในลักษณะต่าง ๆ กันในด้านความยาว จำนวน ความทึบแน่น เมื่อเด็กดูแล้วถามคำถามเด็กว่า "แถวทั้งสองมีจำนวนจุดเท่ากันหรือไม่" หรือ "แถวไหนมีจำนวนจุดมากกว่ากัน" ถ้าเด็กตอบว่า มากกว่า จะถามว่า แถวไหนยาวกว่า บันทึกผลไว้

ภาพที่ใช้ในการทดสอบ

แบบที่ 1 ความยาว ความทึบแน่น จำนวนเท่ากัน

แบบที่ 2 ความทึบแน่นเท่ากัน ความยาวและจำนวนไม่เท่ากัน

แบบที่ 3 ความยาว ความทึบแน่น จำนวนไม่เท่ากัน

แบบที่ 4 ความยาวเท่ากัน ความทึบแน่น จำนวนไม่เท่ากัน

แบบที่ 5 จำนวนเท่ากัน ความยาวและความทึบแน่นไม่เท่ากัน

2. งานเกี่ยวกับการอนุรักษ์ ให้เด็กดูแถวของเหรียญเพนนี 4 เหรียญ ที่วางไว้ยาวเท่ากัน 2 แถว แล้วถามคำถามว่า "ทั้งสองแถวมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" หรือ "แถวใดมีจำนวนมากกว่ากัน" เมื่อเด็กตอบคำถามแล้ว ผู้ทดลองจะรวบแถวของเหรียญที่อยู่ใกล้กับเด็กให้ชิดกัน แล้วถามคำถามเหมือนครั้งแรก แล้วขยายแถวให้กลับคืนสู่สภาพเดิม และถามคำถามเหมือนเดิม ในการตัดสินว่าเด็กมีการอนุรักษ์จำนวนนั้นจะต้องได้รับคำตอบว่าเท่ากันทั้ง 3 ครั้ง

ผลการทดลองพบว่า ไม่พบเด็กคนใดที่จะมีความแน่นอนในการตอบคำถาม นอกจากเด็ก 1 คน ตอบว่า เหมือนกันทุก ๆ คำถาม มีเด็ก 7 คน จาก 27 คน ที่สามารถอนุรักษ์จำนวนได้ และเด็ก 7 คนนี้ จะต้องตอบคำถามเกี่ยวกับจำนวนผิดอย่างน้อย 1 ข้อ ผลการศึกษาได้ข้อสรุปว่า ความยาวไม่เป็นสื่อที่จำเป็นในการโยงไปสู่การตัดสินจำนวน โดยเฉพาะถ้า

จำนวนจุดในแบบทดสอบ มีจำนวนน้อย ๆ เด็กจะตัดสินจำนวนโดยไม่ต้องอาศัยความยาวเป็นสื่อ ซึ่งตรงกันข้ามกับงานของ Pufall and Shaw (1972) ส่วนบทบาทของความทึบแน่นศึกษาได้ไม่ชัดเจนเช่นเดียวกับงานของ Gelman's (1972)

เบรนนาด (Brainerd 1977 : 425–430) มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงอิทธิพลของความยาว และความทึบแน่น ในการตัดสินจำนวนของเด็กอายุ 4 ปี และ 6 ปี กลุ่มละ 100 คน โดยใช้แบบทดสอบ 16 แบบ ที่มีความแตกต่างของความยาว ความทึบแน่น จำนวน แต่ละแบบจะมีแผ่นการทดลอง 3 แผ่น รวมเป็น 48 แผ่น วิธีการทดลอง ผู้ทดลองจะชักชวนให้เด็กเล่นเกมส์เกี่ยวกับจำนวน โดยผู้ทดลองจะให้เด็กดูแผ่นการทดลองที่ละแผ่น จนครบ 48 แผ่น โดยการสุ่มไปเรื่อย ๆ เด็กจะได้เห็นแบบทดสอบแต่ละแผ่น 3 ครั้ง ทุกครั้งที่เด็กดูแบบทดสอบ ผู้ทดลองจะถามคำถามเด็ก 3 ข้อคือ "จุดสีแดงและจุดสีดำมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" "จุดสีดำมากกว่าจุดสีแดงหรือไม่" "จุดสีแดงมากกว่าจุดสีดำหรือไม่"

