

โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว A Causal Relationship Model of Geometrical Achievement in Grade 11 at Champasak Province, LAO People's Democratic Republic

Seesamai Douangmany ^{1*} ปริญา เรืองทิพย์ ²

Seesamai Douangmany ^{1*}, Parinya Ruengtip ²

¹ Department of Mathematics, Champasack University, LAO People's Democratic Republic

² College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Thailand

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียน และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรในโมเดลประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 5 ตัว ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ซึ่งกำลังศึกษา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 400 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS ตรวจสอบคุณภาพของข้อคำถามโดยใช้โปรแกรม TAP (Test Analysis Program) และวิเคราะห์โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยโปรแกรม LISREL 8.80

ผลการวิจัยปรากฏว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์ เท่ากับ 97.98 ค่า df เท่ากับ 88 ค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .22, ดัชนี GFI เท่ากับ .97 ค่า RMSEA เท่ากับ .02 และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ .53 มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อม เชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ส่วนมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทางมีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

สรุปได้ว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากที่สุด คือ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต รองลงมา ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิง การมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์, การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

*Corresponding author. E-mail: seesamai@cu.edu.la

ABSTRACT

The purpose of this research was to develop and validate a causal relationship model of geometrical achievement. The model comprises, five latent variables: Spatial visualization, spatial orientation, spatial relation, intuitive geometry, and geometrical achievement. The sample was recruited from 400 grade eleven students (first semester of academic year 2015) in Champasak Province, Lao People's Democratic Republic. The sample was selected by multi-stage random sampling. The research instruments included Spatial Ability test, Intuitive Geometry test, and Geometrical Achievement test. Descriptive statistics analysis was generated using SPSS, item quality analysis was conducted using TAP (Test Analysis Program), and causal relationship model was analyzed using LISREL 8.80.

Results indicated that the causal model of geometrical achievement was consistent with the empirical data: Chi-square test of goodness of fit = 97.98, $df = 88$, $p = .22$, GFI = .97, RMSEA = .02. The variables in the model accounted for 53% of the variance in geometrical achievement. Spatial visualization and spatial orientation had a positive direct effect on intuitive geometry. Spatial relation had a positive direct and indirect effect on geometrical achievement. Intuitive geometry had a positive direct effect on geometrical achievement.

In conclusion, intuitive geometry was the main causes influencing of geometrical achievement followed by Spatial Visualization, Spatial Relation, and Spatial Orientation, respectively.

Keywords: Spatial ability, Intuitive geometry, Geometrical achievement

ความนำ

หลักสูตรการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม. 5-7) ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (ส.ป.ป.ลาว) เป็นหลักสูตรที่สร้างขึ้นตามแผนการปฏิรูปการศึกษาแห่งชาติ ค.ศ. 2006-2015 เพื่อให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความรู้ มีเจตคติที่ดี และมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิต ในสังคมตามสภาพปัจจุบันที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูง การแสวงหาความรู้ เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื้อหาของหลักสูตรประกอบด้วย 14 รายวิชา ได้แก่ รายวิชาพื้นฐาน 11 รายวิชา เช่น คณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เป็นต้น และรายวิชาเลือก 3 รายวิชา ได้แก่ พื้นฐานวิชาชีพ ศิลปะ ภาษาต่างประเทศที่สอง ปรากฏว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง แต่ปรากฏว่า

ผลการสอบระดับชาติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของจังหวัดจำปาสัก ปีการศึกษา 2557 มีนักเรียนที่สอบไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 22.62 ซึ่งเป็นจำนวนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้น การหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรขาคณิต ซึ่งเป็นสิ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ ซึ่งในวัยนี้จะมี การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่โดดเด่น (Ung, Kompapanee, & Suksawang, 2011; Clements & Battista, 1992; Verstijnen et al., 1998; NRC, 2001; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009) และมีความสำคัญต่อการเรียนรู้เรขาคณิต (Olkun, 2003) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากในการที่จะเข้าใจโลกของความเป็นจริง เนื่องจาก

โครงสร้างทางเรขาคณิตมีอยู่ทุกที่บนโลก (Clements & Battista, 1992) เนื้อหาด้านเรขาคณิตตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวง ศึกษาธิการ และกีฬา ส.ป.ป.ลาว มี 4 ด้าน ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเพอร์โบลา (กระทรวง ศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011)

