

มิตีสัมพันธ์: ความบกพร่องที่ไม่ควรมองข้าม

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล¹ / เสรี ชัดแจ้ง²

¹ นิติปรัชญาเอก สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา
วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา.

² รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา.

อีเมล: aree.non@gmail.com

บทคัดย่อ

ความสามารถด้านมิตีสัมพันธ์เป็นความสามารถในการรับรู้ภาพในเรื่องของการมองโดยใช้จินตนาการจากประสาทสัมผัสที่สัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ทำให้เกิดความคิดรวบยอดในการแยกแยะ สี รูปร่าง รูปทรงสัญญาณ ลักษณะพื้นผิว มิตีความลึก มิตีความกว้าง ยาว หนา สูง และเป็นหนึ่งในความสามารถด้านพุทธิปัญญา (Carroll, 1993; Gardner, 2011; McGee, 1979) การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ามิตีสัมพันธ์ มีความสำคัญต่อการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น การมองเห็นมโนภาพในจิตใจเชื่อมโยงต่อพื้นฐานทางพัฒนาการด้านอื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน (Katsioloudis & Jovanovic, 2014) ที่ผ่านมามีการนำเสนอวิธีพัฒนาความสามารถด้านมิตีสัมพันธ์หลากหลายวิธีด้วยกัน ผู้เขียนได้ทบทวนแนวคิด ทฤษฎี บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ความหมาย ความสำคัญ สาเหตุ และวิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิตีสัมพันธ์ แสดงให้เห็นว่าเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจ ซึ่งความบกพร่องด้านนี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรได้รับการพัฒนา เพื่อที่ผู้ที่มีความบกพร่องด้านมิตีสัมพันธ์จะสามารถกระทำและเรียนรู้สิ่งรอบตัวได้เต็มศักยภาพเหมาะสมกับช่วงวัย

คำสำคัญ

ความสามารถด้านมิตีสัมพันธ์ มิตีสัมพันธ์ ความบกพร่องด้านมิตีสัมพันธ์



Spatial Ability: Disorders that should be a priority

Aree Hansomsakul¹ / Seree Chadcham²

¹ Student Ph.D. (Doctor of Philosophy) : Research and Statistics in Cognitive Science,
College of Research Methodology and Cognitive Science (RMCS), Burapha University

² Associate Professor : Research and Statistics in Cognitive Science,
College of Research Methodology and Cognitive Science (RMCS), Burapha University

E-mail: aree.non@gmail.com

Abstract

Spatial ability is the ability to recognize images in a matter of looking. The visionary sensory relationship with the things around you, causing concepts to distinguish colors, shape, morphology, texture depth dimensions, width, length, thickness and is one of the capabilities of multiple intelligences (Carroll,. 1993; Gardner, 2011; McGee, 1979) A recent study showed that spatial with a focus on development in various fields such as visual imagery in the hearts linked basic developmental other aspects of daily life (Katsioloudis & Jovanovic, 2014) through a presentation of how the spatial variety of ways. The authors review the theoretical articles and research related to the causes and important way to develop spatial ability. Shows that it is important that people should pay attention. This defect is necessary that it should be developed for those who have impaired spatial learning and what can be done around the full potential with age.

