

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนของ van Hiele
โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้
เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

The Development of Mathematics Learning Activities based on van
Hiele's Instructional Model Using The Geometer'Sketchpad as
A Learning Tool on Square Shape for Prathomsuksa 6.

สุนันทา โสสีทา (Sunanta Soseetha) *

เกื้อจิตต์ ฉิมทิม (Kuajit Chimtim) **

เจียมศักดิ์ ตรีศิริรัตน์ (Jaemsak Trisiriratana) ***

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม 2) เพื่อศึกษาระดับความคิดเชิงเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามขั้นตอนการเรียนรู้ของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม 3) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ให้มีจำนวนคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๙๒ (ชุมชนนาข่า) อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุดรธานี เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 16 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ ได้แก่ แบบทดสอบวัดระดับการคิดเชิงเรขาคณิต แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้วิธีสอนตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ จำนวน 14 แผน 2) เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติการ ได้แก่ แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบท้ายวงจร 3) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยภายใต้กรอบทฤษฎีการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นความรู้ความเข้าใจ (Heingraj, 2006) มี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวิเคราะห์ทฤษฎี 2) ขั้นวางแผน 3) การปฏิบัติการสอน 4) ขั้นสังเกตและประเมินผล 5) ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ และใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดของ van Hiele การเก็บรวบรวมข้อมูล สังเกตพฤติกรรม บันทึก

คำสำคัญ : การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ขั้นตอนการเรียนรู้ของ van Hiele
โปรแกรม The Geometer's Sketchpad

Key words : The Development of Mathematics Learning Activities . van Hiele's
Instructional . The Geometer'Sketchpad .

* นักศึกษาลัทธิศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน กลุ่มวิชาเฉพาะการสอนคณิตศาสตร์

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น (คณะศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลการปฏิบัติ การบันทึกวิธีทัศน์ ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยด้วยตนเอง แบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาสรุปหาข้อบกพร่องและแนวทางแก้ไข นำไปปรับปรุงแผนปฏิบัติการในวงจรต่อไป