ปัจจัยที่สำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) คือ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability) (Ung, Kompetchanee, & Suksawang, 2011; Olkun, 2003; Wai, Lubinski, & Benbow, 2009) เพราะถ้าบุคคลมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ที่เกี่ยวข้องกับกับมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Spatial visualization) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง (Spatial orientation) และ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ (Spatial relation) (Pittalis, & Christou, 2010) ด้วยการสร้างมโนภาพให้เกิดจินตนาการ ที่มีความสัมพันธ์กับภาพที่มองเห็นได้อย่างถูกต้องแล้ว (ปริญาญา เรื่องทิพย์ และ เดชา วรณพาทูล, 2557) และสามารถเชื่อมโยงการทำงานให้ประสบความสำเร็จในอนาคต โดยเฉพาะความรู้ความเข้าใจด้านเรขาคณิต ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจในวัตถุที่เป็น 2 มิติ และ 3 มิติ จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายดีขึ้นตามมาด้วย (Lubinski, 2010)

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถเข้าใจการมีเหตุผล และความจำที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับวัตถุต่าง ๆ มีความสำคัญต่อผลสำเร็จในกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่นการแข่งขันกีฬา ความถนัดทางเทคนิค คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม การคาดการณ์ทางเศรษฐกิจ อุตุนิยมวิทยา เคมีและฟิสิกส์ เป็นต้น ไม่เพียงแต่การทำความเข้าใจวัตถุต่าง ๆ เท่านั้น แต่ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลและการใช้เหตุผลจากการมองเห็นวัตถุต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวด้วย (Goldstein, 2011) จะเห็นได้ว่า มิติสัมพันธ์เป็นกระบวนการทางปัญญาที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และเป็นความสามารถที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงเรขาคณิต (Intuitive geometry) (Spelke, 2011) การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นการเกิด

ความเข้าใจ การตอบสนอง การให้เหตุผล การตัดสินใจ ในทันทีทันใด เกิดจากประสบการณ์ที่ผ่านมาในการเรียนรู้ โดยเฉพาะความรู้พื้นฐานและโครงสร้างทางเรขาคณิต (Dehaene, 2011) การหยั่งรู้มีความสำคัญต่อทักษะการเงินธนาคารด้านมิติสัมพันธ์ทางเรขาคณิต การจัดการกับภาพทางเรขาคณิตในใจและการวิเคราะห์ปัญหาทางเรขาคณิต และ ยังมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Fujita, Jones, & Yamamoto, 2004; Giofrè, Mammarella, Ronconi, & Cornoldi, 2013)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปร ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว และตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องนำข้อค้นพบที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเรขาคณิต หรือ เป็นแนวทางในการวางแผนกำหนดเป้าหมายการจัดการศึกษาของจังหวัดจำปาสักต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
2. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

กรอบแนวคิดการวิจัย

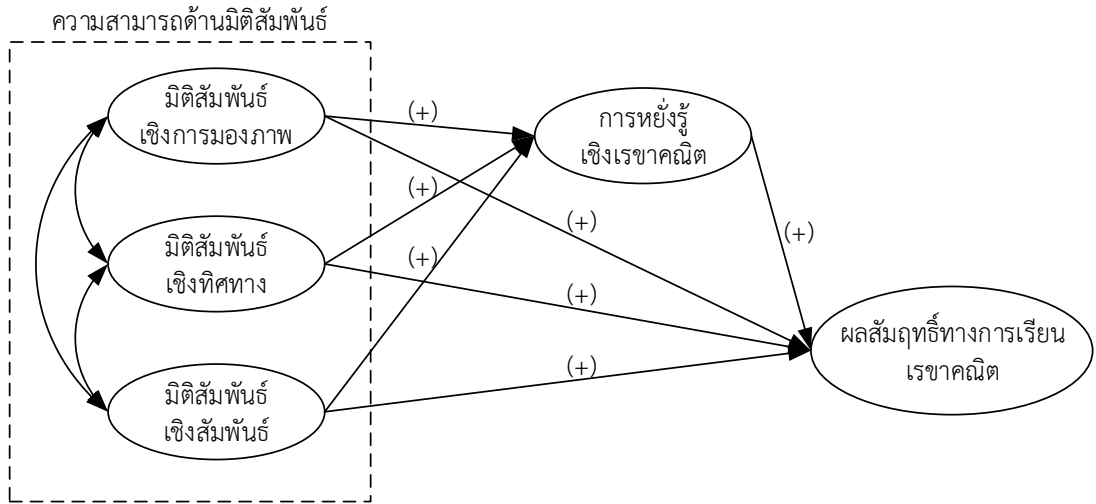
โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้พัฒนาขึ้นตามทฤษฎีของ Wai et al. (2009) ที่กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในช่วงวัยรุ่น มีความโดดเด่น เป็นคุณลักษณะ ที่สำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่ม