Keywords

Spatial abilities, spatial, impaired spatial



วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2561

บทนำ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีความสำคัญเกี่ยวกับการดำเนินชีวิตตั้งแต่วัยเด็ก ซึ่งในชีวิตประจำวันคนเราต้องใช้ประสบการณ์ในการมองเห็นสิ่งต่างๆ และประสาทสัมผัสทั้ง 5 ในการเรียนรู้สิ่งแวดล้อมโดยใช้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในการจำแนกวัตถุ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับวัตถุ วัตถุกับคนหรือตำแหน่งต่างๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ส่งผลต่อพัฒนาการด้านสติปัญญา การรับรู้มิติสัมพันธ์ (Spatial cognition) จึงเป็นกระบวนการเฉพาะทางความคิดที่เกี่ยวกับวัตถุ ที่อยู่ในกรอบความคิดด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความคิดด้านใดด้านหนึ่งเพียงมิติเดียว แต่รวมถึงการรับรู้ด้านมิติสัมพันธ์ ความจำ ความสามารถในการหมุน หรือการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวัตถุหนึ่งมารวมเป็นก้อนใหญ่ก้อนหนึ่ง (Rauscher & Zupan, 2000) ผู้ที่มีทักษะด้านมิติสัมพันธ์ดีจะมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างเชื่อมโยง เรียนรู้เร็ว รู้จักคิดวางแผนและมีจินตนาการกว้างไกลสามารถจัดกลุ่มรูปแบบต่าง ๆ ในสมองได้ดี เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ความสามารถในการรับรู้ภาพในเรื่องของการมองรอบด้านโดยใช้จินตนาการประสาทสัมผัสที่สัมพันธ์ในบริบทสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดความคิดรวบยอดการประมวลผลข้อมูลภาพ (Presmeg, 2006)

ความสามารถเหล่านี้ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงระดับของความรู้และทักษะที่เราอยู่ในแต่ละช่วงเวลา ในทศวรรษที่ผ่านมาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และการพัฒนาในมนุษย์ได้รับการศึกษาเพิ่มเติมอย่างหลากหลายเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่วิธีการและเครื่องมือการเรียนรู้มักจะมุ่งค้นหาการพัฒนาทักษะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียน (Dominguez, Martin-Gutierrez, Gonzalez, & Corredeaguas, 2012)

แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นความสามารถของบุคคลในการมองภาพ การประมวลผลรูปร่าง รูปทรง และตำแหน่งของวัตถุที่มองเห็นด้วยสายตา การสร้างจินตภาพของคนเหล่านั้นในรูปแบบของรูปร่าง การจัดวางตำแหน่งและเป็นการแสดงออกถึงภาวะทางจิตใจ (Carroll, 1993) Thurstone (1958) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ไว้ว่า หมายถึง สมรรถภาพของสมองในด้านการรับรู้เกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตที่ไม่มีการเคลื่อนที่ และการมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปภาพเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่ง หรือหมุนภาพเปลี่ยนไปจากเดิมซึ่งอาจใช้องค์ประกอบทางด้านจินตนาการร่วมด้วย

จากการศึกษาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์หลายครั้งได้แสดงให้เห็นว่า ความสามารถของบางสาขาวิชา เช่น คณิตศาสตร์ กราฟิก การวาดภาพ วิศวกรรม วิทยาศาสตร์ และการศึกษาทางกายภาพมีความสัมพันธ์กันในงานบวกกับการประกอบอาชีพบางสาขา เช่น วิศวกร สถาปนิก นักบิน และนักการศึกษาทางเทคนิคก็เกี่ยวข้องกับความสามารถในการการมองเห็นเชิงมิติสัมพันธ์ (Rafi, Anuar, Samad,



Hayati, & Mahadzir, 2005) มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความคิดสร้างสรรค์ทางรูปทรงเรขาคณิตได้พบว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นข้อดีสำหรับการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจเรื่องสัญลักษณ์ รูปร่าง ตาราง และตัวเลข นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาพได้ ทำให้ง่ายการประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อนได้อย่างง่ายดาย และส่งผลต่อความคิดในรูปแบบที่แตกต่าง ดังนั้นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จึงมีบทบาทสำคัญต่อการประสบความสำเร็จทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะบนพื้นฐานของการสร้างภาพรูปทรงเรขาคณิต (Guzel & Sener, 2009)