ผลการทดลองพบว่า แต่ละแบบการทดสอง เด็กจะมีการตัดสินใจจำนวนแตกต่างกัน เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอายุ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในแบบทดสอบที่ 1, 4 และ 11–16 นอกจากนั้นจะมีความแตกต่างระหว่างอายุทุกแบบทดสอบ

เมื่อทดสอบ Scalogram Analysis ของเด็กอายุ 4 ปี สามารถแบ่งเด็กออกเป็น 4 ระดับคือ

1. ระดับที่ง่ายที่สุดคือ ความยาว และความทึบแน่นเท่ากัน คือ แบบสอบที่ 1 และ 4 และแบบสอบที่ 11, 12, 15 และ 16 ซึ่งมีความยาว และความทึบแน่นมีความแตกต่างกันมากโดยมีความยาวแตกต่างกันมากกว่าความทึบแน่น และแบบสอบที่ 13 และ 14 เป็นแบบสอบที่มีความแตกต่างของความยาว แต่ความทึบแน่นเท่ากัน

2. ระดับที่ 2 คือแบบสอบที่ 8 ที่มีความยาวเท่ากันแต่ความทึบแน่นแตกต่างกัน

3. ระดับที่ 3 คือแบบสอบที่ 7, 9 และ 10 ซึ่งมีความแตกต่างของความยาว และความทึบแน่น แต่ความทึบแน่นแตกต่างมากกว่า

4. ระดับที่ 4 คือแบบสอบที่ 2, 3, 5 และ 6 ซึ่งมีความแตกต่างของความยาว และความทึบแน่น และความแตกต่างของความยาวและความทึบแน่นเท่ากัน

ผลการทดลองของเบรนนาดก็สอดคล้องกับการทดลองของนักวิจัยคนอื่น ๆ คือ ความแตกต่างของจำนวนและความยาวมาก จะตัดสินได้ง่ายกว่าความแตกต่างของความทึบแน่น ซึ่งแสดงว่าเด็กให้ความสนใจต่อความแตกต่างของความยาวมากกว่าความทึบแน่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซีเกล (Siegel 1974) พัฟฟอล ชอว์ (1972)

แซค (Saxe 1979 : 180–187) ได้ทำการทดลอง 2 การทดลองเพื่อจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการนับที่เด็กจะใช้เป็นเครื่องมือในการอนุรักษ์จำนวน และศึกษาถึงการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนของเด็ก

การทดลองที่ 1 ใช้กลุ่มตัวอย่าง 66 คน มีอายุ 4 ปี จำนวน 13 คน 6 ปี จำนวน 40 คน ให้ทำการทดสอบงาน 2 อย่างคือ งานชิ้นที่หนึ่ง งานเกี่ยวกับการนับ โดยให้เด็กนับจำนวนจุดที่อยู่บนแผ่นกระดาษเรียงเป็นแถว 2 แถวขนานกัน แถวหนึ่งมีจุดสีแดง 9 จุด อีกแถวหนึ่งมีจุดสีน้ำเงิน 11 จุด แถวสีน้ำเงินสั้นกว่าสีแดง แล้วถามคำถามให้เด็กตอบว่า "แถวทั้งสองเท่ากันหรือไม่" หรือ "แถวไหนมีจำนวนมากกว่ากัน" ถึงแม้เด็กจะนับไม่ได้ก็สามารถตอบคำถามได้ และทดสอบซ้ำโดยการให้เด็กเรียงแถวลูกปัดให้มีจำนวนเท่ากับจุดบนแผ่นกระดาษที่ให้เด็กดูในระยะไกล