STEM และทฤษฎีของ Hannafin, Truxaw, Vermillion, and Liu (2008) ที่ได้อธิบายว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ซึ่งเนื้อหาเรขาคณิตชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว มี 4 เนื้อหา คือ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเพอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2011) Pittalis and Christou (2010) ได้กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) มิติสัมพันธ์เชิงการมองเห็น เป็นความสามารถทางการมองเห็น ที่ต้องทำความเข้าใจกับลำดับของการเปลี่ยนแปลงและมีความสลับซับซ้อน 2) มิติสัมพันธ์เชิงทิศทางเป็นความสามารถที่จะยังคงความไม่สับสนต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทิศทางของรูปภาพหรือ วัตถุ เช่น วัตถุหนึ่งเปลี่ยนแปลงรูปร่าง หรือ ทิศทางไปทางขวา หรือ ซ้าย สูงกว่าหรือต่ำกว่า ใกล้กว่าหรือไกลกว่า และ 3) มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์เป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ต้องใช้ความสามารถทางความคิดเป็นความสามารถในการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น โดยเฉพาะการรับรู้การหมุนของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ ได้อย่างถูกต้องด้วยการตอบสนองอย่างรวดเร็ว

มิติสัมพันธ์เป็นความสามารถในการเก็บข้อมูล การดึงข้อมูลกลับ และการจินตภาพได้เป็นอย่างดี (Lohman, 1988 cite in Sternberg, 2014) และอธิบายมิติสัมพันธ์ที่มีผลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยใช้ทฤษฎีของ Spelke (2011) ที่กล่าวว่า องค์ประกอบ 4 ประการของระบบทางปัญญา คือ ระบบสำหรับการเปรียบเทียบและการรวมชุด ระบบสำหรับการเลือกและติดตามตัวเลขขนาดเล็กที่มีความแตกต่างกัน ระบบสำหรับการเป็นตัวแทนของรูปทรง ระบบขนาดใหญ่เพื่อกำหนดตำแหน่งของตัวเอง และระบบสำหรับบอกลักษณะรูปทรงของวัตถุขนาดเล็กและรูปภาพ มีความเชื่อมโยงกับมิติสัมพันธ์ และเป็นที่มาของการหยั่งรู้เชิงตัวเลขและเรขาคณิต (Numerical and Geometrical intuitions) และทฤษฎีกระบวนการทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ได้แก่ การรับรู้ (Perception) เป็นการแปลความหมายจากการสัมผัส โดยเริ่มตั้งแต่มีสิ่งเร้ามากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้าและส่งกระแสประสาทไปยังสมองเพื่อแปลความหมาย กระบวนการรับรู้เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างประสบการณ์และการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยเฉพาะการรับรู้ทางการมองเห็น (Visual perception) เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Bottom-up process โดยเริ่มจากแสงไปกระทบที่ตาและภาพไปตกกระทบที่จอประสาทตา (Retina) และส่งสัญญาณไปตามวิถีประสาทการมองเห็น (Visual pathways) เพื่อตีความที่เปลือกสมองส่วนการมองเห็น (Visual cortex) ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการรับรู้ การมองเห็น ส่วนการเกิดการจินตภาพ (Visual imagery) เป็นกระบวนการทางปัญญาที่เรียกว่า Top-down process จากสมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความจำ (Behrmann, Moscovitch, & Winocur, 1994 cited in Goldstein, 2011) และความจำโดยเฉพาะความจำระยะยาว เป็นความจำที่ถูกเก็บไว้ในช่วงระยะเวลาหลายปี หรือตลอดชีวิต (Atkinson, & Shiffrin, 1968 Cited in Goldstein, 2011) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์เป็นที่มาของการเกิดการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ซึ่งการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต เป็นความสำคัญที่เป็นพื้นฐานทางเรขาคณิต (Core Knowledge of Geometry) เกิดจากประสบการณ์ที่ผ่านมา มีความสำคัญต่อทักษะการจัดการกับภาพทางเรขาคณิตในใจและการวิเคราะห์ปัญหาทางเรขาคณิต (Fujita et al., 2004; Dehaene et al., 2006) และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต (Giofrè et al., 2013)