ผลการวิจัย พบว่า

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม โดยใช้วิธีสอนตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีการสำรวจค้นหาความรู้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม และยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการพัฒนาค้นหา/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งมีรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้ 1) ขั้นนำเข้าสู่ เป็นขั้นเตรียมความพร้อมของนักเรียนและสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยทบทวนความรู้เดิม หรือความรู้พื้นฐานที่จำเป็นที่นักเรียนจะนำไปใช้ในการเชื่อมโยงสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งมีกิจกรรมที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละแผน เช่น สนทนา การทบทวนความรู้เดิมที่เรียนผ่านมาแล้ว การพูดแสดงความคิดเห็นของตนเองตามหัวข้อที่กำหนดให้ ทำให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนเนื้อหาใหม่ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ มีความพร้อม สนุกสนานและกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็นและตอบคำถาม 2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มี 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการรับข้อมูล เป็นกิจกรรมที่ทำหาย ไม่ยากจนเกินไป โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการค้นหาความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมที่กำลังศึกษา ซึ่งต้องสำรวจ สังเกต การตั้งคำถาม การตีความ และตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 ขั้นการแนะนำสิ่งใหม่ นักเรียนมีการสำรวจสิ่งที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนจะมีการพูดคุย พร้อมกับการนำสิ่งที่สำรวจได้ในแต่ละอันมาสร้างความเข้าใจเชิงเรขาคณิต เช่น ให้นักเรียนหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากจากหลากหลายขนาด และให้นักเรียนสังเกตความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ได้ว่าจะหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากได้อย่างไร และนอกจากนี้แล้วนักเรียนจะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัย ทั้งสัญลักษณ์ คุณสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับเรขาคณิต ในหัวข้อที่เรียน และศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความรู้ที่ได้ค้นพบจนเข้าใจจนกระทั่งเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย นักเรียนจะมีการอธิบายผลการกระทำที่ได้จากขั้นที่ 2 ขั้นนี้นักเรียนจะมีอิสระในการอธิบายและอภิปรายในสิ่งที่ค้นพบให้เพื่อนในกลุ่มและเพื่อนต่างกลุ่มฟัง ซึ่งเป็นความรู้ที่ได้จากการสังเกต สำรวจ และค้นหา ตลอดจนจากการที่ได้รับการแนะนำความรู้จากผู้วิจัย แล้วนักเรียนทำการสรุปเป็นกฎเกณฑ์หรือความรู้ใหม่ที่ได้รับ ขั้นที่ 4 ขั้นการกำหนดทิศทางการอย่างมีอิสระนักเรียนทำกิจกรรมที่ต้องใช้ ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนจะใช้ความสามารถและประสบการณ์เดิมช่วยในการแก้ปัญหา รวมทั้งได้แสดงความคิดเห็น และมีโอกาสแก้โจทย์ปัญหาที่สลับซับซ้อนมากขึ้น เช่น กำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมาให้ แล้วให้นักเรียนหาพื้นที่ส่วนที่แรเงา นักเรียนต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมาใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ขั้นบูรณาการ เป็นการทบทวน อภิปรายและสรุปสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้มาทั้งหมดในหัวข้อที่เรียน โดยการเชื่อมโยงแต่ละส่วนที่ได้จากการเรียนรู้ให้สัมพันธ์กัน เช่น ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนเกี่ยวกับชนิดของรูปสี่เหลี่ยม มาประดิษฐ์วาดลายรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ให้เป็นรูปสี่สวยงาม 3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิด หลักการ ว่านักเรียนได้ข้อสรุปความรู้อะไรบ้าง ในช่วงแรกนักเรียนอาจยังสรุปไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะสรุปตามความเข้าใจของตนเอง ผู้วิจัยต้องใช้คำถามกระตุ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับอภิปรายและได้ข้อสรุปที่ชัดเจน และเป็นระบบมากขึ้น เมื่อนักเรียนสรุปแนวคิด หลักการที่ได้เรียนมาได้ก็จะสามารถนำหลักการนั้นไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

2. นักเรียนสามารถพัฒนาระดับการคิดเชิงเรขาคณิตตามกรอบทฤษฎีของ van Hiele จากระดับที่ 1 การรับรู้จากการมองเห็น และระดับที่ 2 การวิเคราะห์หรือการพรรณนาอุปลักษณะ ไปสู่ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนการให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน หรือการจัดลำดับความสัมพันธ์

3. นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 84.38 และมีจำนวนนักเรียนร้อยละ 87.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไป

Abstract

The objectives of this research were: 1) to development of Mathematics learning activities based on van Hiele's instructional model using The Geometer' Sketchpad as a learning tool on Square Shape 2) to study Geometric Thinking of students learning based on van Hiele's instructional model using The Geometer' Sketchpad as a learning tool on Square Shape 3) to improve students, Mathematics achievement so that at least 70% of them could have average score not less than 70%. The samples was 16 Prathomsuksa 6/1 student from Thairathwittaya 92 (Chumchonnakha) School in Muang districts, Udonthani province under Udonthani Primary Educational Service Area Office 1 during the second semester of 2011 academic year. The research design was based on Heingraj's framework for learning activities development including 5 steps: 1) Analysis of theory, 2) Planning, 3) Implementation, 4) Observation and Assessment and 5) Reflection learning and based on van Hiele's instructional model. For data collection, observation, on performance after finished each lesson, video recording. Ask students to do their own tests. Test the operating cycle, the collected information was analyzed to find disadvantage and corrected guidelines for improving lesson plan for the next cycle.

