

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย: การศึกษาค้นคว้าอิสระ โดยมิตติพรประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพันธ์ (RP) ของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต และระหว่างกลุ่มที่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจำแนกออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.1 ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.2 องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget)

2.2 ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford)

2.3 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของการ์ดเนอร์ (Gardner)

ตอนที่ 3 แนวคิดและทฤษฎีในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

3.1 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

3.2 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์

3.3 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ

3.4 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวาดภาพกับการพัฒนามิติสัมพันธ์

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.1 พื้นฐานการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.2 สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (Brain Wave Signal)

4.3 การตรวจจับและจัดเก็บสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG)

4.4 วิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.5 หลักการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability)

ความสามารถมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) เป็นกระบวนการทางสมองสำคัญอีกประเภทหนึ่งที่นักจิตวิทยาหลายท่านอธิบายความหมายและโครงสร้างของความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของมนุษย์ในลักษณะต่าง ๆ กัน และมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป อาทิ สมรรถภาพทางสมอง (Mental Ability) เซาว์ปัญญาหรือสติปัญญา (Intelligence) ความถนัด (Aptitude) เป็นต้น ดังนั้นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จึงมีความหมายและมีการศึกษาองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ดังนี้

1.1 ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2552) ได้ให้ความหมายคำว่า มิติสัมพันธ์ ไว้ดังนี้ มิติ ในความหมายที่หนึ่ง หมายถึง การวัด (มักใช้ประกอบหลังศัพท์อื่น) เช่น ตรีโกณมิติ ลังคมมิติ ขนาด ซึ่งวัดไปตามทิศทางใดทิศทางหนึ่ง โดยถือขนาดยาวเป็นมิติที่ 1 ขนาดกว้างเป็นมิติที่ 2 ขนาดหนาหรือสูงเป็นมิติที่ 3 และถือว่าเวลาเป็นมิติที่ 4 ในทางศิลปะอาจใช้ หนาหรือลึก แทนกว้างหรือยาวก็ได้ ความหมายที่สอง มิติ หมายถึง ด้านมุมมอง

ส่วนคำว่า สัมพันธ์ หมายถึง ผูกพัน เกี่ยวข้อง

มิติสัมพันธ์ในภาษาอังกฤษใช้คำว่า Space Factor, Spatial Ability หรือ Spatial Relationships

โกเมนทร์ พรหมณี (2549) กล่าวว่า ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลในการรับรู้ การจินตนาการมองเห็นและเข้าใจเกี่ยวกับมิติต่าง ๆ ของวัตถุหรือรูปทรงต่าง ๆ ที่คงที่และหรือซ้อนทับกัน ตลอดจนจำแนกและมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปทรงต่าง ๆ ได้

เยาวภา ผูกสมัคร (2554) ได้ให้ความหมายสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของแต่ละบุคคลที่สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รูปภาพรูปทรง ระยะใกล้-ไกล หรือมุมที่แตกต่างกัน รวมทั้งการจัดจำแนกหรือประกอบรูปร่างต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ทั้งที่สามารถมองเห็นหรือมองไม่เห็น และความสัมพันธ์มีมโนภาพในการเห็นรูปทรงเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งหรือแปลงสภาพไป

เพียเจท์ และอินheldอร์ (Piaget & Inhelder, 1971) อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า เป็นการรับรู้จากการคิดมโนภาพอยู่เหนือความสามารถของเด็กที่สามารถรับรู้ได้เพียงวัตถุที่คงที่ เด็กจะต้องพัฒนาความคิดไปจนถึงขั้นการวาดมโนภาพ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดในระดับการรับรู้ การคิดมโนภาพ และเด็กต้องสามารถคิดสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ ได้ เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างมิติ การลงมือทำต่อวัตถุโดยตรง จึงจะเป็นวิธีที่นำไปสู่ความสามารถดังกล่าวได้ จากนั้นความรู้จากการกระทำต่อวัตถุจะซึมซับเข้าไปในตัวเด็ก และก่อให้เกิด

ความคิดความเข้าใจขึ้น หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในระดับ การรับรู้จากการคิดมโนภาพ คือระบบการซึมซับความรู้จากการลงมือกระทำวัตถุเข้าไปสู่ตัวเด็ก

คูเปอร์ และเรแกน (Cooper & Regan, 1982) มองมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการแปลงสื่อเป็นสัญลักษณ์ การเปลี่ยนแปลงรูปทรง การสร้างรูปแบบใหม่ และการจำรูปลักษณะ ภายในมิติหนึ่ง ๆ เพื่อไปสัมพันธ์กับอีกมิติหนึ่ง

การ์ดเนอร์ (Gardner, 1983) ได้อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถ ในการมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ และสามารถตามโนภาพของความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้น ภายในใจ พร้อมทั้งสามารถที่จะถ่ายทอดออกมาให้คนอื่นรับรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม

วิกิพีเดีย (Wikipedia, 2555) ได้ให้ความหมายมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ เมื่อเทียบกับตำแหน่งหรือจุดอ้างอิงจุดใดจุดหนึ่ง เช่น การอ้างอิง จากตัวเอง หน้า-หลัง บน-ล่าง ซ้าย-ขวา เป็นต้น

จากความหมายมิติสัมพันธ์และความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลในการนึกภาพ การจินตภาพความสัมพันธ์ การรับรู้วัตถุ รับรู้ตำแหน่ง และเข้าใจเกี่ยวกับมิติของวัตถุ รูปทรงที่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางในมุมมองที่แตกต่างกัน มีมโนภาพในการเห็นรูปทรงเมื่อ เปลี่ยนตำแหน่งหรือแปลงสภาพไป รวมทั้งการแยก การประกอบรูปร่าง รูปทรงต่าง ๆ หรือ การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่รูปทรง 3 มิติ

1.2 องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

แม็กจี (McGee, 1979) ได้ศึกษาโครงสร้างของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และสรุปว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มี 2 องค์ประกอบหลัก คือ Spatial Visualization (Vz) เป็นความสามารถ จินตนาการวัตถุที่มีการหมุน บิด หรือเปลี่ยนทิศทาง ความสามารถนี้จะวัดได้จากการทดสอบที่ ซับซ้อน เช่น Paper Folding ส่วน Spatial Orientation (SO) เป็นการรับรู้ความสามารถในการ จินตนาการถึงการปรากฏของวัตถุจากมุมมองที่แตกต่างกัน การเข้าใจภาพที่เปลี่ยนแปลง รูปแบบภายใน เช่น Hidden Figure เป็นต้น

ลินน์ และปีเตอร์เซน (Linn & Petersen, 1985) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการเป็นตัวแทน การเปลี่ยนแปลง การสร้าง และระลึกถึง สัญลักษณ์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ประกอบด้วย Mental Rotation, Spatial Perception, และ Spatial Visualization ได้อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) Mental Rotation เป็นความสามารถในการหมุนภาพสองมิติหรือสามมิติได้ถูกต้องอย่างรวดเร็ว แบบทดสอบการหมุนภาพสามมิติในใจยังรวมถึง แบบทดสอบ The Sheppard-Metzler Mental Rotation, Flags and Cards, Primary Mental Abilities Space, Hidden Patterns, Paper Form Board, Progressive Matrices, and The Vandenberg Test

2) Spatial Perception เป็นความสามารถของบุคคลในการพิจารณาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่กับทิศทาง การทดสอบความสามารถชนิดนี้รวมถึงแบบทดสอบ The Rod and Frame Test (RFT) และแบบทดสอบ The Water Level Task

3) Spatial Visualization เป็นการจัดการของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ซับซ้อนหลายขั้นตอน จึงต้องมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันมากกว่าการจับคู่ของตัวแทนเหล่านั้น Mental Rotation and Spatial Perception อาจจะเป็นหรือไม่เป็นส่วนประกอบในการวิเคราะห์ยุทธศาสตร์ความสมบูรณ์ของกิจกรรม แบบทดสอบประเภทนี้รวมถึง RFT, Hidden Figures and Paper Folding, Paper Form Board, Surface Development, Differential Aptitude Test (Spatial Relations Subtest), Block Design, and Guilford-Zimmerman Spatial Visualization เป็นการวัดสมรรถภาพสมองด้านมิติสัมพันธ์ด้วยแบบทดสอบ 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 แบบหมุนภาพ และแบบที่ 2 แบบทิศทาง

โลห์แมน (Lohman, 1988, 1996) ได้กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการสร้าง การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับและการทำให้เปลี่ยนแปลง โครงสร้างการใช้ภาพจินตนาการได้เป็นอย่างดี ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จึงมีความสำคัญที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกระบวนการเกิดการจินตภาพ การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับและการเปลี่ยนสภาพไป และมีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถของมนุษย์ในทุกรูปแบบ โดยในปี 1988 โลห์แมน ได้สรุปความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่ามี 3 องค์ประกอบ คือ Spatial Visualization, Spatial Orientation, และ Speeded Rotation ได้อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1) Spatial Visualization (Vz) เป็นองค์ประกอบที่ธรรมดามาก แต่เป็นเรื่องยากที่จะระบุให้ชัดเจน เพราะว่าการทดสอบก็เป็นการบอกถึงความฉลาดทั่ว ๆ ไป หรือในภาพรวมถือว่าเป็นความสามารถทางความคิด ลักษณะสำคัญของการทดสอบ Spatial Visualization ที่ชัดเจนอย่างหนึ่งคือ มีความซับซ้อน ซึ่งบางครั้งต้องใช้การหมุน การสะท้อน หรือการพับที่ซับซ้อน แต่บางคนอาจต้องการการเปลี่ยนแปลงหลายลักษณะ

2) Spatial Orientation (SO) เห็นด้วยกับการให้ความหมายของแม็กจี และเสริมว่าเป็นเรื่องยากที่จะแยก Spatial Orientation ออกจาก Spatial Visualization เพราะทั้งสององค์ประกอบนี้จำเป็นต้องใช้ทักษะการให้เหตุผลมาร่วมพิจารณาด้วย และอาจจะแก้ไขด้วยการหมุนมากกว่า การเคลื่อนไหวภาพในมุมมองที่ต้องการด้วยตัวเอง

3) Speeded Rotation (SR) เป็นองค์ประกอบที่ถูกนิยามด้วยการทำแบบทดสอบของแต่ละคนซึ่งจะถูกตรวจสอบเมื่อได้รับการกระตุ้น คือ การหมุนเป้าหมาย 2 มิติ (อาทิ เกมการ์ด) ที่มีการหมุนและตอบกลับอย่างรวดเร็ว

คาร์โรล (Carroll, 1993) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลมากกว่า 140 ชุด พบว่ามี 5 องค์ประกอบหลัก ๆ คือ Spatial Visualization (Vz), Spatial Relations (SR), Closure Speed (CS), Flexibility of Closure (CF), และ Perceptual Speed (P) โดยได้อธิบายแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

- 1) Spatial Visualization (Vz) ว่ามีความหมายไม่แตกต่างจากนักวิชาการท่านอื่น
- 2) Spatial Relations (SR) สามารถพิจารณาได้จาก Speeded Rotation (SR) ของโลห์แมน
- 3) Closure Speed (CS) เกี่ยวกับความแตกต่างในความสามารถของบุคคลเพื่อเป็นตัวแทนเข้าไปสู่ความจำระยะยาว เมื่อตัวแทนที่ถูกนำเสนอไม่สมบูรณ์ ซึ่งผู้ร่วมทดลองจะไม่บอกว่าอะไรที่มองหาเพื่อมาเป็นตัวแทน
- 4) Flexibility of Closure (CF) บางครั้งถูกเรียกว่า Field Independence or Disembedding แต่หลักฐานทางจิตวิทยาสำหรับองค์ประกอบนี้ค่อนข้างคลุมเครือ
- 5) Perceptual Speed (P) มีลักษณะเด่นคือความเร็ว โดยให้ค้นหาวัตถุที่อยู่กระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบอย่างรวดเร็ว อาจรวมถึงการจับคู่วัตถุ หรือตำแหน่งที่เหมือนกัน

ไมเออร์ (Maier, 1994) ได้ศึกษาและสรุปองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่ามี 5 องค์ประกอบ คือ Spatial Perception, Spatial Visualization, Spatial Rotations, Spatial Relations และ Spatial Orientation

คิมูระ (Kimura, 1999) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบเชิงมิติสัมพันธ์ไว้ว่ามี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ Spatial Orientation, Spatial Location Memory, Targeting, Spatial Visualization, Disembedding, and Spatial Perception ดังมีรายละเอียดดังนี้

- 1) Spatial Orientation เป็นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงการวางแนวของวัตถุ 2 มิติ (เช่น ตัวอักษร ภาพตรงกลางของหน้าปัดนาฬิกา และรูปร่างที่เรียบง่าย) และวัตถุ 3 มิติ (เช่น ลูกบาศก์ ชุดของลูกบาศก์ และภาพถ่ายของวัตถุจริง) หมุนในพื้นที่ 2D หรือ 3D
- 2) Spatial Location Memory เป็นความสามารถในการจำตำแหน่งของวัตถุตามลำดับ ซึ่งเป็นการทดสอบที่ดีสำหรับความจำเชิงพื้นที่ การทดสอบของความจำตำแหน่งพื้นที่นำเสนอลำดับชุดของวัตถุที่เหมือนจริงหรือรูปทรงเรขาคณิต

3) Targeting เป็นความสามารถที่จะสกัดหรือโยนไปที่เป้าหมาย ซึ่งเป็นเรื่องยากที่จะจำแนกความสามารถนี้เพราะมันมีความสัมพันธ์มากกับความสามารถเชิงกล การวัดผลต้องมีการขว้างปาวัตถุไปที่เป้าหมาย

4) Spatial Visualization เป็นความสามารถในการรับรู้และการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ แม้ว่าความสามารถนี้มีลักษณะคล้ายกันมากกับการหมุน ทักษะนี้ไม่ต้องใช้การหมุนของวัตถุ แต่เป็นการประมาณการของตำแหน่งหนึ่งในความสัมพันธ์ที่คงที่ของวัตถุ การสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์ที่ถูกกำหนดว่าเป็นความสามารถในการจินตนาการ ซึ่งเป็นผลหลังจากที่พับหรือประกอบชิ้นส่วนของวัตถุ ลักษณะของการทดสอบส่วนใหญ่ต้องการให้จินตนาการสร้างภาพเชิงมิติสัมพันธ์

5) Disembedding เป็นทักษะที่ช่วยให้ค้นหาวัตถุอย่างง่ายเมื่อมีการฝังตัวอยู่ในรูปแบบที่มีความซับซ้อนมาก ๆ แต่องค์ประกอบนี้ให้ความยืดหยุ่นทางความคิดอย่างมีอิสระ

6) Spatial Perception เป็นความสามารถของบุคคลในการกำหนดทิศทางทั้งแนวนอนและแนวตั้งที่กระจายอยู่ในภาพ ซึ่งการทดสอบความสามารถนี้ต้องการให้วาดเส้นระดับน้ำในขวดใสที่เอียง ส่วนอีกการทดสอบหนึ่งต้องการให้จัดรูปแบบ (แนวนอนหรือแนวตั้ง) ที่ถูกล้อมรอบด้วยกรอบ

เฮกาตี และโคเซฟนิคอฟ (Hegarty & Kozhevnikov, 1999) ได้จำแนกการจินตภาพออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้ภาพจินตนาการ (Visual Imagery) เป็นการสร้างภาพจินตนาการให้สามารถสะท้อนความเข้าใจผ่านการมองเห็นภาพวัตถุ และการจินตภาพเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Imagery) เป็นความสัมพันธ์เชิงมิติระหว่างส่วนของวัตถุกับตำแหน่งพื้นที่ว่างหรือการเคลื่อนที่ของวัตถุ

เอลเลน (Allen, 2003) ได้จัดกลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 3 กลุ่ม

1) การนิยามวัตถุ (Object Identification) ด้วยการถามว่ามันคืออะไร "What is it?"