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องปรากฏว่า องค์ประกอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จึงสามารถสรุปกรอบแนวคิด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

สมมติฐานของการวิจัย

1. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต
3. องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต
4. การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 400 คน เป็นเพศชาย 190 คน คิดเป็นร้อยละ 47.50 เป็นเพศหญิง 210 คน คิดเป็นร้อยละ 52.50 มีอายุระหว่าง 15 ถึง 19 ปี ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage random sampling) มีโรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling unit) ชั้นที่ 1 สุ่มรายชื่อโรงเรียน โดยจำแนกตามขนาดสถานศึกษา

ตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2554 คือ โรงเรียนขนาดเล็กมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 499 คนคนลงมา โรงเรียนขนาดกลางมีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 500-1,499 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 1,500-2,499 คน สุ่มมาขนาดละ 3 โรงเรียน (โรงเรียนขนาดใหญ่มีจำนวน 2 โรงเรียน 1 โรงเรียน) ได้ทั้งหมด 7 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนพรสวรรค์ โรงเรียนแจวแดง โรงเรียนหัวแซ โรงเรียนเก่าแกิง โรงเรียนปากช่อง โรงเรียนสะฝ้าย และโรงเรียนโพนไซ ชั้นที่ 2 สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนของนักเรียนในแต่ละโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบทดสอบที่เป็นภาษาลาว มีลักษณะหลายตัวเลือก การให้คะแนนถูกให้ 1 ผิดให้ 0 มี 3 ฉบับ ประกอบด้วย 1) แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 56 ข้อ ประกอบด้วย การประกอบรูป พัฒนาการเชิงพื้นที่ การพับกระดาษ การหมุนบัตร การเปรียบเทียบลูกบาศก์ การระบุตำแหน่งวัตถุ มุมมองภาพ และการหมุนวัตถุ 2) แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต จำนวน 43 ข้อ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 60 ข้อ ประกอบ

ด้วย 4 เนื้อหา ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเพอร์โบลา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ภาษา แต่ละข้อมีค่า CVI เท่ากับ 1.00 และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประทุมพร จังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว จำนวน 50 คน แล้วนำผลมาตรวจสอบคุณภาพ และได้ข้อคำถามที่นำไปใช้จริง ได้แก่ 1) แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 28 ข้อ มีค่า ความยากง่าย ระหว่าง .32-.62 ค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง .20-.50 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ Cronbach's-เท่ากับ .93 2) แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต จำนวน 43 ข้อ มีค่าความยากง่าย ระหว่าง .32-.78 ค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง .20-.58 และ

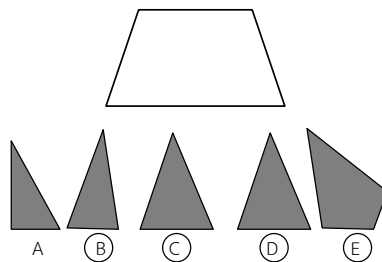
ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ Cronbach's-เท่ากับ .78 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย ระหว่าง .38-.68 ค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง .27-.73 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ Cronbach's Alpha เท่ากับ .81

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial ability)

ให้นักเรียนเลือกจำนวน 4 รูป จากทั้งหมด 5 รูป โดยการทำเครื่องหมายกากบาท (X) ที่ช่อง A B C D E ซึ่งรูปที่เลือกต้องเป็นรูปที่สามารถประกอบรวมกันเป็นรูปที่กำหนดให้ได้อย่างสมบูรณ์ รูปที่จะเลือกบางรูปอาจต้องมีการหมุนจึงสามารถประกอบรวมกันได้ ดังภาพที่ 2