งานชิ้นที่สองเป็นงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนโดยใช้หลักของพีอาเจท์ในเรื่องความสมนัย 1 : 1 (One to One Correspondence) ให้เด็กหยิบลูกปัดออกมาเรียงให้เหมือนกับแถวลูกปัดที่เป็นแบบอยู่ แล้วถามคำถามว่า "ทั้งสองแถวมีจำนวนเท่ากันหรือไม่" เมื่อตอบคำถามแล้วผู้ทดลองจะเปลี่ยนรูปโดยการขยายแล้วรวบแถวใดแถวหนึ่ง แล้วถามคำถามด้วยคำถามข้างต้น

ผลการทดลองพบว่า เด็กใช้การนับเป็นเครื่องมือ หรือเครื่องชี้ในการอนุรักษ์จำนวน แต่เด็กไม่เข้าใจเกี่ยวกับจำนวนทั้งหมด พบว่า ในเด็ก 46 คน ที่ใช้การนับเป็นเครื่องมือมีเพียง 20 คนเท่านั้นที่เข้าใจเกี่ยวกับจำนวน และเมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอายุ ไม่มีความแตกต่างระหว่างเด็กอายุ 4 ปี และ 5 ปี ในการใช้การนับเป็นเครื่องตัดสินจำนวน และความเข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน เด็กอายุ 4 ปี และ 5 ปี จะแตกต่างกับเด็กอายุ 6 ปี ที่ใช้การนับเป็นขบวนการเข้าใจจำนวน

การทดลองที่ 2 จะเป็นการทดสอบอันดับการรับรู้ของเด็กอายุ 7–9 ปี จำนวน 44 คน ซึ่งเป็นเด็กที่มีลักษณะด้วยในความสามารถในการเรียน เช่น ความสามารถในการนับ ความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยให้เด็กกลุ่มตัวอย่าง ทำงานเกี่ยวกับการนับเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์ จำนวน การจัดเรียงลำดับ การจัดประเภท ตามวิธีการของพีอาเจท์

ผลการทดลองพบว่า แม้ว่าเด็กเหล่านี้จะมีทักษะการนับจำนวนไม่ดี ก็ยังใช้การนับเป็นเครื่องช่วยในการอนุรักษ์จำนวน และเด็กสามารถจะจัดเรียงลำดับ จัดประเภทได้ แม้จะไม่สามารถอนุรักษ์จำนวนได้

จากงานวิจัยจะเห็นได้ว่า เด็กในวัยก่อนเรียน (2–7 ปี) ซึ่งอยู่ในขั้นก่อนปฏิบัติการตามทฤษฎีของพีอาเจท์มีมโนทัศน์ทางจำนวนแล้ว สามารถจะวัดได้ด้วยหลักการอนุรักษ์ และการอนุรักษ์จำนวน เด็กจะอาศัยเครื่องชี้แนะเช่น ความยาว ความทึบแน่น การนับเป็นเครื่องช่วยในการอนุรักษ์จำนวนและความสามารถในการใช้เครื่องชี้แตกต่างกันไปแล้วแต่แต่ละสถานการณ์

<u>งานวิจัย การอนุรักษ์จำนวน การเพิ่ม การลดจำนวน</u>

การเรียนรู้เกี่ยวกับจำนวนนั้น ในความคิดของพีอาเจท์ (Copeland 1979 : 33–34) นั้นมิใช่เพียงแต่มองเห็นเท่านั้น แต่จะต้องมีความสามารถในการปฏิบัติการ (Operation) ต่อจำนวนด้วย ซึ่งพีอาเจท์ได้ให้คำนิยามของการปฏิบัติการต่อจำนวนไว้ 4 ประการคือ

1. เป็นปฏิกิริยาที่มีอยู่ภายในบุคคล สามารถแสดงออกได้เช่นเดียวกับความสามารถทางร่างกาย