มีการศึกษาในผู้ป่วยภาวะสมองเสื่อมที่มีผลทำให้ไม่เข้าใจมิติสัมพันธ์ (visual-spatial) เช่น รู้ว่าบ้านอยู่ใกล้สะพานแต่หาทิศที่จะเดินไปบ้านไม่ถูก และขาดจินตนาการทำให้ไม่สามารถสร้างภาพในสมองได้ เช่น เวลาจะเดินทางไปไหนสมองจะวาดภาพทิศทางว่าจะไปทางไหน (มุกดา หนูยศรี, 2016) มิติสัมพันธ์ไม่เพียงเกี่ยวข้องกับพัฒนาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เท่านั้น ยังมีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ เป็นความสามารถของสมองซีกซ้ายและเป็นความสามารถทางสติปัญญาด้านหนึ่งของมนุษย์ แต่ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสำคัญในการดำรงชีวิตอย่างมาก เนื่องด้วยสิ่งทั้งปวงหรือวัตถุใด ๆ มักจะมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา วัตถุเมื่อมีการเปลี่ยนมุมมองเปลี่ยนตำแหน่ง ระยะของการมองวัตถุที่ปรากฏก็จะเปลี่ยนไป การรับรู้และการเรียนรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์อย่างหนึ่ง การศึกษาของ Pittalis & Christou (2010) ได้ศึกษาการใช้เหตุผลในการคิดเรขาคณิต 3 มิติและ ความสัมพันธ์กับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พบว่า การคิดเชิงเรขาคณิต 3 มิติ สามารถอธิบายชนิดของการใช้เหตุผลที่แตกต่าง 4 ชนิด ได้อย่างชัดเจนและพบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญที่ใช้พยากรณ์การใช้เหตุผลในการคิดเรขาคณิต 3 มิติ ได้เป็นอย่างดี คือ Spatial Visualisation Spatial Orientation และ Spatial relations และการสร้างภาพมิติสัมพันธ์มีบทบาทสำคัญในการคิดสร้างสรรค์ในวิชาคณิตศาสตร์ (Jakubowski & Unal, 2004) ผู้ที่มีทักษะด้านมิติสัมพันธ์ดีจะมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างเชื่อมโยง เรียนรู้เร็ว รู้จักคิดวางแผนและมีจินตนาการกว้างไกล สามารถจัดกลุ่มรูปแบบต่างๆ ในสมองได้ดี เนื่องจากสมองทุกส่วนทำงานเชื่อมโยงกัน โดยเฉพาะสมองส่วนท้ายทอยที่ทำหน้าที่ในการรับรู้การมองเห็นและการสร้างจินตภาพทำงานซับซ้อนขึ้น ดังที่มีการศึกษาการทำงานของสมองระหว่างผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำขณะทำกิจกรรมด้านมิติสัมพันธ์ กับกิจกรรมด้านภาษา ด้วย Slow Potential Topography ศึกษาด้วย DC-recorded ผลการวิจัยพบว่า การวัดด้วยเครื่องมือที่สามารถตรวจสอบด้านมิติสัมพันธ์จะพบการทำงานของสมองบริเวณท้ายทอยและส่วนขม่อม (Occipito-Parietal Region) และกลุ่มที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง พบว่าการทำงานค่อนข้างสมมาตรในสมองบริเวณ Occipital และ Occipito-Parietal Region (Bhattacharya & Petsche, 2002) ส่วนการศึกษาค้นไฟฟ้าสมองระหว่างการทำกิจกรรมการรับรู้ด้วยการมองรูปวาด



กับการใช้จินตนาการมองรูปวาด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างในการทำหน้าที่และพื้นที่บริเวณการกระตุ้นของสมองระหว่างกลุ่มที่เป็นศิลปินกับไม่ใช่ศิลปิน พบว่า ขณะทำกิจกรรมการรับรู้ด้วยการมองรูปวาดเซลล์ประสาทบริเวณที่ทำหน้าที่รับภาพเกิดการกระตุ้นของคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้าและแกมมาซึ่งเป็นคลื่นความถี่สูง (Bhattacharya & Petsche, 2002)