คำถาม ข้อที่ 00:



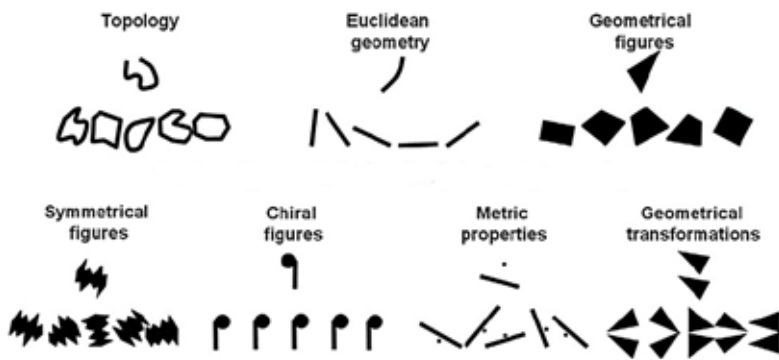
ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2. แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

เครื่องหมาย กากบาท (X) ลงในช่องคำตอบ A B C D E หรือ F ดังภาพที่ 3

ให้นักเรียนเลือกหนึ่งรูปที่แตกต่างจากกลุ่ม โดยทำ

คำถาม ข้อที่ 00:



ภาพที่ 3 ตัวอย่างแบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต เป็นแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นตามตำราเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ปีที่ 5 ภาคตัดกรวย ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรขาคณิต ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเพอร์โบลา (กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว, 2014) ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ตัวเลือกให้นักเรียนเลือกเพียงคำตอบเดียวที่เป็นคำตอบที่ถูกต้อง

คำถาม ข้อที่ 00:

กำหนดให้สมการวงรี $9X^2+25Y^2 = 225$ จงหาผลรวมของระยะห่างจากจุดหนึ่งของวงรี หากจุดโฟกัสทั้งสองจุด $|MF'| + |MF| = ?$

แนวคำตอบ:

คำตอบใดต่อไปนี้เป็นคำตอบที่ถูกต้อง?

ก. $|MF'| + |MF| = 4$ ข. $|MF'| + |MF| = 6$

ค. $|MF'| + |MF| = 8$ ง. $|MF'| + |MF| = 10$

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน 2558 ได้แบบทดสอบที่สมบูรณ์กลับคืนมา 400 ฉบับ

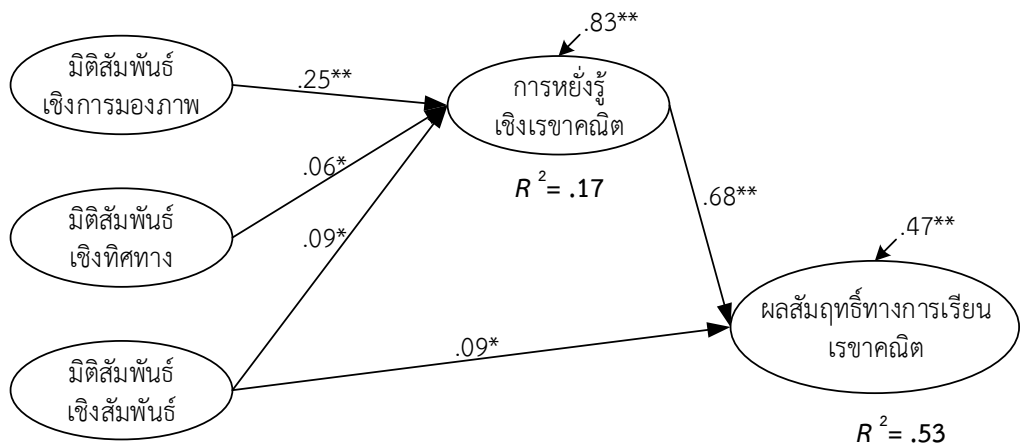
การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานด้วยโปรแกรม SPSS และวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้น กับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้คะแนนมาตรฐาน (Z score) ด้วยโปรแกรม LISREL 8.8