2) การระบุตำแหน่งวัตถุ (Object localization) ด้วยการถามว่ามันอยู่ที่ไหน "Where is it?"

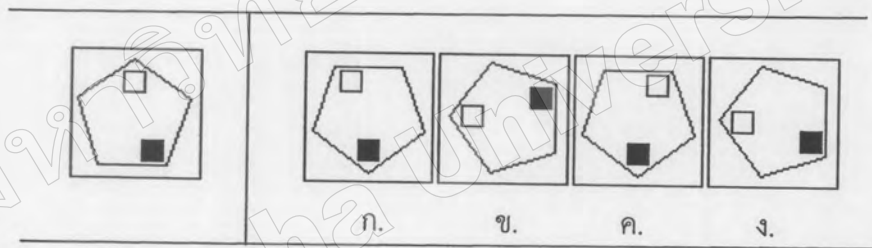
3) การระบุสถานที่ (traveler Orientation) ด้วยการถามว่าฉันอยู่ที่ไหน "Where am I?"

จากการศึกษาองค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ สรุปได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการสร้าง การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองในการใช้ความคิด การรับรู้ความสามารถในการจินตนาการ ปรากฏการณ์ของวัตถุเมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบ เปลี่ยนทิศทางจากมุมมองที่แตกต่างกัน ซึ่งต้องใช้การทดสอบที่มีความซับซ้อนตามลักษณะของแต่ละองค์ประกอบ โดยส่วนใหญ่พบว่ามี 5 องค์ประกอบหลัก คือ Spatial Perception, Spatial Visualization, Spatial Rotations, Spatial Relations และ Spatial Orientation จึงอาจกล่าวได้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกระบวนการคิด การจินตภาพ การเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการเปลี่ยนสภาพของวัตถุ ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อความสามารถของมนุษย์ทุกองค์ประกอบ เพราะต้องใช้ทักษะการให้เหตุผลมาร่วมพิจารณา

มิติสัมพันธ์เป็นการทดสอบความสามารถทางสติปัญญาประเภทหนึ่งที่สำคัญการมองเห็น การจินตนาการหรือการมีมโนภาพเกี่ยวกับรูปร่าง รูปทรงในมิติเชิงพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งในรูปที่มีความหมาย และไม่มี ความหมาย ผู้ตอบแบบทดสอบจะต้องมีมโนภาพว่า รูปทรงจะเปลี่ยนไปเป็นอย่างไร เมื่อรูป ที่กำหนดให้หมุนไปหรือเปลี่ยนสภาพไป นอกจากนั้น ผู้ตอบจะต้องสามารถมองเห็นและเชื่อมโยง ความสัมพันธ์ของรูปทรงต่าง ๆ ได้ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีหลายลักษณะ ดังนี้

1) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ

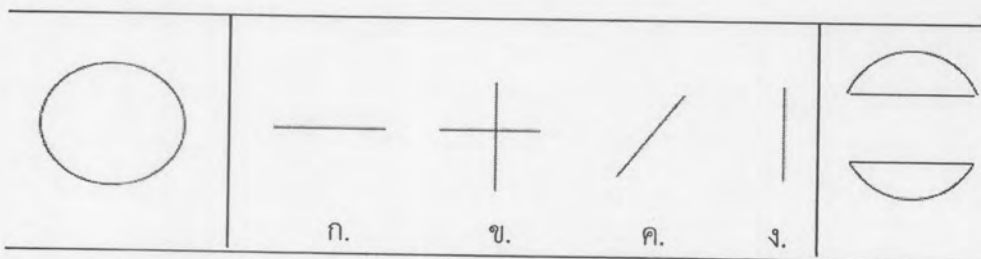
แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ (Movement Sequence) สามารถแบ่งออกได้สองลักษณะ คือ แบบหมุนภาพกับแบบเลื่อนภาพ ข้อสอบแบบหมุนภาพโจทย์จะกำหนดภาพปัญหามาให้ 3 ภาพ ทั้ง 3 ภาพที่กำหนดให้มีทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ผู้ตอบจะต้องพิจารณาว่า ภาพทั้ง 3 ที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กันด้วยการหมุนบางส่วน ของภาพ ถ้าหมุนต่อไปตามลักษณะเดิม ภาพที่ 4 จะเป็นภาพอะไร ซึ่งเป็นภาพตัวเลือกที่กำหนดมาให้ ส่วนแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ แบบเลื่อนภาพ โจทย์จะกำหนดภาพต้นแบบมาให้ 1 ภาพ เมื่อมีการหมุนบางส่วน ของภาพไปใน ทิศทางที่กำหนด ภาพใดเหมือนกันกับภาพต้นแบบ



ภาพที่ 3 มิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพหรือเลื่อนภาพ

2) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ

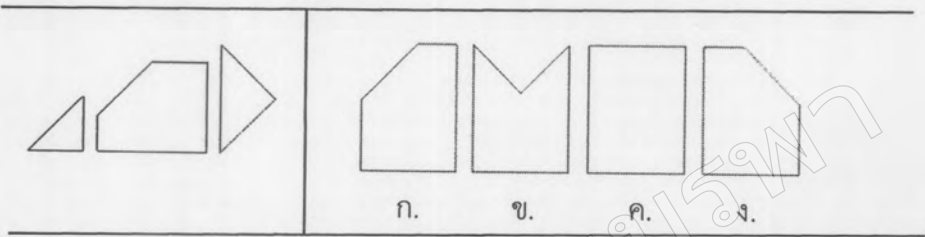
แบบตัดภาพ (Figure Dividing) นี้ โจทย์จะกำหนดภาพเดิมมาให้หนึ่งภาพ และภาพที่ ถูกตัดแล้วอีกหนึ่งภาพ ผู้สอบจะต้องพิจารณาว่าภาพเดิมนั้นถูกตัดด้วยเส้นอะไร จึงจะกลายเป็น ภาพถูกตัดที่กำหนดให้



ภาพที่ 4 มิติสัมพันธ์แบบตัดภาพ

3) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ

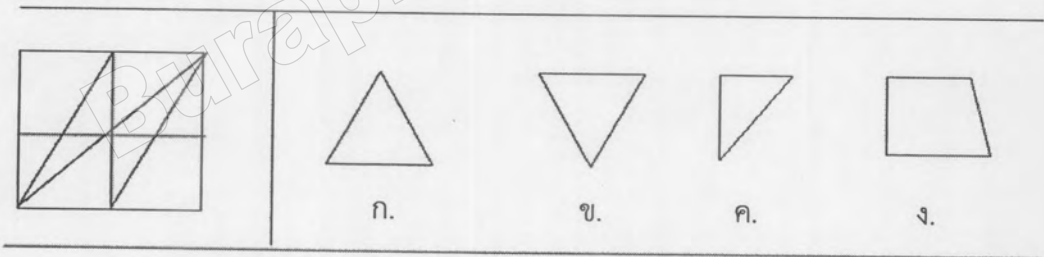
แบบรวมภาพ (Combining Figure) โจทย์จะกำหนดภาพเป็นส่วน ๆ มาให้ ผู้ตอบจะต้องมีโนภาพว่า แต่ละส่วนที่กำหนดมาให้แล้ว เมื่อนำมาต่อหรือประกอบเข้าด้วยกัน จะกลายเป็นภาพอะไร ภาพที่กำหนดมาให้เป็นชิ้น ๆ อาจเป็น 2, 3 หรือ 4 ชิ้น ทำหน้าที่เป็นตัวปัญหา (Stem) ของข้อสอบแบบเลือกตอบ ภาพที่ประกอบแล้วเสร็จจะทำหน้าที่เป็นตัวเลือกตอบ



ภาพที่ 5 มิติสัมพันธ์แบบรวมภาพ

4) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ

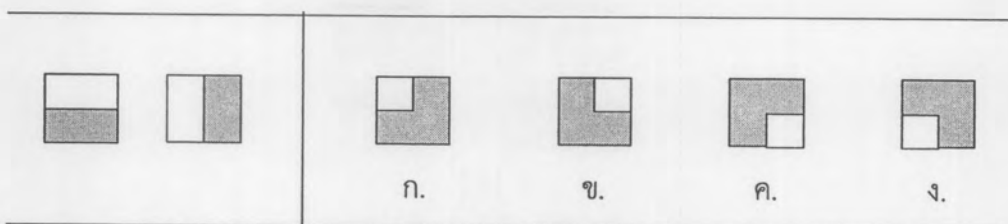
แบบซ่อนภาพ (Hidden Figure) นี้ เป็นการทดสอบความสามารถทางปัญญาว่า ผู้ตอบสามารถค้นพบภาพเล็กที่ซ่อนอยู่ในภาพปัญหา ซึ่งเป็นภาพให้ได้รวดเร็วและถูกต้องเพียงใด แบบทดสอบแบบซ่อนภาพ โจทย์มักจะกำหนดภาพปัญหาให้ผู้ตอบตรวจสอบดูว่าจะมีภาพของตัวเลือกใดซ่อนอยู่ในภาพปัญหา โดยมีขนาดและทิศทางเหมือนเดิม



ภาพที่ 6 มิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ

5) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ

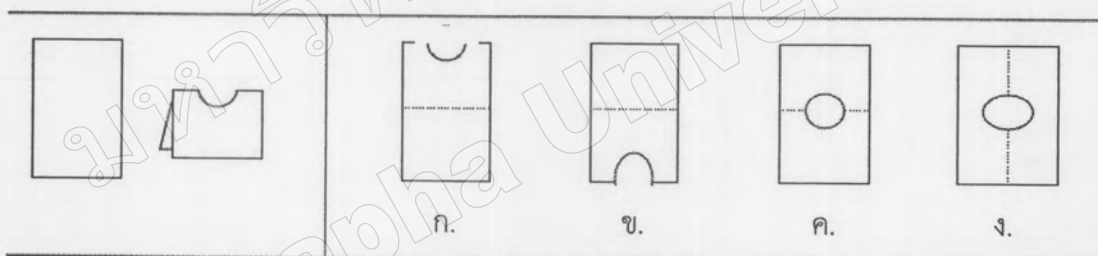
แบบซ่อนภาพ (Pattern Synthesis) นี้ โจทย์จะกำหนดภาพปัญหาให้สองภาพ ผู้ตอบจะต้องมีแนวคิดและมีโนภาพว่า ถ้านำภาพปัญหาที่กำหนดให้สองภาพมาซ้อนกันแล้วจะเกิดภาพใหม่ขึ้น ซึ่งจะเหมือนภาพใด จากภาพตัวเลือกที่กำหนดให้



ภาพที่ 7 มิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ

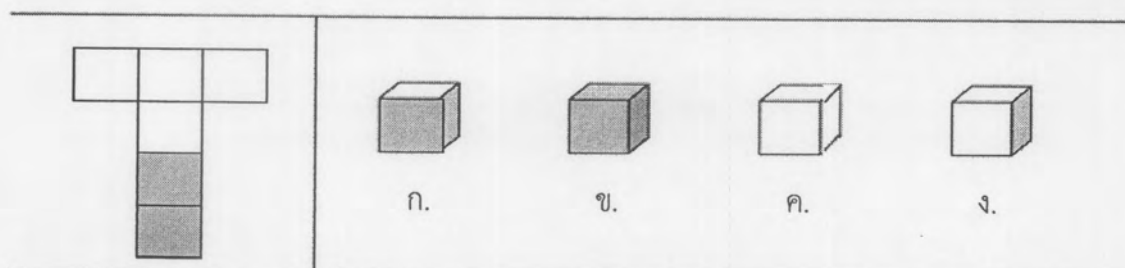
6) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ และแบบพับกล่อง

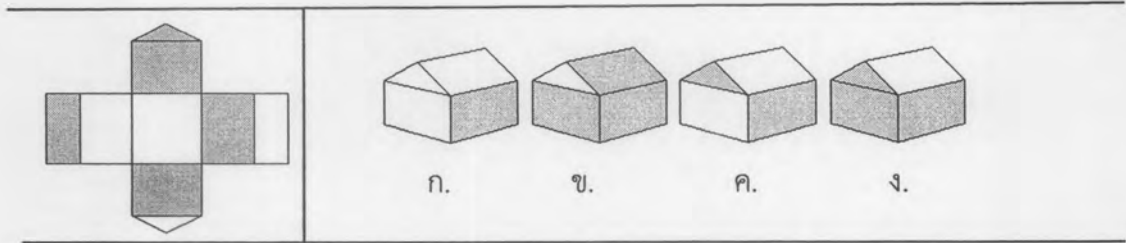
แบบพับกระดาษ (Paper Folding) นี้ โจทย์จะกำหนดกระดาษสี่เหลี่ยมมาให้ จากนั้นจะพับกระดาษตามรูปที่กำหนดมาให้ การพับกระดาษนี้อาจพับครั้งเดียวหรือสองครั้งก็ได้ และในตอนท้ายที่สุดจะตัดกระดาษที่พับนี้ออก ซึ่งกระบวนการพับและตัดนี้ โจทย์จะกำหนดปัญหาให้ผู้สอบแสดงคำตอบที่ถูกต้อง โดยผู้สอบจะต้องมีโนภาพว่าภายหลังจากตัดกระดาษที่พับแล้วควรถูกออก กระดาษแผ่นเดิมจะมีรูปร่างข้อใด