2. เป็นปฏิกิริยาที่สามารถย้อนกลับไปมาได้ (reversible) เช่น การย้อนกลับกันระหว่างการบวกและการลบ

3. เป็นลักษณะของการมีการอนุรักษ์ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Conservation or invariance) เช่น 4 + 1 ยังเท่ากับ 3 + 2

4. เป็นการกระทำที่ประกอบด้วยลักษณะหลายลักษณะได้ เช่น การบวก การจัดกลุ่ม การกระจาย

จากนิยามดังกล่าว การเพิ่ม (addition) และ การลด (Subtraction) จึงจัดอยู่ในการปฏิบัติการของพีอาเจท์ด้วย

วิลเลี่ยม (Williams 1971 : 394-396) ได้ทดสอบความพร้อมของเด็กทางด้านจำนวนกับเด็กอายุ 5 ปี 6 เดือน 26 วัน ถึง 7 ปี 1 เดือน เป็นเด็กในชั้นประถมในเซ็นเทวิล โอไฮโอ จำนวน 96 คน เพื่อดูว่ามีการพัฒนามโนทัศน์จำนวนในเด็ก และแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นขั้นต่าง ๆ ตามทฤษฎีของพีอาเจท์ ให้เด็กทำการทดลองโดยการวางจานที่มีขนาดเดียวกันแต่คนละสี ให้เรียงให้เหมือนกับแบบที่วางเอาไว้ให้ดูพบว่า สามารถแบ่งเด็กออกเป็น 3 กลุ่มคือ พวกขั้นแรก (Initial Stage) พวกระหว่างกลาง (Intermediate Stage) พวกมีมโนทัศน์จำนวนแล้ว (Stage of attainment of number Cancept) พบว่าเด็กที่อยู่ในขั้นแรกจะวางจานในลักษณะคำนึงถึงความยาวให้เท่ากับแบบเท่านั้น โดยไม่คำนึงถึงจำนวนหรือความทึบแน่นใด ๆ

พวกระหว่างกลาง สามารถจัดวางโดยถือหลักสมนัย 1 : 1 (One to One Correspondence) สามารถวางจานได้เท่าเทียมกับแบบ แต่เมื่อมีการจัดรูปใหม่เพื่อทดสอบความคงที่ในการรับรู้ โดยการเปลี่ยนแปลงความทึบแน่น พบว่าเด็กในกลุ่มนี้ไม่สามารถตอบปัญหาได้ แต่ในกลุ่มที่มีมโนทัศน์สามารถทำได้และตอบได้เมื่อมีการเปลี่ยนรูป

นอกจากนี้ วิลเลี่ยม ได้เสนอความคิดเกี่ยวกับการจัดหลักสูตรคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอนุบาลว่า ไม่ควรจะมีการจัดการกระทำ (Operation) เช่น การเพิ่มเข้า การลดลง แต่สามารถมีเรื่องราวเกี่ยวกับสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น ตัวเลขได้ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดของ วิลเลียมส์ (Williams 1958 : 31-45) ได้ใช้วิธีการทดลองของพีอาเจท์ทดสอบนักเรียนชาวอังกฤษที่มีอายุระหว่าง 5-8 ปี เพื่อวัดความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน และได้ทดสอบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาเลขคณิตของเด็กกลุ่มเดียวกันนี้ไว้ด้วย ผลการทดลองปรากฏว่า เด็กส่วนมากได้คะแนนสูงเมื่อทำโจทย์เกี่ยวกับการบวก แต่ยังขาดความเข้าใจ