The research findings were as follows:

1. Mathematics Learning Activities about Square Shape activities based on van Hiele's instructional model using The Geometer'Sketchpad as a learning tool could support students to construct their mathematical skill and processes, which the teaching steps included : 1) Introduction to Lesson; the student were stimulated to be ready for studying new topics. 2) Learning Activities; it was used on van Hiele's instructional model using The Geometer'Sketchpad as a learning tool which included 5 phases; first phase, Information or Inquiry, the second phase, Directed orientation, the third phase, Explication, the forth phase, Free orientation, and the last phase, Integration 3) Conclude all Knowledge.

2. The students were able to Improve there geometric level form level 1 (Visualization) and level 2 (Description) to level 3 (Informal Deduction) .

3. The average score of students learning achievement was 84.38% . There were 16 students or 87.50 % of total students who passed the setting score criterion .

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แผนการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 - 2554 : 20) กำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาของไทยไว้ว่า “ให้คนไทยทุกคนมีทักษะและกระบวนการในการคิด การวิเคราะห์และการแก้ปัญหา มีความใฝ่รู้และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ” ดังที่พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 หมวด 9 มาตรา 66 ได้กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนมีสิทธิได้รับการพัฒนาขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในโอกาสแรกที่ทำได้ เพื่อให้มีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

เรขาคณิตเป็นสาระหนึ่งของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก ซึ่งจะเห็นได้จากรูปร่าง รูปทรงของวัตถุต่าง ๆ ที่มีอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น อาคารสถานที่ ที่มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ มีความเป็นรูปเหลี่ยมเป็นต้น ในระดับประถมศึกษา เราใช้เรขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง และเป็นพื้นฐานการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นไป โดยเริ่มจากเนื้อหาที่นักเรียนสามารถเรียนรู้หลักการทางเรขาคณิตได้จากประสบการณ์หรือจากการทดลองกับสิ่งที่เป็นรูปธรรมหลาย ๆ กรณี เพื่อนำไปสู่การสรุปหลักการที่สำคัญ มีการบอกหรืออธิบายเหตุผล (สสวท., 2554)

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สภาพการจัดการเรียนรู้ส่วนมากจะเป็นการท่องจำสูตร ยกตัวอย่างแล้วให้นักเรียนทำตามตัวอย่าง วาดรูปเรขาคณิตบนกระดานดำ ซึ่งเป็นสื่อที่ไม่ดึงดูดความสนใจ ไม่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ ครูไม่สามารถจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้มองเรขาคณิตเป็นรูปธรรมได้อย่างชัดเจน เกิดความเบื่อหน่าย ไม่สนุกกับการเรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโครงการ PISA 2009 ที่พบว่า

ผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่านานาชาติ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในตำแหน่งที่ 48 - 52 จากทั้งหมด 65 ประเทศที่เข้าร่วมโครงการ และจากรายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O - NET) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๙๒ (ชุมชนนาข่า) ประจำปีการศึกษา 2552 - 2553 วิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 66.24 และ 30.15 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยลดลง ผลการพัฒนาผลลดถึง 34.09 สาระที่ 2 การวัด มาตรฐานการเรียนรู้ที่ ค.2.2 มีคะแนนเฉลี่ย 8.49 และ สาระที่ 3 เรขาคณิต มาตรฐานการเรียนรู้ ค.3.1 มีคะแนนเฉลี่ย 25.64 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ ในขณะที่โรงเรียนมีนโยบายที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาการเรียนการสอน ให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้น จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ เกี่ยวกับการแก้ปัญหาด้านเรขาคณิตพบว่า งานวิจัยของปีแอร์ แวนฮิลส์ และโดนา แวนฮิลส์ สองสามีภรรยาชาวเนเธอร์แลนด์ ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางความคิดด้านเรขาคณิตของนักเรียน และได้กำหนดระดับความคิดทางเรขาคณิตเป็น 5 ระดับดังนี้ ระดับที่ 1 การรับรู้จากการมองเห็น (Visualization, or Recognition) ระดับที่ 2 การวิเคราะห์หรือการพรรณนาอุปลักษณะ (Analysis, or Description) ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน (Informal Deduction, or Ordering) ระดับที่ 4 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน (Formal Deduction) และระดับที่ 5 การเป็นนามธรรม (Rigor) และ Dina van Hiele-Geldof ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาระดับการคิดเชิงเรขาคณิต โดยกำหนดขั้นตอนการสอนไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการรับข้อมูล (Information หรือ Inquiry) ขั้นที่ 2 ขั้นการแนะนำสิ่งใหม่ (Directed orientation) ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย (Explication) ขั้นที่ 4 ขั้นการกำหนดทิศทางอย่างมีอิสระ (Free orientation) และขั้นที่ 5 ขั้นบูรณาการ (Integration) (Safford, Jones & Thornton, 1997)

จากการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัย พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สามารถช่วยให้นักเรียนสร้างความคิดรวบยอดทางเรขาคณิตได้เป็นอย่างดี เช่น นริสรา ญานะ (2548) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนเรขาคณิตที่ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความตื่นตัว และตื่นตัวกับการร่วมกิจกรรมในครั้งนี้ และรู้สึกสนุก สนุกจากการได้ร่วมแสดงความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ อย่างหลากหลาย โดยส่วนใหญ่แล้วนักเรียนคิดว่าคณิตศาสตร์มีความสำคัญกับชีวิตประจำวันของเขามากมาย ชนิศรรา ฉัตรแก้ว (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบ van Hiele โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่านักเรียนมีลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตตามรูปแบบ van Hiele เพิ่มขึ้นมากที่สุด ในชั้นที่ 2 นักเรียนมีความคิดเห็นที่ดีต่อการจัดหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัตและการใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad มีความเหมาะสมในหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิต กัญมณี กาสีชา (2550) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องรูปวงกลม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ พบว่าการปฏิบัติกิจกรรมที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม The Geometer's Sketchpad สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาเรื่องวงกลมดีขึ้น

จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำแนวคิดเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางเรขาคณิตของ van Hiele มาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๙๒ (ชุมชนนาข่า) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุดรธานี เขต 1 ปีการ

ศึกษา 2554 เพื่อพัฒนาทักษะทางเรขาคณิตที่สำคัญ เช่น สืบค้น ตรวจสอบ การสืบเสาะ การสร้างข้อความคาดการณ์ ซึ่งจะมีผลช่วยให้เกิดการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรขาคณิตของนักเรียนให้สอดคล้องตามเกณฑ์หรือเป้าหมายที่กำหนดให้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม
2. เพื่อศึกษาระดับความคิดเชิงเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามขั้นตอนของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม
3. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ให้มีจำนวนคะแนนเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 และมีจำนวนคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดของ van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการการเรียนรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ให้แก่เด็กนักเรียนที่สอดคล้องตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และกำหนดขั้นตอนการสอนไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการรับข้อมูล (Information or Inquiry) เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ มีการสำรวจข้อเท็จจริงและแสดงความคิดเห็นขณะปฏิบัติ โดยนักเรียนจะได้ทำการสำรวจโดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ในขณะเดียวกันนักเรียนจะมีการสังเกตตั้งคำถาม และตีความเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตที่กำลังเผชิญในขณะนั้น ขั้นที่ 2 ขั้นการแนะนำสิ่งใหม่ (Directed orientation) นักเรียนสำรวจปัญหาและพัฒนาความคิดรวบยอดจากความรู้พื้นฐานที่สังเกตได้จากการปฏิบัติในขั้นที่ 1 นักเรียนจะมีการพูดคุยพร้อมกับ