ภาพที่ 8 มิติสัมพันธ์แบบพับกระดาษ

ส่วนแบบพับกล่อง (Paper Folding) นี้ โจทย์จะกำหนดภาพปัญหาให้ ซึ่งมีภาพคล้ายกับกล่องกระดาษที่คลี่ออก ผู้สอบจะต้องมีโนภาพว่า เมื่อพับกระดาษตามรอยที่กำหนดให้จะได้กล่องรูปอะไร ทั้งนี้คำตอบจะต้องเป็นกล่องที่มีขนาดเท่าเดิม และมีรูปร่างเหมือนเดิม และมีรายละเอียดอื่น ๆ เช่น สี หรือ จุด มีขนาดที่ถูกต้อง

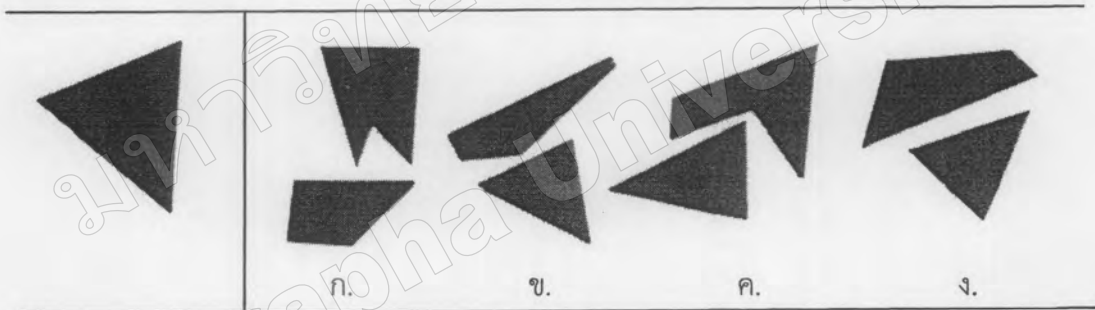




ภาพที่ 9 มิติสัมพันธ์แบบพับกล่อง

7) แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ

แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ (Matching Parts and Figure) นี้ โจทย์จะกำหนดรูปปัญหาให้ 1 ภาพ ผู้ตอบจะต้องมีโนภาพว่า เมื่อรูปที่กำหนดให้แยกออกเป็นส่วน ๆ โดยภาพที่จัดเข้าคู่แล้วเสร็จจะทำหน้าที่เป็นต้นปัญหา (Stem) ของข้อสอบแบบเลือกตอบ ภาพที่ให้เป็นชิ้น ๆ อาจเป็น 2, 3 หรือ 4 ชิ้น ทำหน้าที่เป็นตัวเลือก เมื่อนำชิ้นส่วนมาจัดเข้าคู่แล้วเสร็จจะได้ดังภาพใด



ภาพที่ 10 มิติสัมพันธ์แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะรัตน์ โพธิ์ปติ (2549) ได้ศึกษาการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบแยกภาพรูปทรงเรขาคณิตและแบบพับกระดาษ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ของโรงเรียนในเครือคณะภคินีพระหฤทัยของพระเยซูเจ้าแห่งกรุงเทพฯ ในกรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี จำนวน 26 ห้องเรียน จำนวน 1,233 คน การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีเปรียบเทียบกลุ่มต่างของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบแยกภาพรูปทรงเรขาคณิตและแบบพับกระดาษ โดยใช้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ปรากฏว่า คะแนนของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ทั้งสองฉบับของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีค่าสูงกว่าของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ในทุกระดับชั้นและการแสดงหลักฐาน

ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างโดยการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยในแต่ละฉบับมีค่า .378 ถึง .587 และ .421 ถึง .745 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าสหสัมพันธ์ของส่วนย่อยระหว่างฉบับที่สมนัยกันมีค่าตั้งแต่ .115 ถึง .291 ข้อค้นพบทั้งสองวิธีดังกล่าว เป็นการแสดงหลักฐานว่าแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบแยกภาพรูปทรงเรขาคณิตและแบบพับกระดาษมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับอีกวิธีหนึ่ง คือ การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม LISREL พบว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีความเที่ยงตรงตามโครงสร้างในการวัดมิติสัมพันธ์โดยโมเดลอันดับสอง (Second Order) มีความสอดคล้องเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Modelfit)

นัทธินัทธ อธิกมลเลิศ (2549) ได้เปรียบเทียบคุณลักษณะของข้อสอบและแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพและแยกภาพที่มีลักษณะพื้นแตกต่างกัน เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น และแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพและแยกภาพ ที่มีลักษณะพื้นต่างกันสี่รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 มีพื้นเป็นสีขาว รูปแบบที่ 2 มีพื้นเป็นลายเส้น รูปแบบที่ 3 มีพื้นเป็นสีดำ และรูปแบบที่ 4 มีพื้นเป็นลายจุด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร กลุ่มศรีนครินทร์ จำนวน 800 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย ผลการวิจัยปรากฏว่า ค่าความยากของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพที่มีพื้นเป็นลายจุดยากมากที่สุด และแบบซ้อนภาพที่มีพื้นเป็นสีขาวง่ายที่สุด ส่วนแบบแยกภาพที่มีพื้นเป็นสีขาวยากมากที่สุด และแบบแยกภาพที่มีพื้นเป็นลายเส้นง่ายที่สุด โดยแต่ละรูปแบบของฉบับเดียวกันมีค่าความยากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าแบบทดสอบสองฉบับในรูปแบบเดียวกัน มีค่าความยากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < .05$ ในทุกรูปแบบ

เบน-เชม, ลัพแพน และฮวง (Ben-Chaim, Lappan & Houang, 1988) ได้ศึกษาการมองภาพของเด็กนักเรียนในระดับ 6, 7 และ 8 โดยใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 10 แบบ คือแบบทดสอบประกอบภาพ แบบทดสอบหารูปแปลน แบบทดสอบหาด้านข้างจากรูปแปลน แบบทดสอบหารูปทรง 3 มิติจากรูปแปลน แบบทดสอบหาด้านต่าง ๆ จากรูปทรง 3 มิติ แบบทดสอบนับลูกบาศก์ แบบทดสอบหาด้านตรงข้ามจากลูกบาศก์ แบบทดสอบหารูปทรงเมื่อบ่งชี้ลูกบาศก์ที่ถูกดึงออกมา แบบทดสอบรวมองค์ประกอบ และแบบทดสอบจำแนกรูปบล็อก ผลการวิจัยพบว่าเด็กที่เรียนในระดับต่างกันจะมีความสามารถในการมองภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบมิติสัมพันธ์มีหลายรูปแบบที่ใช้วัดระดับความสามารถในการมองภาพ และการจินตนาการภาพคำตอบ ของกลุ่มตัวอย่างได้แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ต้องมีคุณภาพด้านความตรง ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น และผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงยังส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย

ตอนที่ 2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget)

เพียเจต์ (Piaget, 1964) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาโดยเชื่อว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมีความพร้อมที่จะเรียนรู้ และได้อธิบายกระบวนการทางสติปัญญาไว้ว่า บุคคลเกิดการเรียนรู้จากกระบวนการซึมซับหรือดูดซึม (Assimilation) ข้อมูลและประสบการณ์ต่าง ๆ เข้าไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางสติปัญญาเดิมของตนเป็นเหตุให้โครงสร้างเดิมเปลี่ยนแปลงไป หากมีการปรับอย่างผสมผสาน กลมกลืน จะก่อให้เกิดสภาพที่มีความสมดุลขึ้น แต่หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิมให้เข้ากันได้ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล ซึ่งบุคคลต้องใช้กระบวนการปรับสภาวะ (Accommodation) เข้าไปช่วย ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาสามารถจำแนกออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

- 1) ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensory Motor Stage) ระยะแรกเกิด 2 ปี เด็กวัยนี้จะพัฒนาทักษะทางกล้ามเนื้อและการเคลื่อนไหว ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาการทางสติปัญญา เด็กจะพัฒนาการเคลื่อนไหวจากปฏิกิริยาสะท้อนไปสู่การเคลื่อนไหวที่ปรับปรุงให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม
- 2) ขั้นก่อนปฏิบัติการความคิด (Pre-Operational Stage) อายุตั้งแต่ 2-7 ปี เป็นวัยที่เข้าใจสัญลักษณ์ต่าง ๆ และสามารถใช้สัญลักษณ์เหล่านั้นอย่างมีประสิทธิภาพ
- 3) ขั้นปฏิบัติการความคิดรูปธรรม (Concrete-Operational Stage) อายุตั้งแต่ 7-11 ปี เด็กจะเข้าใจปัญหาในแง่มุมต่าง ๆ เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลง สามารถแก้ไขปัญหเกี่ยวกับการอนุรักษ์ และเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งของต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม แต่ยังไม่ได้คิดในเชิงนามธรรม เด็กจะอธิบายหรือแก้ปัญหาโดยอาศัยการกระทำของจริงหรือสิ่งของที่เป็นวัตถุเท่านั้น
- 4) ขั้นปฏิบัติการความคิดทางนามธรรม (The Period of Formal Operational Stage) อายุตั้งแต่ 11-15 ปี ขั้นนี้เป็นขั้นที่เด็กจะมองเห็นความชัดเจนทางนามธรรมได้ เด็กเริ่มเข้าใจเหตุผล โดยจะสามารถอาศัยหลักเกณฑ์ของความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาประกอบการใช้เหตุผลได้ สามารถแก้ปัญหาอย่างมีระเบียบ ตั้งสมมติฐานโดยอาศัยจินตนาการหรือการสังเกตตนเองได้ และเป็นระยะที่โครงสร้างทางสติปัญญาพัฒนาสูงสุด เด็กวัยนี้จะมีความสามารถเชิงอุปมานและอนุมานมากขึ้น

2.2 ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford)

กิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ได้พัฒนาความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางสติปัญญา โดยสร้างแบบจำลองขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 เรียกว่า แบบจำลองโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด ออกมาเป็นหุ่นลูกบาศก์ (Model of Intellectual Ability) มากถึง 120 องค์ประกอบ และมีลักษณะเป็น 3 มิติ โดยเห็นว่าสติปัญญาเกิดจากการร่วมกันของมิติทั้ง 3 คือ

1) มิติด้านวิธีการคิด (Operation) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่บุคคลใช้ในการคิด แบ่งออกเป็น 5 ประการคือ

- 1.1) คิดแบบรู้และเข้าใจ (Cognitive: C)
- 1.2) คิดแบบจำ (Memory: M)
- 1.3) คิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking: D)
- 1.4) คิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking: N)
- 1.5) คิดแบบประเมิน (Evaluation: E)

2) มิติด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง วัตถุหรือข้อมูลที่ใช้เป็นสื่อก่อให้เกิดความคิด แบ่งออกเป็น 4 ประการคือ

- 2.1) ภาพ (Figural: F)
- 2.2) สัญลักษณ์ (Symbolic: S)
- 2.3) ภาษา (Semantic: M)
- 2.4) พฤติกรรม (Behavior: B)

3) มิติด้านผลของการคิด (Products) หมายถึง ผลของความคิด ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นหน่วย (Unit) เป็นกลุ่มหรือพวกของสิ่งต่าง ๆ (Classes) เป็นความสัมพันธ์ (Relation) เป็นระบบ (System) เป็นการแปลงรูป (Transformation) การประยুক্ত (Implication) และการคาดคะเน การขยายข้อมูลออกไปในรูปการทำนายความสามารถทางความคิดของบุคคล เป็นผลจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหา และด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ประการ คือ

- 3.1) หน่วย (Unit: U)
- 3.2) จำพวก (Classes: C)
- 3.3) ความสัมพันธ์ (Relation: R)
- 3.4) ระบบ (System: S)
- 3.5) การแปลงรูป (Transformation: T)
- 3.6) การประยুক্ত (Implication: I)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด จะพบว่า วิธีการคิดที่เน้นเรื่องความคิดสร้างสรรค์ ก็คือ การคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) และเมื่อนำการคิดแบบอเนกนัยไปสัมพันธ์กับมิติด้านเนื้อหาซึ่งมีองค์ประกอบย่อย ๆ 4 ประการคือ ภาพ สัญลักษณ์ ภาษาและพฤติกรรม และมิติด้านผลของความคิด ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย ๆ 6 ประการคือ หน่วย จำพวก ความสัมพันธ์ ระบบ การแปลงรูปและการประยুক্ত จะได้ความสามารถหรือเซลล์ 24 แบบ หรือ 24 เซลล์

2.3 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของการ์ตเนอร์ (Gardner)

การ์ตเนอร์ (Gardner, 1983) กล่าวถึงความฉลาดทางสติปัญญาว่าเป็นความฉลาดที่วัดด้วยแบบทดสอบจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับเชาว์ไหวไหวพริบ และความสามารถในการแก้ไขปัญหา ด้านตรรกะ ตัวเลข ความจำ ความสามารถทางภาษา ความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ ซึ่งก็ถูกวิพากษ์วิจารณ์ถึงข้อจำกัดกันมาก ปัจจุบันพบว่าความฉลาดของคนไม่ได้แสดงออกมาเพียงแค่นั้น แต่เป็นความฉลาดที่มีความหลากหลายหรือที่เรียกว่า พหุปัญญา (Multiple Intelligence) ซึ่งนักจิตวิทยาชาวอเมริกาชื่อโฮเวิร์ด การ์ตเนอร์ (Howard Gardner) กล่าวว่า คนเราทุกคนมีความสามารถทางสมองหลายด้านด้วยกัน โดยธรรมชาติแล้วมนุษย์ทุกคนจะมีความฉลาด 7 ด้าน และภายหลังได้เพิ่มเติมอีก 2 ด้าน รวมเป็นสติปัญญา 9 ด้าน ดังนี้