เกี่ยวกับธรรมชาติของจำนวน คือ ยังไม่มีมโนทัศน์เกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน ผลการศึกษาของวิลเลียมส์สอดคล้องกับผลการค้นคว้าของ ระปาฟอร์ท (Rapaport 1958 : 96-99) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากข้อสอบวัดทักษะในการคิดคำนวณ และข้อสอบวัดความเข้าใจในวิชาเลขคณิต พบว่า ทักษะในการคิดคำนวณไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนมากนัก จากผลการศึกษาครั้งนี้ วิลเลียมส์เสนอแนะว่า เราสามารถใช้ข้อทดสอบของพีอาเจท์เป็นเครื่องมือประเมินความพร้อมทางเลขคณิตของเด็กได้ ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ บิกส์ (Biggs 1959 : 17-34) ที่ได้สนับสนุนให้ใช้ทฤษฎีพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางจำนวนของพีอาเจท์ เป็นพื้นฐานในการสืบค้นคว้าความพร้อมทางเลขคณิตของเด็ก และเป็นแนวทางในการสอนเลขคณิตให้มีความหมายสำหรับเด็กด้วย

เจลแมน (Gelman 1972 : 75-90) ได้ทำการทดลองกับเด็กอายุ 3-6 ปี ในเรื่องเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน เพื่อจะดูว่าเด็กใช้อะไรจำนวน ความยาว ความทึบแน่นเป็นสื่อในการตัดสินการอนุรักษ์จำนวน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนโดยการลดลง (Subtraction) การเพิ่มเข้า (Addition) คู่กับการแทนที่ (Displacement) โดยการปิดบังการเปลี่ยนแปลงไม่ให้เด็กเห็นได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 แบบคือ

1. การทดลอง การลดลง กับการแทนที่ กับกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กผู้หญิง 50 คน เด็กผู้ชาย 46 คน รวมเป็น 96 คน จากสถานเลี้ยงเด็กและโรงเรียนอนุบาลในฟิลลาเดเฟีย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามลำดับอายุ 3 ปี ถึง 3 ปี 11 เดือน 4 ปี ถึง 4 ปี 11 เดือน 5 ปี ถึง 5 ปี 11 เดือน กลุ่มละ 32 คน

วิธีทดลองมี 3 ขั้นตอน ใช้เวลา 2 วัน ในขั้นที่ 1 (วันที่ 1) ผู้ทดลองเล่นเกมส์กับเด็กเป็นรายบุคคลประมาณ 15 นาที เพื่อสร้างความคุ้นเคยและไว้วางใจกัน ในขั้นที่ 2 (วันที่ 2) เป็นการเล่นเกมส์ เพื่อจะดูการคาดคะเนเกี่ยวกับจำนวน เครื่องมือประกอบด้วยถาดสีขาว 2 ใบ ตุ๊กตาหนูสีเขียว ติดกาวอยู่บนถาดทั้ง 2 ถาดในหนึ่งจะมีหนู 3 ตัว อีกใบหนึ่งมีหนู 2 ตัว มีกระป๋องสำหรับครอบถาด เมื่อทำการสับเปลี่ยนและเปลี่ยนแปลงโดยไม่ให้เด็กรู้ตัว ผู้ทดลองให้เด็กเลือกถาด โดยกำหนดให้ ถาดที่มีตุ๊กตาหนู 3 ตัว เป็นถาดผู้ชนะ และถาดที่มีหนู 2 ตัว เป็นถาดผู้แพ้ ถ้าเด็กคนใดเลือกได้ถาดผู้ชนะก็จะได้

รางวัล ถ้าใครเลือกถาดผู้แพ้ก็จะไม่ได้รางวัล ในขั้นที่ 3 มีการสลับหมุนถาด และเปลี่ยนลักษณะรูปแบบของหนูให้แตกต่างกัน โดยการลดลง และการแทนที่โดยไม่ให้เด็กรู้ แล้วให้เด็กเลือกถาดว่าถาดใดเป็นผู้แพ้หรือผู้ชนะ ลักษณะการวางหนูบนถาดจะวางในลักษณะแตกต่างกัน 8 แบบ คือ LSE LSM LDS LDL DSE DSM DDS DDL ซึ่ง D = Density D = Displacement S = Subtraction E = End M = Median เช่น