การศึกษาความบกพร่องในการประมวลผลข้อมูลของสมองทั้งสองข้าง รวมทั้งความบกพร่องของการทำงานบริเวณสมองซีกขวาที่ทำหน้าที่ด้านการเคลื่อนไหวกับการมองเห็น และด้านการมองเห็นกับมิติสัมพันธ์ (visuomotor and visuospatial functions) ก่อให้เกิดความบกพร่องด้านการอ่าน การศึกษาปรากฏว่าเด็กที่มีปัญหาด้านการอ่านมีความยากลำบากในการควบคุมการเคลื่อนไหวของตาทั้งสองข้างซึ่งเกิดความผิดปกติบริเวณ right posterior parietal region และไม่ตอบสนองการมองภาพ/สัญลักษณ์ การละเลยการมองทางด้านซ้าย (left neglect) แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเคลื่อนไหวกับการมองเห็นส่งผลต่อความสามารถด้านการอ่าน มีการยืนยันว่าเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่านเกิดจากความบกพร่องของวิถีประสาท magnocellular ที่มีความสัมพันธ์กับความใส่ใจในการมองด้านมิติสัมพันธ์ (visual spatial attention) (วัฒนาริ อัมมวรธย์, 2559) จะเห็นได้ว่าความสามารถมิติสัมพันธ์เป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางพัฒนาการด้านอื่น ๆ หากมีความบกพร่องด้านมิติสัมพันธ์เกิดขึ้นจะส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวันทั้งทางด้านการคิดพัฒนาการพื้นฐานและการเรียนรู้

วิธีการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

วิธีการที่จะระบุองค์ประกอบพื้นฐานของการคิดเชิงพื้นที่ คือการตรวจสอบสิ่งที่วัดได้จากการทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การวัดหรือการทดสอบนี้เป็นวิธีการดำเนินการในการวิจัยที่นิยมใช้ในปัจจุบัน การทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นการศึกษาการฝึกความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่ใช้วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เช่น ทดสอบพับกระดาษ (Ekstrom, French, Harman, & Dermen, 1976) การทดสอบภาพสามมิติที่หมุนเปลี่ยนทิศทางในใจ (Vandenberg Mental Rotation Test) (Vandenberg & Kuse, 1978) และการศึกษาจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์พัฒนาขึ้นได้โดยการฝึก (Baenninger & Newcombe, 1995) วิธีการเพิ่มเติมที่มักนำมาใช้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา คือ การตรวจสอบแนวคิดหลักของทักษะด้านมิติสัมพันธ์ การวิเคราะห์ประเภทของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ วิธีการนี้ช่วยให้สามารถระบุกระบวนการทางปัญญาด้านมิติสัมพันธ์ที่ดูเหมือนจะเป็นสิ่งสำคัญในโลกแห่งความเป็นจริง โดยทั่วไปมักใช้การทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แต่ไม่ได้พิจารณาความสัมพันธ์ของการแบ่งประเภทของงานหรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบลักษณะของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ในการแพทย์ (การผ่าตัดการฉายรังสีและการเรียนรู้กายวิภาค) (Hegarty, Keehner, Cohen, Montello, & Lipa, 2007) การให้เหตุผลทางจักรกล (Hegarty, 2004) และ



การแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ (Kozhevnikov, Motes, & Hegarty, 2007) ส่วนเหล่านี้มีลักษณะที่สำคัญหลายประการร่วมกัน ทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ กระบวนการทางจิตวิทยาในการสร้างภาพมิติสัมพันธ์ ซึ่งวัดความสามารถในการ จินตนาการวัตถุ หมุนภาพวัตถุ จากมุมมองที่แตกต่างกัน จินตนาการการพับและแยกชิ้นส่วน (Hegarty, 2010) สุภาพร ศรีหามิ (2514) ศึกษาผลการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ของการจะพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำให้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น โดย ประยุกต์ทฤษฎีการวาดของวิลลิตส์ ซึ่งเป็นกระบวนการในการวาดภาพที่ให้ความลึก เริ่มจากการวาดภาพรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่รูปทรง 3 มิติ ด้วยการใช้เส้นลักษณะต่างๆ ร่วมกับการใช้ The Geometer's Sketchpad Program (GSP) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เป็นระบบซอฟต์แวร์สำหรับสร้างรูปทรงเรขาคณิต ที่มีคุณลักษณะสำคัญต่อการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีทักษะการจินตนาการ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Approach) ทักษะของการนึกภาพเชิงพื้นที่ และสามารถบูรณาการเชื่อมโยงให้ผู้เรียนพัฒนาหุปัญญาโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านมิติสัมพันธ์ โดยนำมาประยุกต์ในการสร้างโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