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยปรากฏว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาจากค่าสถิติไค-สแควร์ เท่ากับ 97.98 ค่า df เท่ากับ 88 ค่า X^2/df เท่ากับ 1.11 ค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ .22 ดัชนี GFI เท่ากับ .97 ดัชนี AGFI เท่ากับ .95 ดัชนี CFI เท่ากับ 1.00 ค่า RMR เท่ากับ .03 ค่า SRMR เท่ากับ .03 ค่า RMSEA เท่ากับ .02 และตัวแปรทั้งหมดในโมเดลสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ได้ร้อยละ 53 ดังภาพที่ 2

ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยมีสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .25, .06, .09 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, .05, .05 ตามลำดับ และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต มีสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .17, .04, .06 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, .05, .05 ตามลำดับ ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยมีสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .09 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยมีสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .68 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังตารางที่ 1



** $p < 0.1$, * $p < .05$

ภาพที่ 4 โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลของโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ตัวแปรผล	การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต			ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE
มิติสัมพันธ์	.25**	-	.25**	.17**	.17**	-
เชิงการมองภาพ	(.06)		(.06)	(.05)	(.05)	
มิติสัมพันธ์	.06*	-	.06*	.04*	.04*	-
เชิงทิศทาง	(.03)		(.03)	(.02)	(.02)	
มิติสัมพันธ์	.09*	-	.09*	.15*	.06*	.09*
เชิงสัมพันธ์	(.04)		(.04)	(.06)	(.03)	(.04)
การหยั่งรู้	-	-	-	.68**	-	.68**
เชิงเรขาคณิต				(.08)		(.08)

หมายเหตุ: ** $p < .01$, * $p < .05$, ตัวเลขในวงเล็บ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

TE = อิทธิพลรวม, IE = อิทธิพลทางอ้อม, DE = อิทธิพลทางตรง

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตขึ้นอยู่กับการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ ส่วนมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง มีอิทธิพลทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก

สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ขณะที่ตัวแปรมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง เป็นสาเหตุทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และตัวแปรการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wai et al. (2009) และงานวิจัยของ Hannafin et al. (2008) ที่ได้อธิบายว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต และงานวิจัยของ Giofrè et al. (2013) ที่ได้อธิบายว่า การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตมีความเชื่อมโยงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ดังนั้นจึงอภิปรายผลการวิจัยตามสมมติฐาน ดังนี้

องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ คือ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ขณะที่มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทางไม่เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต แสดงว่านักเรียนที่จะสามารถแก้ปัญหาเรขาคณิตได้ต้องมีความสามารถทางความคิดที่เป็นการรับรู้รูปแบบความสัมพันธ์ของวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการหมุนทางจิต (Mental rotation) ซึ่งเนื้อหาเรขาคณิตที่มี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ สมการพาราโบลา สมการวงกลม สมการวงรี และสมการไฮเพอร์โบลา เป็นเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิต 2 มิติ และ 3 มิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Weckbacher and Okamoto (2014) ได้ศึกษาความสามารถในการหมุนทางจิต ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถการหมุนทางจิต ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และการรับรู้ตนเองทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถ ด้านการหมุนทางจิตมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตและพีชคณิต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพัฒนาการทางด้านการคิดเชิงมิติสัมพันธ์

เชิงสัมพันธ์มีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉพาะเรขาคณิต ขณะที่มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ไม่เป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต เพราะว่ามันจะแก้ไขปัญหาทางเรขาคณิตได้ต้องมีความรู้ ความเข้าใจทางด้านหลักการ หรือวิธีการในแก้ปัญหาทางเรขาคณิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ Giofrè et al. (2013) ได้ศึกษาเรื่องความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าองค์ประกอบของความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ (Visuospatial working memory: VSWM) มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า ความจำขณะคิดด้านมิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพมีอิทธิพลทางอ้อมมากกว่าอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต แสดงว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ดีจะส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนดีขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hannafin, et al. (2008) ได้ศึกษาผลของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และโปรแกรมการเรียนการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต เพื่อตรวจสอบผลของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และชนิดของวิธีการเรียนการสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรขาคณิตสูงทั้งสองวิธีการสอน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wai et al. (2009) ได้ศึกษาความสำคัญของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ในการเรียนกลุ่ม STEM เพื่อตรวจสอบความเชื่อมโยงระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และ STEM ผลจากการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่นั่นจะสามารถทำนาย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสำเร็จในกลุ่ม STEM สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pittalis and Christou (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของการคิดเชิงเรขาคณิตแบบ 3 มิติและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเพื่อตรวจสอบ ความสัมพันธ์องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ผลการวิจัยปรากฏว่า องค์ประกอบทั้ง 3 ของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง และมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นปัจจัยในการทำนายการให้เหตุผลการคิดเชิงเรขาคณิต และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalogirou and Gagatsis (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการด้านมิติสัมพันธ์กับความเข้าใจรูปทรงทางเรขาคณิตของนักเรียน เพื่ออธิบายและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนกับพัฒนาการความเข้าใจในเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า พัฒนาการความสามารถด้านมิติสัมพันธ์มีผลต่อความเข้าใจรูปทรงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต

การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิตเป็นสาเหตุทางตรงเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของจังหวัดจำปาสัก ส.ป.ป.ลาว แสดงว่านักเรียนที่มีความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานทางเรขาคณิตที่ดีจะสามารถแก้ปัญหาทางเรขาคณิตได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Papageorgiou, Monoyiou, and Pitta-Pantazi (2006) ได้ศึกษาเรื่องการหยั่งรู้โดยการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต เพื่อตรวจสอบว่าการหยั่งรู้มีผลต่อการเรียนของนักเรียนไซปรัส (Cypriot students) และตรวจสอบการหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนการสอนที่มีการใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต ด้วยแบบทดสอบทางเรขาคณิต ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้ที่มีผลต่อการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนไซปรัส และหลังจากการเรียนการสอนที่ใช้ซอฟต์แวร์ทางเรขาคณิต ปรากฏว่า การหยั่งรู้มีผลต่อนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง ทำให้นักเรียนเข้าใจเรขาคณิตได้ดีกว่าและใช้เวลาน้อยกว่ากลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Babaei, Chaiichi-Mellatshahi, and Najafi (2012) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการหยั่งรู้ต่อการเรียน

คณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาผลของการหยั่งรู้ที่มีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า การหยั่งรู้มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดจำปาสัก สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตมากที่สุด คือ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต รองลงมา ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพ มิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ และมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า องค์ประกอบของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ มิติสัมพันธ์เชิงการมองภาพและมิติสัมพันธ์เชิงทิศทาง เป็นสาเหตุทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ส่วนมิติสัมพันธ์เชิงสัมพันธ์ เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต โดยส่งผ่านการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถประยุกต์ข้อค้นพบที่ได้ ดังนี้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางการศึกษาไม่ว่าจะเป็นระดับจังหวัด ระดับอำเภอ หรือระดับโรงเรียน ควรให้ความสำคัญเกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต โดยการนำไปประยุกต์ในการกำหนดนโยบายทางการศึกษา การสร้างคู่มือการสอน การออกแบบโครงสร้างหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเรขาคณิต เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ดีขึ้น
2. ครูสอนเรขาคณิต ควรเน้นให้นักเรียนใช้จินตนาการถึงความสัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวในมุมมองที่แตกต่างหรือความสัมพันธ์ของภาพที่ทับซ้อนกัน ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างมโนภาพเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจ สามารถรับรู้และเข้าใจภาพที่มองเห็นได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะภาพ

ทางด้านเรขาคณิตให้มาก เพื่อพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ การหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ให้ดีขึ้น

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตสามารถนำไปใช้วัดความสามารถของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยต่อไป

1. ควรนำโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ไปศึกษากับนักเรียน

ชั้นอื่น ๆ เช่น ม.1 ม.2 ม.3 ม.4 ม.5 หรือ ม.7 เพื่อยืนยันความถูกต้องของโมเดลที่พัฒนาขึ้น

2. ควรมีการวิจัยโดยใช้โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลต่อการหยั่งรู้เชิงเรขาคณิต และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต ด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่มพหุ (Multiple group analysis) ระหว่าง เพศชายกับเพศหญิง

3. ควรมีการศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิต หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่อยู่ในการศึกษาวิจัยนี้ทั้งตัวแปรภายนอกและภายใน เช่น สิ่งแวดล้อมในการเรียน การบริหารจัดการโรงเรียน แรงจูงใจด้านผู้เรียน