- 1) ความฉลาดด้านภาษา (Linguistic Intelligence) คือ ความสามารถด้านภาษา การพูดโน้มน้าวผู้อื่น ความสามารถในการเขียน ความสามารถด้านบทกวี มีความสามารถในการจำวัน เดือน ปี และคิดประดิษฐ์คำ
- 2) ความฉลาดด้านการคำนวณ (Logical-Mathematical Intelligence) คือ ความสามารถในการใช้เหตุผล การคำนวณ ความสามารถด้านจำนวนตัวเลข ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาความสามารถในการวิเคราะห์คิดเป็นระบบ
- 3) ความฉลาดด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Intelligence) คือ ความสามารถในการสร้างภาพในสมอง ความสามารถในการสร้างจินตนาการสร้างภาพต่าง ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน เช่น สถาปนิกสร้างภาพตึกหรือเมืองขึ้นจากภาพจินตนาการ ความสามารถในการอ่านภาพแผนที่ แผนภูมิ ความสามารถในด้านจินตนาการสร้างสรรค์
- 4) ความฉลาดด้านกายภาพหรือร่างกาย (Bodily-Kinesthetic Intelligence) คือ ความสามารถในการใช้สรีระ ร่างกาย ความสามารถในการเล่นกีฬาที่ใช้สรีระร่างกายได้อย่างคล่องแคล่ว ความสามารถในการเต้นรำ การแสดงและรวมถึงความสามารถในด้านหัตถกรรม และ การใช้เครื่องมือต่าง ๆ การเคลื่อนไหว การสัมผัสและใช้ภาษาท่าทาง
- 5) ความฉลาดด้านดนตรี (Musical Intelligence) คือ ความสามารถในด้านดนตรี ด้านการร้องเพลง จังหวะเสียงที่มีความแตกต่างได้ดี สามารถจำทำนองจังหวะเพลง เสียงดนตรีได้ดี ความสามารถในการเล่นเครื่องดนตรี
- 6) ความฉลาดด้านทักษะสังคม (Interpersonal Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าสังคม การเป็นมิตรกับคนอื่นได้ง่าย ความสามารถเข้าใจความรู้สึกของผู้อื่น ความสามารถในการสื่อสารการจัดการและความเป็นผู้นำ ชอบพูดคุยกับผู้อื่นมีมนุษยสัมพันธ์ดี สามารถบริหารความขัดแย้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7) ความฉลาดด้านบุคคล (Intrapersonal Intelligence) คือ ความสามารถของบุคคลในการเข้าใจตนเอง มีความมั่นใจในตนเอง เข้าใจถึงศักยภาพของตนเองสามารถตั้งเป้าหมายในชีวิตได้อย่างเหมาะสม ชอบการทำงานคนเดียว ใช้เวลาในการคิดใคร่ครวญ และทำตามความสนใจของตนเอง

8) ความฉลาดด้านธรรมชาติ (Naturalist Intelligence) คือ ความสามารถในการเข้าใจ การเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติ และปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เข้าใจความสำคัญของตนเอง กับสิ่งแวดล้อม มองเห็นความงาม ความสัมพันธ์ของสรรพสิ่งในธรรมชาติ ตระหนักถึงความสามารถของตนเองที่จะมีส่วนช่วยในการอนุรักษ์ธรรมชาติ

9) ความฉลาดด้านอัตถวาทนิยม จิตนิยม หรือการดำรงคงอยู่ของชีวิต (Existential Intelligence) คือ ความไวและความสามารถในการจับประเด็นคำถามที่เกี่ยวกับการดำรงอยู่ของมนุษย์ สรุปได้ว่า ความฉลาดเป็นเรื่องเกี่ยวกับไหวพริบในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความเชื่อมโยง มีความซับซ้อน และมีความเกี่ยวพันซึ่งกันและกันของระบบประสาท ทุกคนสามารถพัฒนาตนเองให้ถึงระดับความฉลาดแต่ละประเภทได้ตามความถนัดและศักยภาพ ความฉลาดที่หลากหลายของคนไม่อาจวัดได้ด้วยมาตรฐานเดียว มีหลายวิธีที่จะเข้าถึงระดับความฉลาดในแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับรูปแบบการเรียนรู้ของแต่ละคนที่จะนำความฉลาดประเภทต่าง ๆ มาใช้ทำงานร่วมกัน ความฉลาดเป็นสิ่งที่สร้างหรือปั้นได้ ซึ่งเป็นความเห็นที่ต่างจากแนวความคิดของเพียเจต์ ที่เชื่อว่าความฉลาดเป็นสิ่งที่ติดตัวมาตั้งแต่เกิดและยากที่จะเปลี่ยนแปลง

ตอนที่ 3 แนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

การพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์ แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ และแนวคิดเกี่ยวกับการวาดภาพกับการพัฒนามิติสัมพันธ์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีขั้นตอนการพัฒนาดังนี้

3.1 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

การศึกษาแนวคิดเชิงมิติสัมพันธ์ เพียเจต์ และอินhelder (Piaget & Inhelder, 1967) อธิบายถึงการแสดงออกทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ว่า เป็นขั้นตอนพัฒนาการทางสมองที่ควบคุมความสามารถในการวาดภาพและการใช้มิติ และในปี 1971 ได้อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า เป็นการรับรู้จากการคิดมโนภาพ เด็กจะต้องพัฒนาความคิดไปจนถึงขั้นการวาดมโนภาพการเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ ได้ เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์

ระหว่างมิติ และลงมือทำต่อวัตถุโดยตรง สำหรับการด์เนอร์ (Gardner, 1983) อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่าเป็นความสามารถในการมองเห็นความเชื่อมโยงของสิ่งต่าง ๆ และสามารถวาดมโนภาพของความเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ พร้อมทั้งสามารถถ่ายทอดออกมาให้คนอื่นรับรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่วนกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) ได้พัฒนาความคิดเกี่ยวกับโครงสร้างทางสติปัญญาเป็นหุ่นลูกบาศก์ที่มีลักษณะเป็น 3 มิติ โดยเห็นว่าสติปัญญาเกิดจากการร่วมกันของมิติทั้ง 3 คือ 1) มิติด้านวิธีการคิด (Operation) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่บุคคลใช้ในการคิด 2) มิติด้านเนื้อหา หมายถึง วัตถุหรือข้อมูลที่ใช้เป็นสื่อก่อให้เกิดความคิด และ 3) มิติด้านผลของการคิด หมายถึง ผลของความคิด ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นหน่วย เป็นกลุ่มหรือพวกของสิ่งต่าง ๆ เป็นความสัมพันธ์ เป็นระบบ เป็นการแปลงรูป เป็นการประยุกต์ และการคาดคะเน การขยายข้อมูลออกไปในรูปการทำนายความสามารถทางความคิดของบุคคล เป็นผลจากการผสมผสานมิติด้านเนื้อหา และด้านปฏิบัติการเข้าด้วยกัน ซึ่งจะนำไปสู่ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้

3.2 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับมิติสัมพันธ์

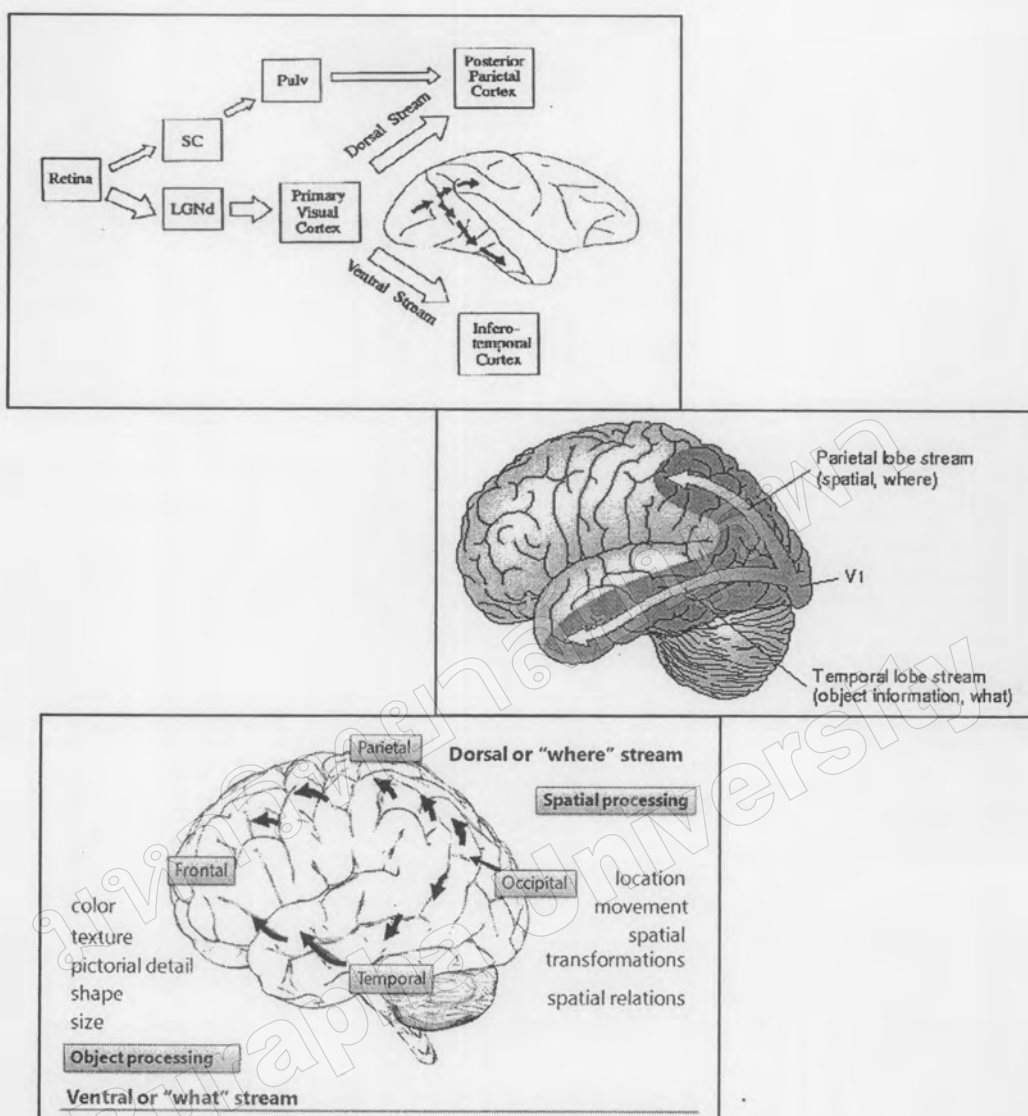
อังกอร์ไรเดอร์ และมิสชิน (Ungerleider & Mishkin, 1982) ได้ศึกษาระบบการมองเห็นผ่านเปลือกสมองของลิง ด้วยการให้จำแนกรูปแบบ (Pattern-discrimination Task) กับการให้สังเกตพื้นที่ (Landmark Task) จากการศึกษาได้ข้อมูลชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการจำแนกรูปแบบ เกิดรอยที่บริเวณสมองส่วนขมับด้านล่าง (Inferior Temporal) ในขณะที่กิจกรรมการสังเกตพื้นที่ เกิดรอยที่ส่วนขม่อมด้านหลัง (Posterior Parietal) สรุปได้ว่า การทำงานเกี่ยวกับการรับรู้ภาพเกิดบริเวณเยื่อหุ้มสมองส่วนขมับ (Temporal Cortex) ส่วนการทำงานเกี่ยวกับการมองภาพเชิงมิติเกิดบริเวณเยื่อหุ้มสมองส่วนขม่อม (Parietal Cortex)

อังกอร์ไรเดอร์ และแฮกซ์บี (Ungerleider & Haxby, 1994) ได้ตรวจสอบความเป็นไปได้ของเส้นทางการมองเห็นเชิงวัตถุกับการมองเห็นเชิงพื้นที่ในมนุษย์ ด้วยเครื่อง Positron Emission Tomography (PET) โดยให้ผู้ร่วมทดลองปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะเชิงวัตถุ และจับคู่กิจกรรมเชิงพื้นที่ โดยมีตัวเลือก 2 ตัวเลือก กิจกรรมเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะเชิงวัตถุให้ผู้ร่วมทดลองเลือกจับคู่ใบหน้า ส่วนกิจกรรมเชิงพื้นที่ให้ผู้ร่วมทดลองเลือกจับคู่ตำแหน่งพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กหรือจุดใด ๆ ที่อยู่ตำแหน่งเดียวกัน หรือเส้นสองเส้นใดสัมพันธ์กัน การศึกษานี้ชี้ให้เห็นข้อค้นพบของการแยกเส้นทางการประมวลผลการมองเห็นเชิงวัตถุกับการมองเห็นเชิงพื้นที่ในมนุษย์มีเส้นทางการคล้ายกับการศึกษาในลิง

โมทส์, แมแรช และโคซhevnikov (Motes, Malach & Kozhevnikov, 2008) ศึกษากระบวนการมองเห็นกับการประมวลคุณสมบัติของวัตถุ และคุณสมบัติเชิงพื้นที่ โดยศึกษาด้วยเครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง MRI ในการสืบค้นระบบประสาทของความแตกต่างของบุคคลในการประมวลผล

การมองเห็นเชิงวัตถุกับเชิงพื้นที่ ผู้เข้าร่วมทดลอง 2 กลุ่ม เป็นผู้ที่มีความสามารถด้านการประมวลผลเชิงวัตถุสูง จำนวน 9 คน และเป็นผู้ที่มีความสามารถด้านการประมวลผลเชิงพื้นที่สูง จำนวน 8 คน ได้รับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะปฏิบัติกิจกรรมประมวลผลเชิงวัตถุ ปรากฏว่า การประมวลผลภาพเชิงวัตถุได้แสดงการกระตุ้นของระบบประสาททั้งสองข้าง (ซ้าย-ขวา) บริเวณส่วนท้ายทอย และในระบบประสาทซีกขวาน้อยกว่าผู้ที่มีความสามารถด้านการประมวลผลเชิงพื้นที่

จากการศึกษาเส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทเกี่ยวกับการรับรู้ด้วยการมองเห็น สามารถแบ่งออกได้ 2 เส้นทาง คือ เส้นทางการประมวลผลเชิงวัตถุ (Object Processing) และเส้นทางการประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Processing) โดยเส้นทางการประมวลผลเชิงวัตถุ จะเริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทเพื่อประมวลผลที่สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) จากนั้นส่งสัญญาณประสาทต่ำลงมาสู่สมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) และส่งสัญญาณประสาทไปสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ต่อไป สำหรับเส้นทางการประมวลผลเชิงมิติ เริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทเพื่อประมวลผลที่สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) เช่นเดียวกัน จากนั้นส่งสัญญาณประสาทขึ้นไปสมองส่วนขม่อม (Parietal Lobe) และส่งสัญญาณประสาทไปสู่สมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ดังภาพที่ 11