LSE หมายความว่า เปลี่ยนความยาว โดยการลดจำนวน เอาตัวท้ายออก

DDL หมายความว่า เปลี่ยนความทึบแน่น โดยการแทนที่ ให้ยาวขึ้น

2. การทดลองแบบการเพิ่มเข้ากับการแทนที่ ใช้กลุ่มตัวอย่าง เด็กผู้ชาย 17 คน เด็กผู้หญิง 18 คน รวมเป็น 35 คน จากโรงเรียนอนุบาล 2 แห่ง ในการพิลลาเดลเฟีย มีเด็กออกจากการทดลองไป 2 คน เหลือ 33 คน แบ่งเป็นเด็กอายุ 3-5 ปี กับ 4-6 ปี โดยใช้วิธีการทดลองและเครื่องมือแบบเดียวกับการลดจำนวนทุกประการ เพียงแต่เปลี่ยนจากการลดลงเป็นเพิ่มเข้า

ผลการทดลองพบว่า

1. เด็กอายุ 3 และ4 ปี เลือกถาดผู้แพ้ ผู้ชนะโดยอาศัยจำนวนมากกว่าอาศัยความยาว และความทึบแน่น

2. การทดลองแสดงให้เห็นว่า เด็กเล็กมีพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนและการคิดปฏิบัติต่อจำนวน ในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงได้ และเด็กจะรู้สึกประหลาดใจต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือความทึบแน่น

3. เด็กจะรับรู้การเปลี่ยนแปลงและอธิบายการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการลดลงหรือเพิ่มเข้ามากกว่าการเปลี่ยนแปลงโดยการแทนที่

การวิจัยในต่างประเทศ เกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน ได้ยึดถือตามวิธีการและทฤษฎีของพีอาเจท์เป็นสำคัญ และสามารถตรวจสอบได้ผลสนับสนุนทฤษฎีของพีอาเจท์จากรายงานผลการวิจัย พบว่า เด็กในวัยก่อนเรียนมีมโนทัศน์เกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวนแล้ว และวิธีการในการตัดสินเกี่ยวกับจำนวนก็ใช้เครื่องชี้ช่วยในการตัดสินจำนวน แต่ถ้าเป็นจำนวนที่มีสมาชิก

น้อย ๆ เช่น 2 หรือ 3 เด็กจะเข้าใจจำนวนได้ดี และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องชี้ช่วยก็ได้ ในเรื่องเกี่ยวกับตัวแปร อายุ ประสบการณ์ สิ่งแวดล้อม จะมีผลต่อความเข้าใจในการอนุรักษ์จำนวน โดยที่เด็กที่มีอายุมากสามารถมีพัฒนาการได้ดีกว่าเด็กอายุน้อย และสูงขึ้นตามลำดับ แต่ก็มีบางแบบการทดลองที่เด็กที่มีอายุน้อยสามารถกระทำได้ดีเหมือนเด็กอายุมาก ประสบการณ์ และสิ่งแวดล้อม จะมีผลต่อการพัฒนาความคิดความเข้าใจของเด็ก เช่น เด็กที่มีพ่อแม่มีอาชีพแตกต่างกัน หรือเด็กวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน จะมีความสามารถด้านการอนุรักษ์แตกต่างกันด้วย

ความคิดเกี่ยวกับการเพิ่มและการลดจำนวน ตามแนวความคิดของพีอาเจท์ เด็กจะต้องมีความเข้าใจจำนวน มากกว่าการที่นำจำนวน 2 จำนวนมารวมกันได้เท่านั้น เด็กต้องมีพัฒนาการความคิดในการคิดย้อนกลับ จึงจะช่วยในการเข้าใจการเพิ่มหรือการลดจำนวนได้ งานการวิจัยในเรื่องการเพิ่มหรือการลดจำนวน จึงยึดถือหลักของการอนุรักษ์จำนวนและความเท่าเทียมหรือความสมนัยต่อกันและกันอยู่ และยังพบว่าเด็กยังอาศัยเครื่องชี้ เช่น ความยาว ความทึบแน่น ในการตัดสินจำนวน