References

- กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา ส.ป.ป.ลาว. (2011). *หลักสูตรการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กระทรวงศึกษาธิการและกีฬา.
- ปริญญา เรื่องทิพย์ และเดชา วรรณพาหุล. (2557). การพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการเล่นเกมนูโตะกุ. *วารสารราชชนก*, 11 (25), 35-41.
- พัชรี คุณคำชู. (2555). *ประสาทวิทยาศาสตร์ประยุกต์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Babaei, A., Chaiichi-Mellatshahi, M., & Najafi, M. (2012). Intuition and its effects on mathematical learning. *Indian Journal of Science and Technology*, 5(7), 3069-3072.
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). *Geometry and Spatial Reasoning*. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc.
- Dehaene, S. (2011). *Section IV - Origins of Proto-Mathematical Intuitions*. In S. Dehaene, & E. M. Brannon (Eds.), *Space, Time, and Number in the Brain* (p. 187). San Diego: Academic Press.
- Dehaene, S., Izard, V.r., Pica, P., & Spelke, E. (2006). Core Knowledge of Geometry in an Amazonian Indigene Group. *Science*, 311(1), 381-384.
- Fujita, T., Jones, K., & Yamamoto, S. (2004). *The Role of Intuition in Geometry Education: Learning from the Teaching Practice in the early 20th Century*. In 10th International Congress on Mathematical Education (ICME-10) 4-11 July 2004, (pp. 1-15). Denmark: Copenhagen.
- Giofrè, D., Mammarella, I.C., Ronconi, L., & Cornoldi, C. (2013). Visuospatial working memory in intuitive geometry, and in academic achievement in geometry. *Learning and Individual Differences*, 23, 114-122.
- Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting mind, Research, and Everyday experience* (3rd ed.). USA: Wadsworth, Cengage Learning.
- Hannafin, R. D., Truxaw, M. P., Vermillion, J. R., & Liu, Y. (2008). Effects of spatial ability and instructional program on geometry achievement. *The Journal of Educational Research*, 101(3), 148-156.
- Kalogirou, P., & Gagatsis, A. (2011). A first insight of the relationship between students' spatial ability and geometrical figure apprehension. *Acta Didactica Universitatis Comenianae Mathematics*, 11, 27-39.
- Lubinski, D. (2010). Spatial Ability and STEM: A sleeping giant for talent identification and development. *Personality, and Individual Differences*, 49(4), 344-351.

- National Research Council. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. In J. Kilpatrick, J. Swafford, & B. Findell (Eds.). *Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching, and Learning, 3*(1),1-10.
- Papageorgiou, P., Monoyiou, A., & Pitta-Pantazi, D. (2006). *The Intuitive Rule More A-More B: The Impact of a Dynamic Geometry Software*. J. Novotná, H. Moraová, M. Krátká, & N. Stehlíková, (Eds.). In Proceedings 30th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. Prague: PME.
- Pittalis, M., & Christou, C. (2010). Types of reasoning in 3D geometry thinking and their relation with spatial ability. *Educational Studies in Mathematics, 75* (2), 191-212.
- Spelke, E. S. (2011). *Chapter 18 - Natural Number, and Natural Geometry*. In S. Dehaene & E. M. Brannon (Eds.), *Space, Time, and Number in the Brain*. San Diego: Academic Press.
- Sternberg, R. J. (2014). *Advances in the psychology of human intelligence* (4th ed). Psychology Press.
- Ung, P., Kornpetpanee, S., & Suksawang, P. (2011). Influence of self-regulation and perceived self-efficacy in mathematics on anxiety of upper secondary school students in Kingdom of Cambodia. *Research Methodology & Cognitive Science, 9*(1), 99-111.
- Verstijnen, I. M., Leeuwen, C. V., Goldschmidt, G., Haeml, R., & Hennessey, J. M. (1998). Creative discovery in imagery, and perception: combining is relatively easy, restructuring takes a sketch. *Acta Psychologica, 99*(2), 177–200.
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial Ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology, 101*(4), 817–835.
- Weckbacher, L. M., & Okamoto, Y. (2014). Mental rotation ability in relation to self-perceptions of high school geometry. *Learning, and Individual Differences, 30*, 58-63.