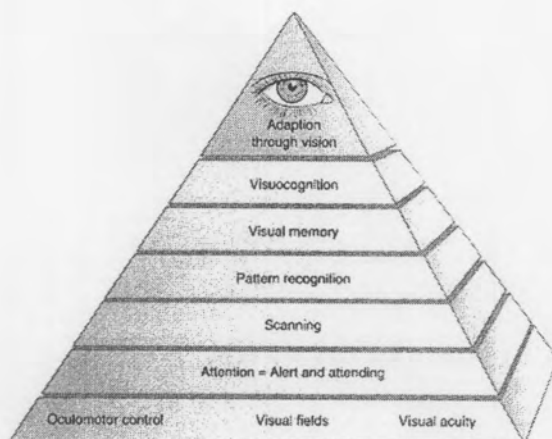


ภาพที่ 11 เส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทเกี่ยวกับการรับรู้ด้วยการมองเห็น

นอกจากนี้ นนทิชา ถาวรไพบูลย์บุตร (2555) ได้สรุปความเชื่อพื้นฐานของกรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา และกระบวนการรับรู้ทางการมองเห็น ดังนี้

1) การรับรู้ทางสายตา ประกอบด้วย 3 ทฤษฎีพื้นฐาน ได้แก่

1.1) Developmental Theory เป็นลำดับการพัฒนาด้านการรับรู้ทางสายตา โดยในปี ค.ศ.1993 วาร์เรน (Warren, 1993 cited in Kramer & Hinojosa, 2010) ได้เสนอแผนภาพแสดงพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตาไว้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมิน และการบำบัดตามลำดับที่ถูกต้อง ระบบการรับรู้ทางสายตาประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) Visual Perception Components และ 2) Visual-Cognitive Components ลำดับขั้นของการพัฒนาจะเริ่มต้นจากฐานด้านล่างแล้วจึงค่อยยอดไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป



ภาพที่ 12 ลำดับพัฒนาการด้านการรับรู้ทางสายตาของ Warren ปี ค.ศ.1993

- 1.1.1) Oculomotor Control คือ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของลูกตา
- 1.1.2) Visual Fields คือ ลานสายตา ช่วงการมองเห็นทั้งหมดของสายตา
- 1.1.3) Visual Acuity คือ ความสามารถในการส่งสิ่งที่มองเห็นไปยังสมองเพื่อแยกแยะได้อย่างถูกต้อง
- 1.1.4) Visual Attention คือ ช่วงความสนใจในการมอง ภาวะความตื่นตัวและมีสมาธิกับสิ่งที่มองเห็น
- 1.1.5) Scanning คือ ความสามารถในการมองเห็นสภาพแวดล้อมต่าง ๆ อย่างรวดเร็วและสามารถเก็บ จดจำภาพที่เห็นนั้นได้
- 1.1.6) Pattern Recognition คือ ความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น เช่น รูปร่าง พื้นผิว
- 1.1.7) Visual Memory คือ ความสามารถในการจดจำและเรียกความจำจากข้อมูลที่มองเห็นออกมาใช้ได้
- 1.1.8) Visual Cognition คือ ความสามารถจัดการข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น ไปบูรณาการร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ในด้านอื่น ๆ เพื่อใช้ในการวางแผน ตัดสินใจหรือแก้ปัญหา และทำให้เกิดพฤติกรรมกรรมการปรับตัว (Adaption Through Vision) ที่เหมาะสมกับสถานการณ์
- 1.2) Acquisition Theories เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก ดังนี้
 - 1.2.1) Input เป็นกระบวนการรับสิ่งเร้า
 - 1.2.2) Processing เป็นกระบวนการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น ต้องอาศัยความสามารถต่าง ๆ เช่น Attention, Memory, Discrimination และ Visual Imaginary

1.2.3) Output เป็นกระบวนการที่แสดงออกถึงความสามารถในการใช้การรับรู้ทางสายตากระทำสิ่งต่าง ๆ เช่น สามารถเรียน เล่น ตามที่ต้องการได้ เป็นต้น

1.3) Dynamic Theory จากทฤษฎีการเรียนรู้ทำให้เชื่อว่าความสามารถในการรับรู้ทางสายตาของเด็กสามารถพัฒนาได้ โดยผ่านการเรียนรู้และการฝึกฝน ด้วยเทคนิค Teaching-learning Process ร่วมกับ Activity Analysis and Activity Synthesis

2) กระบวนการรับรู้ทางการมองเห็น ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ดังนี้

2.1) Visual Receptive Functions เป็นกระบวนการได้มาและจัดการกับข้อมูลที่มาจากสิ่งแวดลอม เพื่อให้สามารถแยกแยะสิ่งที่มองเห็น (Acuity) ปรับความชัดของภาพที่เห็นได้อย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (Accommodation) รวมภาพที่ได้จากตาสองข้างมาเห็นภาพเดียว (Binocular Fusion) ลู่สายตาเข้าหากันเพื่омองตรงไปยังวัตถุ (Convergence) รับรู้คุณลักษณะของภาพ ทำให้สามารถมองภาพเป็นสามมิติได้ (Stereopsis) การล่านสายตา (Visual Fields) ทักษะในการควบคุมการเคลื่อนไหวลูกตา (Oculomotor Skills)

2.2) Visual Cognition Functions เป็นความสามารถในการแปลผล และนำข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปใช้ ประกอบด้วย

2.2.1) Visual Attention ความสามารถในการคงช่วงความสนใจไว้กับสิ่งที่มองเห็น

2.2.2) Visual Memory ความสามารถในการจดจำสิ่งที่มองเห็นซึ่งเป็นการประมวลผลร่วมกับประสบการณ์ในอดีต

2.2.3) Visual Discrimination ความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่มองเห็น สามารถแยกย่อยได้ดังนี้ ก) Recognition คือ การระลึกได้ว่าสิ่งที่เห็นนั้นคืออะไร ข) Matching คือ การจับคู่สิ่งที่มองเห็น ค) Sorting คือ การจัดกลุ่มสิ่งที่มองเห็น และได้จำแนก Visual Cognition Functions ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 Object Perception เป็นการรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้วัตถุ เป็นการทำงานของสมองส่วน Temporal Lobe ประกอบด้วย

1) Form constancy คือ ความสามารถในการจดจำแยกแยะรูปทรงของวัตถุ ไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด หันไปในทิศทางใด และไม่ว่าจะขนาดเท่าไร

2) Visual Closure คือ ความสามารถในการแยกแยะวัตถุได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร แม้ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์

3) Figure Ground คือ ความสามารถในการแยกแยะภาพ หรือวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง หรือสิ่งอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่

ส่วนที่ 2 Spatial Perception เป็นการรับรู้ทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุ ว่ามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัวอย่างไร เป็นการทำงานของสมองส่วน Parietal Lobe ประกอบด้วย

- 1) Position in Space คือ ความสามารถในการรับรู้ทิศทาง และตำแหน่งของวัตถุช่วยให้เข้าใจความหมายของคำว่าใน-นอก บน-ล่าง-หลัง ซ้าย-ขวา
- 2) Spatial Relations คือ ความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่นช่วยให้เกิดการวางแผนการเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง
- 3) Depth Perception คือ ความสามารถในการกะระยะ ความห่างระหว่างวัตถุกับสิ่งอื่น ๆ เช่น การรับรู้ความลึก การรับรู้ระยะที่จะเอื้อมมือออกไปคว้าสิ่งของ
- 4) Topographic Orientation คือ ความสามารถในการแยกแยะวัตถุ และเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ไว้ด้วยกัน เช่น ความสามารถในการรับรู้เส้นทาง การคิดภาพแผนที่การเดินทาง เป็นต้น

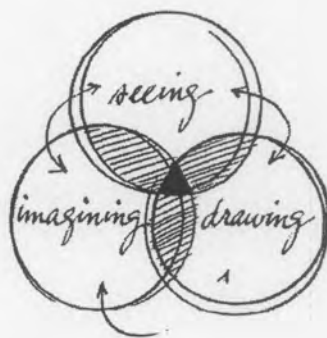
2.3) Visual Imagery / Visualization เป็นส่วนที่ต้องใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มาจากส่วนของ Visual Cognitive Components มาประกอบกันเป็นการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งการรับรู้บุคคล การสร้างมโนภาพ การสร้างความคิด การรับรู้วัตถุต่าง ๆ รอบตัว มีความสำคัญมากต่อความสามารถในการคิดวางแผน การแก้ปัญหา รวมถึงทักษะการจัดการอื่น ๆ

2.4) Eye-hand Coordination (Visual Motor Integration) เป็นความสามารถด้านการมีสหสัมพันธ์การเคลื่อนไหวระหว่างตาและมือ เป็นทักษะในการเคลื่อนไหวที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าที่เกิดจากการมองเห็น

สรุปได้ว่า การรับรู้ทางการมองเห็นเป็นความสามารถทางสมองที่เชื่อมโยงกัน โดยในบริเวณ Temporal Lobe เป็นความสามารถในการจดจำแยกแยะรูปทรงของวัตถุ ไม่ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพแวดล้อมใด หันไปในทิศทางใด และไม่ว่าจะขนาดเท่าไร แม้ว่าวัตถุนั้นจะอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ รวมทั้งสามารถแยกแยะภาพ หรือวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลังหรือสิ่งอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ได้ สำหรับความสามารถทางสมองบริเวณ Parietal Lobe เป็นการรับรู้ตำแหน่งของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมรอบตัว ทำให้สามารถรับรู้ทิศทาง ตำแหน่งของวัตถุช่วยให้เข้าใจความหมายของคำว่า ใน-นอก บน-ล่าง-หลัง ซ้าย-ขวา สามารถรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น ช่วยให้เกิดการวางแผน การเคลื่อนไหวที่ถูกต้อง สามารถกะระยะความห่างระหว่างวัตถุกับสิ่งอื่น ๆ รวมทั้งสามารถเชื่อมสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ไว้ด้วยกันได้

3.3 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ

การศึกษากระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ ชาเออร์, แจนท์ และล็อตซ์ (Schaer, Jahn & Lotze, 2012) ได้อธิบายกระบวนการเชื่อมโยงในระบบประสาทเกี่ยวกับการวาดภาพไว้ว่า การวาดภาพเป็นความสามารถหนึ่งของมนุษย์ที่ต้องมีการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือที่เริ่มจากการวาดเส้น ไม่เพียงแต่การวาดภาพสามมิติและสองมิติเท่านั้น แต่เป็นการถ่ายโอนของระบบประสาทในการเข้ารหัสความสว่างแสดงให้เห็นรูปทรงส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่ที่มีความสว่างที่คล้ายกัน ซึ่งเป็นกระบวนการของระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการวาดภาพวัตถุที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็น ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันของตา แขน และมือในการลากเส้นเข้าไปมา และจัดการองค์ประกอบของพื้นที่ในการแสดงผลการพัฒนาการวาดภาพตามการเคลื่อนไหวของมือรวมกับการใช้ดินสอ ซึ่งบินคอฟสกี และคณะ (Binkofski et al., 2000) ได้อธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวในมนุษย์ว่า เกิดในตำแหน่งของเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัววางแผนการเคลื่อนไหวร่างกาย ณ บริเวณสมองส่วนหน้าด้านล่าง ส่วนคัลเลม, คาวินา-เพรทซี และซิงฮัล (Culham, Cavina-Pratesi & Singhal, 2006) กล่าวถึงการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็นว่า เป็นเส้นทางของระบบประสาทส่วนการมองเห็นบริเวณสมองส่วนท้ายทอยและเยื่อหุ้มสมองส่วนขม่อมส่วนกลาง ธาเลอร์ และกู๊ดเดิล (Thaler & Goodale, 2011) กล่าวเสริมว่า ไม่เพียงแต่การเคลื่อนไหวต่อเป้าหมายการมองเห็นโดยตรงเท่านั้น ยังสัมพันธ์กับเป้าหมายการมองเห็นภายในสมองส่วนขม่อมด้านซ้าย สมองส่วนขม่อมขวาด้านหลัง และเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่วางแผนการเคลื่อนไหวร่างกายร่วมด้วย นอกจากนี้จะได้ทราบถึงกระบวนการทางการมองเห็นแล้ว การวาดภาพยังต้องอาศัยทักษะการใช้มือ โดยการประยุกต์การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนการควบคุมการเคลื่อนไหวมาใช้เป็นตัวแทนประมวลผลรูปแบบที่ซับซ้อนในการจินตภาพ และการสังเกตการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะรูปแบบการฝึกฝน แมกคิม (McKim, 1980) ได้อธิบายการคิดโดยใช้ภาพ (Visual Thinking) ไว้ว่า เป็นการจินตนาการโดยใช้ภาพเป็นตัวกระตุ้นที่มีความเกี่ยวพันกัน 3 ส่วน ได้แก่ การมองเห็น (Seeing) การจินตนาการ (Imagining) และการวาดภาพ (Drawing) ดังภาพที่ 13



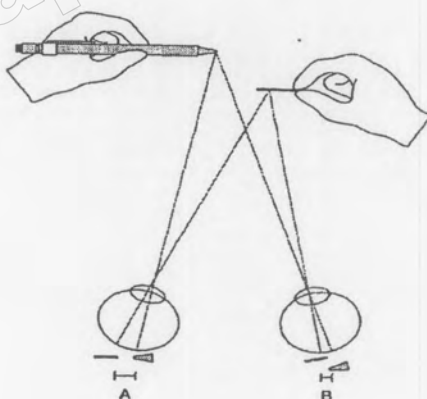
ภาพที่ 13 การคิดโดยใช้ภาพของแมกคิม

การดำเนินการด้วยการใช้ภาพจินตนาการ 3 รูปแบบ ได้แก่

- 1) รูปแบบที่เราเห็น คือ "คนที่เห็นด้วยการคิด" ไม่ใช่เห็นสิ่งของ
- 2) รูปแบบที่เราจินตนาการด้วยจิต เหมือนที่เราฝัน
- 3) รูปแบบที่เราวาด การวาดเส้นคัดโค้งไปมา หรือการระบายสี