งานวิจัย การอนุรักษ์จำนวนในประเทศไทย

วิชัย ชำนิ (วิชัย 2519) ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่าง 112 คน อายุ 7 ปี ถึง 10 ปี จำแนกตามสิ่งแวดล้อมออกเป็น 2 ประเภท คือ เด็กในเมืองใหญ่เป็นนักเรียนโรงเรียนสาธิตในกรุงเทพมหานคร จำนวน 7 โรงเรียน และเด็กชนบท ในอำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 11 โรงเรียน เพื่อศึกษาพัฒนาการการอนุรักษ์จำนวนและการบวกจำนวนของเด็กที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพศต่างกัน การทดลองแบ่งเป็น 2 อย่าง โดยใช้หลักการเท่าเทียมกันตามทฤษฎีของพีอาเจท์ และทดลองกับเด็กเป็นรายบุคคล

1. การทดลองเกี่ยวกับการอนุรักษ์จำนวน โดยใช้การเท่าเทียมกันของแก้วน้ำ 8 ใบ และจานรองแก้วน้ำ 6 ใบ ตุ๊กตาสีเขียว 8 ตัว และสีแดง 10 ตัว จัดตามแบบการอนุรักษ์จำนวนของทฤษฎีพีอาเจท์ ให้นักเรียนนำแก้ววางเรียงบนโต๊ะให้มีจำนวนแก้วเท่ากับจำนวนจานรองแก้ว แล้วขยายให้จานรองแก้วให้ห่างกันมากขึ้น ให้นักเรียนเปรียบเทียบและตอบคำถามอธิบายเหตุผล และทดลองใหม่กับตุ๊กตาเช่นเดียวกัน

I 18215774

2. การทดลองเกี่ยวกับการบวกจำนวน โดยเปรียบเทียบจำนวนฝรั่งและส้ม แล้วจัดเรียงตุ๊กตาขนานกัน 2 แถว แถวหนึ่งมีตุ๊กตา 6 ตัว อีกแถวหนึ่งมีตุ๊กตา 12 ตัว แล้วให้นักเรียนทำให้ทั้งสองแถวมีจำนวนเท่ากัน และสุดท้ายให้นักเรียนจัดลูกกวาดเรียงขนานกัน 2 แถว แถวแรกวางแยกออกเป็น 2 ส่วน มีลูกกวาดส่วนละ 4 ลูก แถวที่ 2 วางแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีลูกกวาด 1 ลูก ส่วนที่สองมีลูกกวาด 7 ลูก แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบทั้งสองแถวมีจำนวนลูกกวาดเท่ากันหรือไม่ แล้วอธิบายเหตุผล

ผลการทดลองพบว่า เด็กในเมืองใหญ่มีพัฒนาการการอนุรักษ์จำนวนเร็วกว่าเด็กในชนบท และเด็กในเมืองใหญ่มีมโนทัศน์การอนุรักษ์จำนวนเมื่ออายุ 9 ปี แต่เด็กชนบทอายุ 10 ปี ยังไม่มีมโนทัศน์เกี่ยวกับจำนวน เด็กในเมืองใหญ่มีพัฒนาการเกี่ยวกับการบวกจำนวนเร็วกว่าเด็กชนบท เด็กในเมืองใหญ่มีพัฒนาการเกี่ยวกับการบวกจำนวนเมื่ออายุ 10 ปี แต่เด็กชนบทอายุ 10 ปี ยังไม่มีมโนทัศน์เกี่ยวกับการบวกจำนวน สำหรับเพศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการอนุรักษ์จำนวนและการบวกจำนวน