งานวิจัยที่ชื่อว่า Mozart Effect ของ Frances H. Rauscher และคณะ ได้ค้นพบว่า เพลงเปียโนโซนาต้า ในบันไดเสียง ดี เมเจอร์ หมายเลขเค.448 โมซาร์ท ช่วยให้นักศึกษากลุ่มทดลองสามารถทำคะแนนด้านมิติสัมพันธ์ได้ดีเมื่อฟังเพลงโมซาร์ทเป็นเวลา 10 นาที (Rauscher, 2003) การศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบประสิทธิภาพของการพิมพ์ 3 มิติที่มีอิทธิพลต่อ ความสามารถในการมองภาพสามมิติที่หมุนเปลี่ยนทิศทางได้ในใจ (Mental rotation ability) ที่มีความสำคัญและเป็นสัญลักษณ์ประเภทหนึ่งของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ นักวิจัยแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต้องผ่านการฝึก โดยกลุ่มทดลองได้รับการเรียนการสอนเกี่ยวกับการใช้ Google Sketch Up ในการออกแบบการสร้างแบบจำลอง 3 มิติและการใช้เครื่องพิมพ์ 3D เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีการเรียนการสอนในชั้นเรียนแบบดั้งเดิม การประเมินผลหลังจบหลักสูตรพบว่า ความแตกต่างของทั้งก่อนและหลังการทดลอง คะแนนของกลุ่มทดลองสูงกว่าผู้ที่อยู่ในการควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (Chen, Zhang, & Zhang, 2014) นอกจากนี้ยังมีหลักฐานที่แสดงว่าผลของการฝึกอบรมทักษะด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลต่อในทักษะด้านมิติสัมพันธ์อื่น ๆ แม้จะไม่ได้รับการฝึกฝน (Wright, Thompson, Ganis, Newcombe, & Kosslyn, 2008) และผลยังคงอยู่เป็นเวลาหลายเดือนหลังจากได้รับประสบการณ์การฝึกอบรม (Terlecki, Newcombe, & Little, 2008) มีการนำรูปแบบของงานสามมิติ (3D) โลกเสมือนจริงมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งรูปแบบนี้ได้รับความสนใจมาก (Messinger et al., 2009) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วัตถุ 3 มิติส่งผลเชิงบวกในหน่วยเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับทักษะด้านมิติสัมพันธ์ (Huk, 2006)



สรุป

ความสามารถทางมิติสัมพันธ์เป็นส่วนหนึ่งของสมรรถภาพทางสติปัญญาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ถือว่ามีความสำคัญสำหรับการทำงานในชีวิตประจำวัน และหลายวิชาที่โรงเรียนจำเป็นต้องมีกราฟตัวเลข ภาพร่าง และความเข้าใจภาพสิ่งเร้า ทักษะด้านมิติสัมพันธ์เหล่านี้ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้และเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับของความรู้ และทักษะ ที่ผ่านมาการพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในมนุษย์ได้รับการศึกษาเพิ่มเติมอย่างหลากหลาย เพื่อพัฒนาทักษะความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียน (Dominguez et al., 2012) ซึ่งความสามารถทางมิติสัมพันธ์สามารถเสริมสร้างและพัฒนาได้จากการดำเนินชีวิตประจำวันและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระตุ้นจินตนาการ การสร้างสรรค์ และการใช้ความคิดอย่างอิสระโดยให้เด็กได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ

เอกสารอ้างอิง

- วัฒนาрі อัมมวรรณ และเสรี ชัดเข้ม. (2559). กรอบคิดเชิงทฤษฎีและมุมมองใหม่เพื่อพัฒนาเด็กที่มีความบกพร่องด้านการอ่าน. *วารสารสงขลานครินทร์*, 34, 211-221.
- มุกดา หนูศรี. (2016). การป้องกันภาวะสมองเสื่อม. *วารสารพยาบาลตำรวจ*, 8(1), 227-240.
- สุภาพร ศรีหมี. (2014). ผลการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตสำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *Journal of Rajanagarindra*, 11(26), 23-28.
- Baenninger, M., & Newcombe, N. (1995). *Environmental input to the development of sex-related differences in spatial and mathematical ability*. *Learning and Individual Differences*, 7(4), 363-379.
- Bhattacharya, J., & Petsche, H. (2002). *Shadows of artistry: cortical synchrony during perception and imagery of visual art*. *Cognitive Brain Research*, 13(2), 179-186.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*: Cambridge University Press.
- Chen, M., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2014). Effects of a 3D printing course on mental rotation ability among 10-year-old primary students. *International Journal of Psychophysiology*, 2(94), 240.



- Dominguez, M. G., Martin-Gutierrez, J., Gonzalez, C. R., & Corredeaguas, C. M. M. (2012). Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 51, 736-744. doi:10.1016/j.sbspro.2012.08.233
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational testing service.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences: Basic books*.
- Guzel, N., & Sener, E. (2009). *High school students' spatial ability and creativity in geometry*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 1763-1766. doi:10.1016/j.sbspro.2009.01.312
- Hegarty, M. (2004). *Mechanical reasoning by mental simulation*. *Trends in cognitive sciences*, 8(6), 280-285.
- Hegarty, M. (2010). *Components of spatial intelligence*. *Psychology of Learning and Motivation*, 52, 265-297.
- Hegarty, M., Keehner, M., Cohen, C., Montello, D. R., & Lippa, Y. (2007). *The role of spatial cognition in medicine: Applications for selecting and training professionals*. *Applied spatial cognition*, 285-315.
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
- Jakubowski, E., & Unal, H. (2004). *Promoting and awakening mathematical creativity*. Paper presented at the Florida Council of Teachers of Mathematics Annual Meeting.
- Katsioloudis, P. J., & Jovanovic, V. (2014). Spatial Visualization Ability and Impact of Drafting Models: A Quasi Experimental Study. *Engineering Design Graphics Journal*, 78(2).
- Kozhevnikov, M., Motes, M. A., & Hegarty, M. (2007). *Spatial visualization in physics problem solving*. *Cognitive Science*, 31(4), 549-579.
- McGee, M. G. (1979). *Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences*. *Psychological bulletin*, 86(5), 889.



- Messinger, P. R., Stroulia, E., Lyons, K., Bone, M., Niu, R. H., Smirnov, K., & Perelgut, S. (2009). *Virtual worlds—past, present, and future: New directions in social computing*. *Decision Support Systems*, 47(3), 204-228.
- Presmeg, N. C. (2006). *Research on visualization in learning and teaching mathematics*. *Handbook of research on the psychology of mathematics education*, 205-235.
- Rafi, A., Anuar, K., Samad, A., Hayati, M., & Mahadzir, M. (2005). *Improving spatial ability using a Web-based Virtual Environment (WbVE)*. *Automation in Construction*, 14(6), 707-715. doi:10.1016/j.autcon.2004.12.003
- Rauscher, F. H. (2003). *Can Music Instruction Affect Children's Cognitive Development?*. ERIC Digest.
- Terlecki, M. S., Newcombe, N. S., & Little, M. (2008). *Durable and generalized effects of spatial experience on mental rotation: Gender differences in growth patterns*. *Applied cognitive psychology*, 22(7), 996-1013.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). *Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization*. *Perceptual and motor skills*.
- Wright, R., Thompson, W. L., Ganis, G., Newcombe, N. S., & Kosslyn, S. M. (2008). *Training generalized spatial skills*. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(4), 763-771.