แม้ว่าการคิดโดยใช้ภาพสามารถเกิดขึ้นได้ในอันดับต้น ๆ ของการมองเห็นหรือโดยเฉพาะจินตนาการบนกระดาษและดินสอเท่านั้น แต่ผู้เชี่ยวชาญด้านการคิดโดยใช้ภาพ พบว่าทั้งสามรูปแบบของการจินตภาพ ได้แก่ การเห็น การจินตนาการ และวาดภาพ ยังมีความเกี่ยวข้องปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ซอร์บี (Sorby, 1999) ได้กล่าวเสริมว่า การมองเห็น การจินตนาการ และการวาดภาพเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะด้านมิติสัมพันธ์อีกด้วย

จากการศึกษาการวาดภาพกับการทำงานของระบบประสาท พอสรุปได้ว่า การวาดภาพเป็นความสามารถในการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือ ที่มีการถ่ายโอนการเข้ารหัสของระบบประสาท เกี่ยวข้องกับการวาดภาพวัตถุที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็น ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นเข้าไปมา โดยมีเส้นทางของระบบประสาทส่วนการมองเห็นบริเวณด้านหลังและเยื่อหุ้มสมองบริเวณขม่อมส่วนกลาง ดังนั้นการวาดภาพจึงต้องมีทักษะการใช้มือที่ประยุกต์การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาท ส่วนการควบคุมการเคลื่อนไหวมาใช้เป็นตัวแทนประมวลผลรูปแบบที่ซับซ้อนในการจินตภาพ และสังเกตการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะรูปแบบการฝึกฝน



ภาพที่ 14 การทำงานประสานกันของตาข้างซ้ายและขวา (Solso, 1997)

3.4 การศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการวาดภาพกับการพัฒนามิติสัมพันธ์

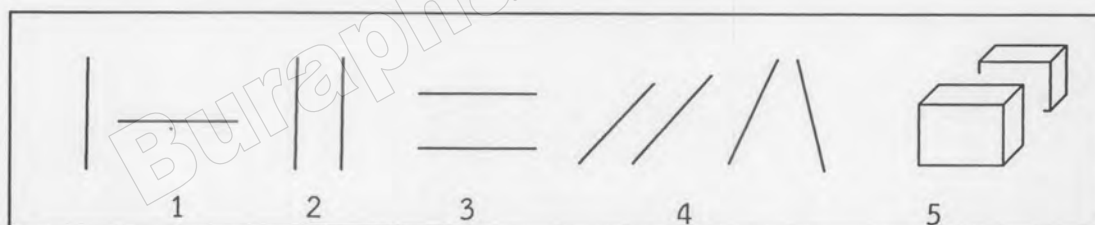
3.4.1 กระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์

วิลลัตส์ (Willats, 1977) เป็นนักวิชาการทางศิลปศึกษา ได้ศึกษาความสามารถของการวาดภาพเหมือนจริง หรือการวาดภาพอย่างมีทัศนียภาพวิทยา (Canonical Perspective) ซึ่งเป็นกระบวนการวาดภาพให้มีความลึก โดยเริ่มจากการวาดภาพที่ไม่มีมิติไปสู่การวาดภาพที่มีมิติแบบทัศนียภาพที่สมบูรณ์ คือ กระบวนการวาดภาพจากรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่การวาดภาพรูปทรง 3 มิติ โดยการใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ ในการวาดภาพให้เกี่ยวเนื่องติดต่อกันเป็นภาพที่สมบูรณ์ และหลักการวาดภาพให้ดูเหมือนสภาพความเป็นจริงถ้าสิ่งของที่มีขนาดเดียวกันของที่อยู่ใกล้จะวาดใหญ่กว่าของที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งกระบวนการทั้งหมดเรียงตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การวาดภาพแนวดิ่ง และเส้นในการแนวนอน
- 2) การวาดเส้นขนานในแนวดิ่ง
- 3) การวาดเส้นขนานในแนวนอน
- 4) การวาดเส้นเอียงขนาน และเส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันแสดงถึงการวาด

ภาพรูปทรง 3 มิติอย่างชัดเจน

- 5) การวาดทับซ้อนกันของวัตถุ และการวาดภาพวัตถุให้มีขนาดแตกต่างกันเป็นการสร้างภาพให้เกิดความลึกแสดงมิติแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์



ภาพที่ 15 ลักษณะการใช้เส้นวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ตามกระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์

กระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์นี้เป็นการวาดภาพแสดงรูปทรง 3 มิติ บนพื้นระนาบได้อย่างถูกต้องตามหลักทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ของเพียเจต์ และ อินheldเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1967) ที่ได้อธิบายถึงการแสดงออกทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ ว่าเป็นความสามารถในการฉายภาพของเส้นตรง (Projective Straight Line) การวาดเส้นที่เบนบรรจบเข้าหากัน (Remarkable Convergence) และความเข้าใจในเรื่องความคงที่ ขนาดและสัดส่วนของวัตถุในการสร้างให้เกิดความลึกภายในภาพ และเป็น การเชื่อมโยงระหว่างการแสดงออกด้วยการวาดภาพในมิติเชิงพื้นที่ (Space) เข้ามาเกี่ยวข้อง

โดยการเชื่อมโยงระหว่างความเข้าใจของมิติเชิงพื้นที่ (Conception of Space) และความเข้าใจในการแสดงออกที่ถูกต้องของเด็ก (Conception of Veridical Representational Activity) ซึ่งเป็นขั้นตอนพัฒนาการทางสมองที่ควบคุมความสามารถในการวาดภาพ และการใช้มิติ

กระบวนการวาดภาพพื้นระนาบโต๊ะของวิลลัสต์ส โดยได้จัดประเภทของการวาดเส้นด้านบนของโต๊ะ (Table Top) ตามกระบวนการวาดภาพที่แสดงให้เห็นถึงความลึกของโต๊ะหรือพื้นระนาบ โดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากมุมมองของขอบโต๊ะด้านข้างทำมุมกับขอบโต๊ะด้านหน้า โดยทำตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 16 กระบวนการวาดภาพพื้นระนาบโต๊ะของวิลลัสต์ส

1) ภาพ A (i) เริ่มต้นโดยการใช้เส้นฐาน หรือเส้นในแนวนอนในการวาดภาพเป็นพื้นฐานทางการวาดภาพจากรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่รูปทรง 3 มิติ

ภาพ A (ii) เริ่มต้นโดยการใช้ขนานในแนวดิ่ง และเส้นขนานในแนวนอนในการวาดภาพด้านหน้าของโต๊ะแบบมองตรง หรือแบบที่ไม่แสดงความลึกของพื้นระนาบเป็นพื้นฐานในการวาดภาพไปสู่รูปทรง 3 มิติ

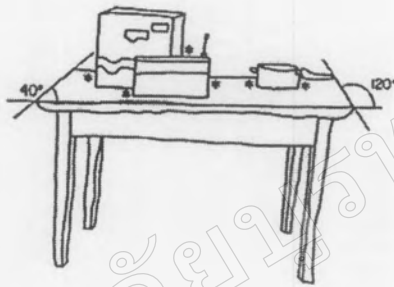
2) ภาพ B ภาพวาดด้านบนของหน้าโต๊ะ เป็นวิธีการวาดภาพ โดยการใช้เส้นขนานในแนวตั้งฉากกับขอบโต๊ะ โดยที่สามารถวาดภาพวัตถุวางอยู่บนโต๊ะได้ (Vertical Perpendicular Construction) ซึ่งมีลักษณะเป็นการวาดภาพวัตถุวางอยู่บนเส้นฐานขอบโต๊ะด้านบน และภาพมีลักษณะของหน้าโต๊ะที่ตั้งฉาก หรือทำมุมไม่เกิน 20 องศา กับขอบโต๊ะเป็นการวาดภาพที่เริ่มแสดงเป็นรูปทรง 3 มิติ

3) ภาพ C ภาพวาดด้านบนของหน้าโต๊ะ เป็นวิธีการวาดภาพ 3 มิติ โดยการใช้เส้นเอียงขนาน (Oblique Projective) แสดงให้เห็นมุมมองด้านข้างของโต๊ะ และภาพมีลักษณะของหน้าโต๊ะทำมุมกับขอบโต๊ะมากกว่า 20 องศา หรือเส้นขอบโต๊ะทั้ง 2 ข้าง เบนบรรจบเข้าหากัน โดยทำมุมระหว่าง 0-20 องศา

4) ภาพ D ภาพวาดด้านบนของหน้าโต๊ะ เป็นวิธีการวาดภาพ 3 มิติ โดยการใช้เส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันเป็นลักษณะการวาดที่ใกล้เคียงกับลักษณะทัศนียภาพวิทยา (Naïve

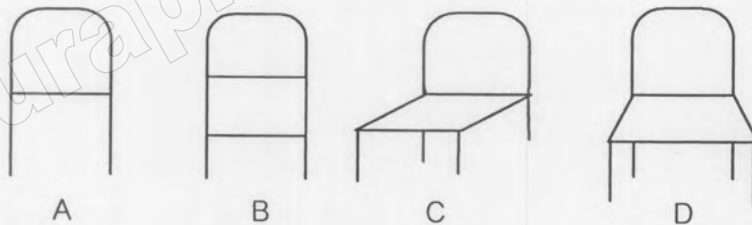
Perspective) แต่ลักษณะด้านข้างของโต๊ะที่เบนเข้าหากันนั้นยังมีขนาดที่ไม่สมส่วนและยาวเกินไป และภาพมีลักษณะของเส้นขอบโต๊ะทั้งสองข้างเบนบรรจบเข้าหากัน โดยทำมุมระหว่าง 20-60 องศา

5) ภาพ E ภาพวาดด้านบนของหน้าโต๊ะเป็นวิธีการวาดภาพ 3 มิติ โดยการใช้เส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันตามลักษณะการวาดแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์ โดยการวาดเส้นทั้งสองข้างเบนบรรจบเข้าหากัน ซึ่งมีลักษณะของเส้นขอบโต๊ะ โดยทำมุมมากกว่า 60 องศาขึ้นไป



ภาพที่ 17 การวาดภาพโต๊ะของวิลลิตส์

กระบวนการวาดภาพแสดงมิติแบบทัศนียภาพวิทยา ในการวาดภาพเก้าอี้ของวิลลิตส์ เป็นกระบวนการวาดภาพที่มีการใช้เส้นในแนวตั้งบนพื้นระนาบ ซึ่งเป็นการใช้เส้นที่แสดงถึงพื้นฐานการวาดรูปทรงเรขาคณิต การใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ ในการวาดภาพรูปทรง 3 มิติ มีกระบวนการวาดภาพเก้าอี้ ดังนี้



ภาพที่ 18 กระบวนการวาดภาพเก้าอี้แสดงมิติแบบทัศนียภาพวิทยาของวิลลิตส์

รูป A การวาดภาพที่มีการใช้เส้นในแนวตั้งบนพื้นระนาบมีการใช้เส้นฐานโดยที่ภาพไม่แสดงถึงความลึกบนพื้นระนาบ

รูป B การวาดภาพที่มีการใช้เส้นขนานของวัตถุโดยแสดงให้เห็นได้ 2 ด้าน คือ ด้านหน้า และด้านบนของวัตถุ

รูป C การวาดภาพที่มีการใช้เส้นขนานในแนวนอน มีการวาดแสดงให้เห็นมุมด้านข้างของเก้าอี้ และหน้าเก้าอี้เบนบรรจบเข้าหากันแสดงถึงความลึกของวัตถุ

รูป D การวาดภาพที่มีการใช้เส้นเอียงเบนบรรจบเข้าหากันแสดงลักษณะทัศนียภาพ
วิทยาที่ถูกต้อง และใช้กระบวนการวาดเส้นจากรูป A, B, C นำมารวมกัน

โดยรูป A เป็นการแสดงออกถึงการวาดภาพ จากด้านข้างสู่ด้านข้างในส่วนที่เป็น
มุมฉากขนานกับแนวเส้นตั้งตรงของวัตถุเป็นการวาดภาพที่แสดงถึงการเริ่มต้นที่เป็นพื้นฐาน
ในการวาดภาพให้เป็นรูปทรง 3 มิติ การวาดภาพที่มีการใช้เส้นขนานในแนวตั้ง และเส้นขนานใน
แนวนอนบนพื้นระนาบ (ที่เป็นมุมฉากกับเส้นตั้งตรง) คือ ตำแหน่งที่เส้นตั้งตรงขนานกับพื้นระนาบ
โดยการใช้เส้นขนานในแนวตั้ง และเส้นขนานในแนวนอนบนพื้นระนาบ ในรูป B การวาด
ภาพในรูปนี้มีความเหมือนจริงมากกว่าการวาดในรูป A แต่เส้นขนานในแนวตั้ง และเส้นขนานใน
แนวนอนในรูป B เป็นการใช้เส้นที่แสดงถึงการวาดภาพแบบมุมมองจากบน ลงล่าง การวาดภาพใน
ระบบนี้มีแนวโน้มสู่ภาพที่มี 2 ลักษณะคือ รูปร่าง 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ

การวาดภาพที่มีการใช้เส้นเอียงขนานเป็นการวาดภาพที่แสดงเส้นบนพื้นระนาบ
ในลักษณะทางพื้นฐานรูปทรงเรขาคณิต ที่แสดงถึงรูปทรง 3 มิติ ได้ชัดเจนเป็นการวาดภาพ
โดยการใช้เส้นเอียงขนาน ในรูป C ซึ่งเป็นการแสดงด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบน ของวัตถุรูปทรง
สี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยสามารถมองเห็นได้ทุกด้านพร้อมกัน ในขั้นสุดท้าย รูป D เป็นการใช้เส้นเอียง
ที่เบนบรรจบเข้าหากันทางสายตาของผู้ดูเส้นที่ใช้แสดงออกนั้น แสดงถึงรูปทรงที่เป็น 3 มิติ ในลักษณะ
ที่เป็นการเบนบรรจบเข้าหากันสู่ทางจุดรวมสายตาบนพื้นระนาบ