รัชรี คบคงสันติ (รัชรี 2522) ทำการศึกษาโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาพัฒนาการของมโนทัศน์ การอนุรักษ์จำนวนของเด็กวัยก่อนเรียน และเปรียบเทียบพัฒนาการของการอนุรักษ์จำนวนระหว่างเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงและต่ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กก่อนวัยเรียนคือ อยู่ในชั้นอนุบาล 1–2 ของโรงเรียนราษฎร์ประเภทสามัญ สังกัดกองการศึกษาเอกชน ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 192 คน อายุระหว่าง 3–6 ปี โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มอายุ 3–3 ปี 11 เดือน 4 ปี – 4 ปี 11 เดือน 5 ปี – 5 ปี 11 เดือน และ 6 ปี – 6 ปี 11 เดือน และในแต่ละระดับอายุยังแบ่งออกเป็นกลุ่มที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงและต่ำ

การดำเนินการทดลอง แบ่งออกเป็น 3 ตอน

1. ทดสอบพัฒนาการการอนุรักษ์จำนวน ตามแบบสอบถามพัฒนาการอนุรักษ์จำนวน ซึ่งดัดแปลงมาจากพัฟฟอล ชอว์ และ ซายร์คอล–สาสกี (Pufall, Shaw and Syrdal-Lasky) โดยยึดทฤษฎีของพีอาเจท์เป็นแนวทาง ใช้ดีอกไม้ทรงลูกบาศก์ขนาดกว้างด้านละ 1.5 นิ้ว

ประมาณ 40 อัน แต่ละอันต้องเท่ากันและคล้ายคลึงกันที่สุด จัดเรียงบล็อกไม้ตามแบบสอบถาม ถามด้วยคำถาม "แถวที่ 1 กับแถวที่ 2 มีจำนวนบล็อกเท่ากันไหม" "ทำไมสองแถวนี้จึงเท่า (ไม่เท่า) หนูทราบได้อย่างไร"

2. ทดสอบความสามารถของเด็กในการสร้างแถวให้มีจำนวนบล็อกตามรูปแบบ (model) โดยวาง ในลักษณะ 1-1 อย่างสมนัยกัน

3. ทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนในด้านการนับ (1, 2, 3...) การบอกจำนวน (cardinal numbers) และการบอกตำแหน่ง (Ordinal numbers)

ผลการศึกษาพบว่า พัฒนาการของมโนทัศน์ในการอนุรักษ์จำนวนของเด็กวัยก่อนเข้าเรียน สอดคล้องกับทฤษฎีของพีอาเจท์ และเป็นไปตามลำดับขั้น คือเด็กที่มีอายุมากมีความสามารถในการอนุรักษ์จำนวนดีกว่าเด็กที่มีอายุน้อย เด็กใช้ความยาว ความทึบแน่น เป็นสื่อโยงไปสู่การตัดสินจำนวน และเด็กยังมีอายุมากขึ้นสามารถตัดสินจำนวน สร้างแถวให้มีจำนวนเท่าแบบความเข้าใจเกี่ยวกับการนับ การบอกจำนวน และการบอกตำแหน่ง ได้ถูกต้องและมีเหตุผล นั่นคือ เด็กเริ่มใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล และจากการศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการอนุรักษ์จำนวนของเด็กที่มีฐานะทางเศรษฐกิจสูงและต่ำไม่แตกต่างกันเลย

งานวิจัยการอนุรักษ์จำนวนในประเทศไทยยังมีน้อย แต่ผลการวิจัยก็พบว่า สอดคล้องตามทฤษฎีของพีอาเจท์ และงานวิจัยในต่างประเทศ (ดอดเวล 1960, ฮูด 1962 ลอยด์ 1971 คาสร์เฮาน์ 1971) พัฒนาการเป็นไปตามลำดับขั้น เด็กอายุมากมีระดับพัฒนาการสูงกว่าเด็กอายุน้อย การทำความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์จำนวน เด็กอาศัยเครื่องช่วย คือ ความยาว ความทึบแน่น เมื่อพิจารณาตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อม อาชีพของบิดามารดา และฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัวไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยในต่างประเทศบางส่วน