นอกจากนี้ วิลลัตส์ (Willats, 1977) ได้ศึกษาความสามารถของการวาดภาพเหมือนจริง
หรือการวาดภาพอย่างมีทัศนียภาพวิทยาของเด็ก (Perspective) และได้เผยแพร่เป็นทฤษฎีที่
เกี่ยวกับการวาดภาพวัตถุ 3 มิติ ที่มีมุมมองในลักษณะของทัศนียภาพวิทยาโดยทำการวิจัยเกี่ยวกับ
การวาดภาพวัตถุ 3 มิติลงบนพื้นระนาบ ซึ่งมีสมมติฐานในการวิจัยว่ากระบวนการในการวาดภาพวัตถุ
ที่มีความลึกนั้นจะเริ่มจากการวาดภาพที่ไม่มีมิติไปสู่การวาดภาพที่มีมิติแบบทัศนียภาพวิทยาที่
สมบูรณ์ โดยการจัดหุ่นรูปโต๊ะขนาด 112x56 และวางวัตถุที่เป็นสิ่งของจัดหาได้ง่ายและมีลักษณะ
เป็นเหลี่ยมเป็นมุม คือ วิทยุ กล้อง และกระทะแบน โดยนำมาจัดเรียงไว้บนโต๊ะ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็ก
อายุระหว่าง 5-17 ปี จำนวน 108 คน จากโรงเรียนของรัฐในลอนดอนตะวันออก ทำการสุ่มละชั้น
เพศชายและหญิงจำนวนเท่า ๆ กันในแต่ละกลุ่มอายุ ในการวาดนั้นเด็กจะถูกจัดให้นั่งในตำแหน่ง
เดียวกันและวาดวัตถุเดียวกันทีละคน โดยใช้ปากกา และกระดาษ A4 และกำหนดคำสั่ง คือ "จงวาด
โต๊ะและสิ่งของบนโต๊ะ"

การวาดภาพแบบทัศนียภาพวิทยานั้น เป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่งในการวาดภาพ
วัตถุ 3 มิติ ในการจัดการกับความลึกภายในภาพ จากผลการทดลองพบว่า ภาพที่ได้จากการทดลองมี
2 ลักษณะ คือ 1) ภาพที่แสดงลักษณะมิติสัมพันธ์ระหว่างวัตถุภายในฉาก ตามระบบของ
การวาดภาพ (Drawing System) และ 2) ภาพที่แสดงการบังกันหรือทับซ้อนกันของวัตถุ (Overlap)

ซึ่งลักษณะการวาดภาพทั้ง 2 ชนิดมีการแสดงออกดังนี้ การวาดภาพทับซ้อนกันจะมีความสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกับลำดับอายุ ซึ่งจะพัฒนาขึ้นตามวัย และการได้รับการสอนที่ถูกทาง ส่วนพัฒนาการด้านความคิดรวบยอดของภาพ 3 มิติ ก็จะพัฒนาขึ้นตามมาและจะสมบูรณ์เต็มที่เมื่ออายุได้ 11-12 ปี

จากผลการวิจัยของวิลลัดส์ สามารถนำภาพวาดของเด็กมาจัดกลุ่มแบ่งประเภทตามทฤษฎีระบบการวาดที่แสดงถึงมิติสัมพันธ์ตามลำดับการวาดโดยใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจากมุมมองของขอบโต๊ะด้านข้างที่ทำมุมกับขอบโต๊ะด้านหน้า และการวาดทับซ้อนกันของวัตถุภายในภาพ ซึ่งสามารถแบ่งขั้นพัฒนาการวาดภาพได้ 6 ขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การวาดภาพในลักษณะที่ถ่ายทอดแบบไม่เป็นระบบ (Non-projection System) หมายถึง ภาพวาดที่มีลักษณะแยกเป็นส่วน ๆ กระจายกระจายอยู่ในแผ่นกระดาษ โต๊ะถูกวาดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ส่วนวัตถุบนโต๊ะจะวาดอยู่เหนือโต๊ะไปทางด้านบนไม่เชื่อมโยงกันเป็นกลุ่ม ไม่สัมพันธ์กับตำแหน่งของวัตถุอื่น ๆ ภายในภาพ

ขั้นที่ 2 การวาดภาพในลักษณะถ่ายทอดจากมุมมองด้านข้าง หรือภาพวาดแบบมองตรง (Orthographic Projection) หมายถึง การวาดภาพที่มีการใช้เส้นแนวตั้งบนพื้นระนาบที่แสดงเส้นขอบ โดยรอบของวัตถุในการวาดภาพโต๊ะมีการใช้เส้นฐานในการวาดภาพด้านบนของหน้าโต๊ะ หรือการใช้เส้นขนานที่ไม่แสดงความลึกของพื้นระนาบ ซึ่งอาจวาดเป็นเส้นเดียว หรือเส้นขนานแสดงขอบโต๊ะเท่านั้น การวาดพื้นระนาบโต๊ะจะสูงขึ้นจากพื้นล่างของกระดาษในระยะที่มองเห็นเป็นเส้นตรงภายในภาพแสดงความสัมพันธ์ของการวาดจากลำดับขึ้นและลง (Up and Down) ทิศทางของฉากเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของการวาดจากบนลงล่าง (Top to Bottom) และซ้ายไปขวา (Side to Side) ในกลุ่มนี้ยังไม่มีความสัมพันธ์ของการวาดจากหน้าไปหลัง (Front to Back)

ขั้นที่ 3 การวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดจากมุมมองด้านบน (Vertical Oblique Projection) หมายถึง การวาดภาพที่มีการใช้เส้นขนานในแนวตั้ง แสดงความลึกของวัตถุ แสดงให้เห็นพื้นที่ระนาบโต๊ะทั้งหมด เป็นรูปสี่เหลี่ยมในแนวตั้งฉากกับขอบโต๊ะ และสามารถวาดภาพวัตถุที่วางอยู่บนโต๊ะได้ คือ การวาดวัตถุวางอยู่บนเส้นฐานของขอบโต๊ะด้านล่าง การวาดวัตถุลอยอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมของหน้าโต๊ะ และการวาดวัตถุอยู่บนเส้นฐานขอบโต๊ะด้านบนมีการแสดงมิติสัมพันธ์ของความสัมพันธ์จากด้านหน้าไปหลัง จากบนลงล่าง และภาพมีลักษณะของหน้าโต๊ะที่ตั้งฉากหรือทำมุมไม่เกิน 20 องศากับขอบโต๊ะ

ขั้นที่ 4 การวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดพื้นที่ระนาบเฉียงขนานกับแนวนอน (Oblique Projection) หมายถึง การวาดภาพที่มีการใช้เส้นขนานในแนวนอน ในการวาดภาพโต๊ะที่มีการวาดแสดงให้เห็นมุมมองด้านบนล่าง ซ้ายไปขวา และจากด้านหน้าไปหลัง และภาพมีลักษณะของหน้าโต๊ะทำมุมกับขอบโต๊ะมากกว่า 20 องศาหรือเส้นขอบโต๊ะทั้งสองข้างเบนบรรจบเข้าหากันโดยทำมุมระหว่าง 0-20 องศา

ขั้นที่ 5 การวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดทัศนียภาพอย่างง่าย (Naïve Perspective) หมายถึง การวาดภาพด้านบนของหน้าโต๊ะเบนเข้าหากันที่มีขนาดที่ไม่สมส่วนและยาวเกินไป และภาพมีลักษณะของเส้นขอบโต๊ะทั้งสองข้างเบนบรรจบเข้าหากัน โดยทำมุมระหว่าง 20-60 องศา

ขั้นที่ 6 การวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดทัศนียภาพอย่างเป็นระบบ (Canonical Perspective) หมายถึง การวาดภาพด้านบนของหน้าโต๊ะตามลักษณะแบบทัศนียภาพวิทยาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งมีลักษณะของเส้นขอบโต๊ะทั้งสองข้างเบนบรรจบเข้าหากันโดยทำมุมมากกว่า 60 องศา

การศึกษานี้วิลลิตส์ ได้ศึกษาการวาดภาพใน 2 ลักษณะ คือ ภาพที่แสดงลักษณะมิติสัมพันธ์ระหว่างวัตถุภายในฉากตามแบบอย่างการวาด และการทับซ้อนหรือบังกันของวัตถุภายในภาพ และพบว่า กระบวนการในการวาดภาพวัตถุที่มีความลึกนั้นจะเริ่มจากการวาดภาพที่ไม่มีมิติไปสู่การวาดภาพที่มีมิติแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์ในที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างระบบโครงสร้างในการวาดภาพ และอายุของเด็ก (Projection System and Age) ซึ่งความสามารถในการวาดภาพจะซับซ้อนขึ้น และมีพัฒนาการที่สูงขึ้นตามลำดับอายุ กล่าวคือ เมื่อเด็กมีอายุมากขึ้นจะมีความสามารถในการวาดภาพที่ซับซ้อนขึ้นได้ ดังมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปนี้

ศรเนตร อารีโสมณพิเชฐ (2544) ได้ศึกษาการวาดภาพมิติสัมพันธ์ของเด็กอายุ 7-9 ปี ตามทฤษฎีของวิลลิตส์ เพื่อศึกษาพัฒนาการทางการวาดภาพมิติสัมพันธ์ของเด็กไทย ผลการวิจัยพบว่า เด็กสามารถแสดงการวาดภาพได้ตามขั้นพัฒนาการในการวาดภาพ ดังนี้

1) การวาดภาพ 3 มิติ จากประสบการณ์ ภาพวาดส่วนใหญ่ ร้อยละ 75 แสดงถึงการถ่ายทอดจากมุมมองด้านบน และภาพวาดส่วนน้อย ร้อยละ 4.17 แสดงถึงการถ่ายทอดทัศนียภาพวิทยาอย่างง่าย

2) การวาดภาพทับซ้อนกันของวัตถุภายในภาพ ภาพวาดส่วนใหญ่แสดงการวาดภาพทับซ้อนกันของวัตถุที่อยู่ภายนอกพื้นที่ระนาบโต๊ะ ร้อยละ 77.09 ในขณะที่ภาพวาดอีกจำนวนหนึ่งแสดงการวาดทับซ้อนของวัตถุภายในพื้นที่ระนาบโต๊ะ ร้อยละ 46.06

3) การวาดภาพ 3 มิติ จากหุ่นจำลองต้นแบบ เด็กส่วนใหญ่มีการวาดภาพแสดงการถ่ายทอดพื้นระนาบเฉียงขนานกับแนวนอน ร้อยละ 26.85 และเด็กส่วนน้อยมีการวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดจากมุมมองด้านบน ร้อยละ 9.26

ชัชวาลย์ อินทุสมิต (2546) ได้ศึกษาผลการสอนวาดภาพตามกระบวนการของวิลลิตส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ของเด็กอายุ 9-11 ปี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลสัมฤทธิ์ทางการวาดภาพสูงขึ้นเป็นผลจากการสอนวาดภาพตามกระบวนการของวิลลิตส์ ได้แก่ การใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ ในการวาดภาพ การวาดภาพทับซ้อนกันของวัตถุ และการวาดภาพวัตถุให้มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อสร้างระยะ ใกล้-ไกลในภาพ การวาดภาพที่เด็กสามารถทำได้ดีที่สุดคือ การวาดภาพที่มีลักษณะถ่ายทอดแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีของวิลลิตส์ สรุปได้ว่า การใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ วาดภาพรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่การวาดภาพรูปทรง 3 มิติที่แสดงความลึกแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การวาดเส้นในแนวตั้ง และเส้นแนวนอน 2) การวาดเส้นขนานในแนวตั้ง 3) การวาดเส้นขนานในแนวนอน 4) การวาดเส้นเอียงขนาน และเส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันแสดงถึงการวาดภาพรูปทรง 3 มิติ อย่างชัดเจน และ 5) การวาดภาพทับซ้อนกันของวัตถุ และการวาดภาพวัตถุให้มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานการคิด การจินตนาการให้เกิดการสร้างภาพในใจก่อนที่จะลงมือวาดภาพด้วยเส้นลักษณะต่าง ๆ ตามภาพต้นแบบหรือตามจินตนาการ ซึ่งจะส่งผลให้เด็กพัฒนาการคิดเชิงมิติสัมพันธ์มากขึ้น

3.4.2 การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of Form)

สมชาย พรหมสุวรรณ (2548) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงรูปทรง เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปทรงในงานศิลปะที่สร้างสรรค์การออกแบบจะมีหลักในการสร้างที่เหมือนกันหรือต่างกัน ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายที่จะนำผลงานนั้นไปใช้ ดังนั้นการถ่ายทอดจึงแสดงออกเป็นรูปลักษณะตามแนวความคิดนั้น เมื่อพิจารณาวัตถุต่าง ๆ จะพบว่าวัตถุเหล่านั้นมีเส้น สี รูปร่างและรูปทรงพื้นผิว พื้นที่ว่าง แสงและเงา ซึ่งเป็นเสมือนเครื่องมือที่จะนำมาสร้างงานศิลปะที่สามารถรับรู้ได้ด้วยการมองเห็น โดยในงานวิจัยนี้จะนำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

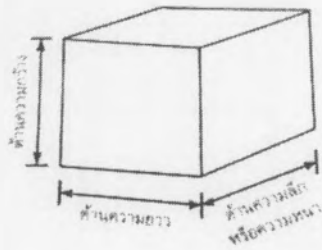
3.4.2.1 รูปร่างและรูปทรง (Shape and Form) รูปร่างและรูปทรงมีความหมายและลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

1) รูปร่าง (Shape) ใช้เรียกบริเวณที่มีลักษณะ 2 มิติ (Two Dimensional Areas) ซึ่งเป็นบริเวณที่แนบราบโดยมีเส้นรอบนอกบ่งบอกรูปร่างชัดเจน อาจเป็นรูปของเนื้อที่ว่างหรือรูปของเนื้อที่ที่เป็นรูปก็ได้ รูปร่างจะประกอบด้วย ด้านเพียง 2 ด้านเท่านั้น คือ ด้านกว้าง และด้านยาว จะไม่ปรากฏด้านลึกหรือความหนา ลักษณะ 2 มิติ จะไม่พบในวัตถุสิ่งของรอบตัวเรา



ภาพที่ 19 รูปร่าง 2 มิติ

2) รูปทรง (Form) ใช้เรียกบริเวณ หรือรูปร่างวัตถุสิ่งของที่มีลักษณะ 3 มิติ (Three Dimensional Areas) หรือมีด้านครบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านกว้าง ด้านยาว และด้านลึก โดยรูปทรง 3 มิติ ถ้าแสดงด้วยเส้นจะมีเส้น 2 ลักษณะเกิดขึ้นเสมอ คือ เส้นรอบนอกและเส้นภายในรูป เส้นรอบนอกของวัตถุบางชนิดอาจเหมือนกันได้ แต่เส้นภายในแตกต่างกัน



ภาพที่ 20 รูปทรง 3 มิติ

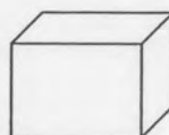
สรุปได้ว่ารูปร่างรูปทรง หมายถึง บริเวณ หรือรูปร่างวัตถุที่บ่งบอกรูปร่างที่ชัดเจน อาจเป็นรูปของเนื้อที่ว่างด้านกว้าง และด้านยาว และด้านลึก

3.4.2.2 การสร้างรูปทรง 3 มิติ ในงาน 2 มิติ งานจิตรกรรมและภาพพิมพ์เป็นงานที่มีลักษณะ 2 มิติ เพราะสร้างงานบนวัสดุแบนราบ เช่น บนกระดาษ บนผ้าใบ หรือวัสดุแบนราบอื่น ๆ เมื่อสัมผัสจะไม่พบส่วนใดนูนขึ้นหรือลึกลงบนพื้นผิวแบนราบนั้น แต่เมื่อใช้สายตามองอาจรู้สึกตื่นลึกในภาพได้ เพราะเกิดการสร้างภาพลวงตาได้ในหลายวิธีดังต่อไปนี้

1) ใช้หลักทัศนียวิทยา (Perspective) เป็นวิธีการใช้เส้นสร้างมิติของความลึกเพิ่มเติมจากความกว้างและความยาว เส้นที่สร้างความลึกนั้นทุกเส้นที่ปรากฏจะไปบรรจบกันที่จุดรวมสายตา (Vanishing Point) ซึ่งอยู่บนเส้นระดับตา (Eyes Level) การใช้หลักทัศนียวิทยาสามารถทำให้วัตถุเกิดความรู้สึกหนา-บาง ใกล้-ไกล โดยไม่ต้องใช้แสงและเงา



2 มิติ

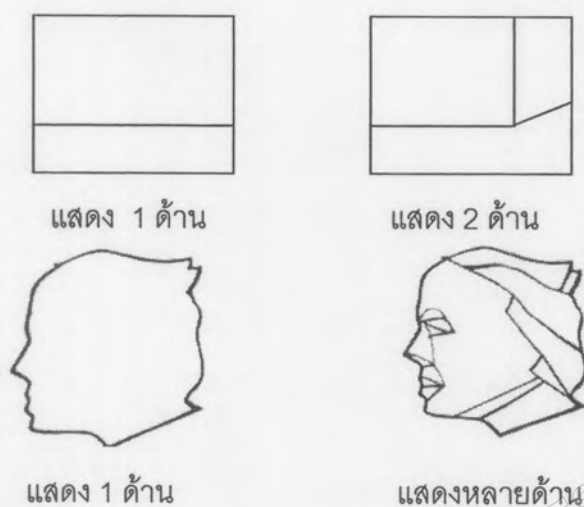


3 มิติ

ภาพที่ 21 การสร้างเส้นเพื่อเพิ่มมิติความลึกในรูปร่าง 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ

2) ใช้วิธีการวางซ้อนกัน (Overlapping) จากประสบการณ์ในชีวิตจริง (ซึ่งเราอยู่ในโลก 3 มิติ) พบว่า สิ่งของซ้อนกันของที่อยู่ด้านหน้าจะอยู่ใกล้กว่าของที่อยู่ด้านหลัง ของที่อยู่ด้านหลังจะถูกบัง ซึ่งจะให้ความรู้สึกใกล้-ไกล

3) ภาพปรากฏมากกว่า 1 ด้าน (To Show More Than One Side of Form) เป็นการแสดงรูปสิ่งใดสิ่งหนึ่งมากกว่าด้านเดียวจะทำให้รู้สึกลึกได้ เช่น รูปพีระมิด หากเขียนเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเดียว จะไม่ถูกรับรู้ว่าเป็น 3 มิติ หากเขียนเป็นรูปสี่เหลี่ยม 2 ด้าน ก็จะเห็นเป็นรูป 3 มิติได้

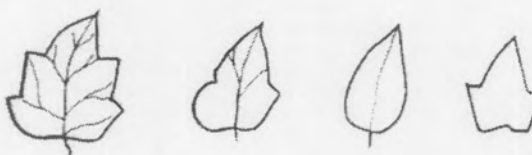


ภาพที่ 22 แสดงด้านของวัตถุ 1 ด้าน 2 ด้าน และหลายด้าน

4) การใช้แสงและเงา (Operation of Light and Shade) รูปร่างแบน 2 มิติ เมื่อเพิ่มน้ำหนักแสงและเงาที่แตกต่างกัน ทำให้ความแบนราบดูมีความตื้นลึก มีมิติเพิ่มขึ้นได้

3.4.2.3 ประเภทของรูปร่างและรูปทรง (Type of Shape and Form) รูปร่างและรูปทรงในงานศิลปะประเภททัศนศิลป์ แบ่งออกได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

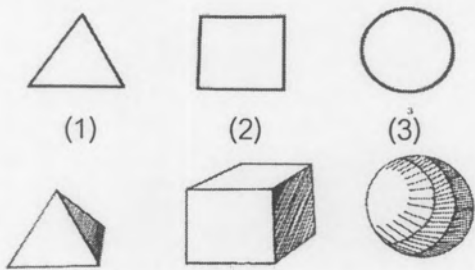
1) รูปร่างและรูปทรงธรรมชาติ (Natural Form) ได้แก่ รูปร่างหรือรูปทรงที่มองเห็นแล้วทำให้นึกถึงหรือเชื่อมโยงถึงสิ่งของที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รูปร่างหรือรูปทรงดังกล่าวนี้ อาจเหมือนหรือคล้ายคลึงของจริงก็ได้



ภาพที่ 23 รูปทรงธรรมชาติ

2) รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Form) เป็นรูปร่างหรือรูปทรงที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือเรขาคณิต เช่น วงเวียน ไม้บรรทัด ไม้ฉาก ฯลฯ โดยมีรูปร่างพื้นฐาน 3 ลักษณะ คือ รูปวงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม รูปทรงเรขาคณิตเป็นรูปทรงที่มีลักษณะแน่นอนตายตัว ไม่ซับซ้อน รูปทรงเหล่านี้มิได้สื่อความหมายถึงวัตถุสิ่งของใดๆ ในธรรมชาติ จึงถือว่ารูปทรงเรขาคณิตเป็นรูปทรงนามธรรม (Abstract Form) ก็สามารภให้ความรู้สึกได้ เช่น (1) ภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า ให้ความรู้สึกมั่นคงมาก เมื่อรูปสามเหลี่ยมวางในลักษณะด้านใดด้านหนึ่งลงแนบกับพื้นราบ (2) รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

แสดงความซื่อสัตย์ตรงไปตรงมา คงที่ หมายถึงผู้ทำงานเอาจริงเอาจัง เป็นกลาง มั่นคง อยู่หนึ่ง
(3) ภาพวงกลม ให้ความรู้สึกอบอุ่น การป้องกันตัว การห่อหุ้ม เป็นต้น



ภาพที่ 24 รูปทรงเรขาคณิต

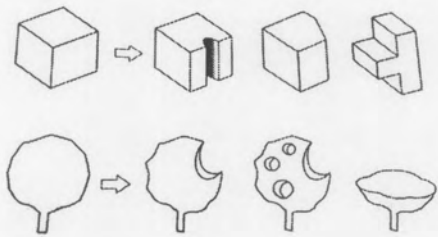
3) รูปทรงอิสระ (Free Form) ได้แก่ รูปทรงที่มีลักษณะเคลื่อนไหวไม่แน่นอน ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีรูปร่างโค้งงอไปทางใด ตรงกันข้ามรูปทรงเรขาคณิต ฉะนั้นจึงถือเป็นรูปทรงนามธรรมด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 25 รูปทรงอิสระ

3.4.2.4 การเปลี่ยนแปลงรูปทรง (Transformation of Form) หมายถึง การทำให้รูปทรงใดรูปทรงหนึ่งเปลี่ยนรูปไป การเปลี่ยนรูปมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

1) การตัดออก (Subtractive Transformations) เป็นวิธีการตัดบางส่วนของรูปทรงออกไป จะตัดออกในลักษณะใด มากน้อยเพียงใดก็ได้ จะมีผลทำให้รูปทรงเดิมเปลี่ยนไป หากตัดออกมากลักษณะรูปทรงเดิมจะถูกทำลายลงมากตามไปด้วย แต่ยังมีวิธีการตัดออกอีกวิธีหนึ่งคือการตัดออกแต่ยังคงใช้ส่วนที่ตัดออกไปประกอบเข้าเป็นส่วนหนึ่งของรูปทรงใหม่ วิธีการนี้เรียกว่า การตัดแยกออก (Divided Form)

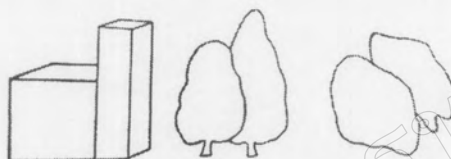


ภาพที่ 26 การตัดบางส่วนของรูปทรงออก

2) การเพิ่มเข้า (Additive Transformations) เป็นการเพิ่มรูปทรงใดรูปทรงหนึ่ง ผสมเข้ากับรูปทรงเดิม จะกระทำโดยการเกาะติด วางเรียงชิดหรือหลอมเป็นเนื้อเดียวกันก็ตาม ผลก็คือ ทำให้รูปทรงเดิมเปลี่ยนแปลงไป สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

2.1) วางด้านสัมผัสด้าน (Juxtaposing) เป็นวิธีการนำรูปทรงชิดติดกัน เพื่อสร้างรูปทรงใหม่ ดังนี้

ก) ด้านต่อด้าน (Side to Side) ได้แก่ การนำด้านของรูปทรงแนบชิดติดกัน



ภาพที่ 27 ด้านต่อด้าน

ข) มุมต่อมุม (Corner to Corner) ได้แก่ การนำเอาเหลี่ยมหรือมุมแหลมของรูปทรงแนบชิดติดกัน



ภาพที่ 28 มุมต่อมุม

ค) ด้านต่อมุม (Side to Corner) ได้แก่ การนำเอาส่วนที่แหลมหรือมุมของรูปทรงแนบชิดกับส่วนด้านของอีกรูปทรงหนึ่ง



ภาพที่ 29 ด้านต่อมุม

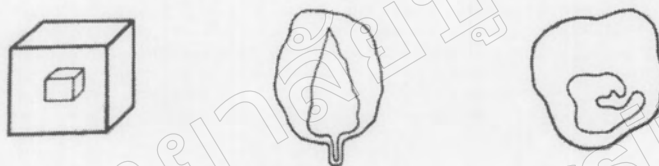
2.2) การวางซ้อนกัน (Overlapping) เป็นวิธีการวางรูปทรงซ้อนกัน เพื่อให้ได้รูปทรงใหม่ ทำได้หลายวิธี ดังนี้

ก) วางบางส่วนซ้อนกัน (Partially) ได้แก่ การวางรูปทรงให้มีบางส่วนซ้อนกัน จะซ้อนกันมากหรือน้อยก็ได้ แต่จะต้องไม่ซ้อนกันทั้งหมด วิธีนี้ทำให้เกิดรูปทรงใหม่ได้



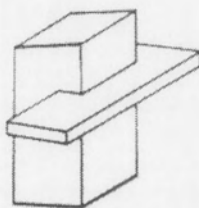
ภาพที่ 30 การวางบางส่วนซ้อนกัน

ข) การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์ (Completely) ได้แก่ การวางรูปทรงบังกัน โดยสมบูรณ์ไม่มีส่วนของรูปทรงอื่นโผล่ออกมาให้เห็น จะเกิดรูปทรงใหม่ได้ต้องแสดงเส้นของรูปทรงที่ถูกบัง ให้ปรากฏเหมือนรูปทรงที่โปร่งใสบังกัน



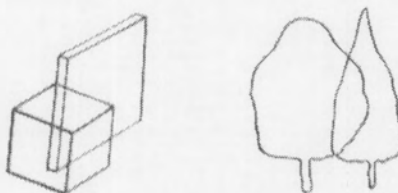
ภาพที่ 31 การวางซ้อนกันอย่างสมบูรณ์

2.3) คาบเกี่ยวกัน (Interpenetrating) เป็นวิธีการผนึกส่วนใดส่วนหนึ่งของรูปทรงเข้าด้วยกันในลักษณะสอดประสาน



ภาพที่ 32 การคาบเกี่ยวกัน

2.4) รูปทรงร่วม (Penetration) เป็นวิธีการใช้รูปทรงซ้อนกันบังกัน แสดงส่วนที่บังกันอย่างชัดเจน



ภาพที่ 33 รูปทรงร่วม

2.5) ผสมผสานกัน (Union) เป็นวิธีการใช้รูปทรงบางส่วนหลอมรวมเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียวกัน



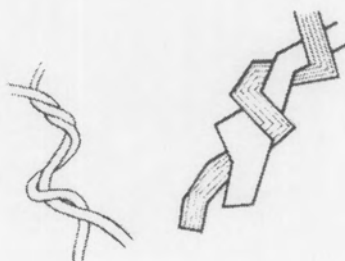
ภาพที่ 34 การผสมผสานกัน

2.6) จัดวางใกล้กัน (Juxtaposing Forms) เป็นวิธีการนำรูปทรงวางใกล้กันมองเห็นช่องว่างระหว่างกัน จะได้ลักษณะร่วม เป็นรูปทรงใหม่ได้



ภาพที่ 35 การจัดวางใกล้กัน

2.7) รูปทรงบิดพันกัน (Twisting Forms) เป็นวิธีการนำรูปทรงมาผูกมัดรัดต่อเนื่องกลายเป็นรูปทรงใหม่



ภาพที่ 36 รูปทรงบิดพันกัน

3) การขยายออก (Extension Transformations) เป็นวิธีการดึงบริเวณใดบริเวณหนึ่งของรูปทรงให้ยืดออก ทำให้บริเวณตรงข้ามยุบตัวลง เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในเนื้อของรูปทรงนั้น ๆ โดยไม่นำรูปทรงอื่นมาผสมด้วย ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีเพิ่มเข้าและตัดออก