นำข้อมูลที่สามารถสร้างความเข้าใจเชิงเรขาคณิต ได้รับการอธิบายโดยตรงจากครู เกี่ยวกับ ความหมาย สัญลักษณ์ ต่าง ๆ และสิ่งที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นใน ขั้นที่ 1 โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ประกอบการอธิบาย ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย (Explication) นักเรียนจะต้องอธิบายรายละเอียดของ ความคิดรวบยอดของรูปเรขาคณิตโดยใช้ความคิด รวบยอดที่หลากหลายซึ่งเป็นผลจากการปฏิบัติในขั้นที่ 2 ในขั้นตอนนี้ ครูสามารถที่จะแนะนำศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการอธิบายสิ่งที่นักเรียนสังเกตได้ ขั้นที่ 4 ขั้น การกำหนดทิศทางอย่างมีอิสระ (Free orientation) นักเรียนทำกิจกรรมที่ต้องใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนจะใช้ความสามารถและประสบการณ์ เดิมช่วยในการแก้ปัญหาและกิจกรรมนั้นต้องเป็น กิจกรรมที่ต้องมีการทำนายหรือคาดการณ์ โดยใช้ แบบฝึกทักษะ ขั้นที่ 5 ขั้นบูรณาการ (Integration) นักเรียนต้องอภิปราย ตีความ คาดการณ์หรือทำนาย และสรุปสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ โดยการเชื่อมโยง แต่ละส่วนที่ได้จากการเรียนรู้ให้สัมพันธ์กัน

2. การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง กระบวนการดำเนินการตามกรอบทฤษฎีการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นความรู้ความเข้าใจ มีองค์ ประกอบ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นการวิเคราะห์ทฤษฎี (Theoretical analysis) ในที่นี้ใช้ทฤษฎีของ van Hiele ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้และระดับการคิดเชิงเรขาคณิตขั้นการวางแผน (Planning) โดยการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ของ van Hiele ขั้นการปฏิบัติการสอน (Implementation of Instruction) เป็นการนำแผนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้ ขั้นการสังเกตและประเมินผล (Observation and assessment) ครูผู้วิจัยเฝ้าสังเกต พฤติกรรมการสอนของครู และพฤติกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนแต่ละคน ประเมินผลการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมนี้ และขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflection) ครูผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตเพื่อปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และนำ กลับไปใช้ในวงจรต่อไป (Heingraj, 2006)

3. ระดับการคิดเชิงเรขาคณิตของ van Hiele หมายถึง ระดับการคิดเชิงเรขาคณิตของ van Hiele ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 การรับรู้ จากการมองเห็น (Visualization, or Recognition) ระดับที่ 2 การวิเคราะห์หรือการพรรณนารูปลักษณะ (Anlysis, Description) ระดับที่ 3 การให้เหตุผล เชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผน หรือการจัดลำดับ ความสัมพันธ์ (Informal deduction, or Ordering) ระดับที่ 4 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน (Formal deduction) ระดับที่ 5 การเป็นนามธรรม (Rigor)

4. การศึกษาระดับการคิดเชิงเรขาคณิต หมายถึง คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดระดับการคิด เชิงเรขาคณิต ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (แบบ ทดสอบท้ายวงจร และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์) ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาระดับการคิด โดย นำแบบทดสอบวัดระดับการคิดเชิงเรขาคณิตของ van Hiele มาใช้ ระดับ 1-3 คือ ระดับที่ 1 การรับรู้ จากการมองเห็น (Visuali zation, or Recognition) ระดับที่ 2 การวิเคราะห์หรือการพรรณนารูปลักษณะ (Anlysis, Description) ระดับที่ 3 การให้เหตุผล เชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนหรือการจัดลำดับความ สัมพันธ์ (Informal deduction, or Ordering) ส่วนในระดับที่ 4 และที่ 5 ไม่ได้ทำการศึกษา ทั้งนี้ เพราะเนื้อหาที่ท้าววิจัยไม่มีการพิสูจน์ทางเรขาคณิต

5. โปรแกรม The Geometer's Sketchpad หมายถึง โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นเครื่องมือประกอบการเรียนรู้ ที่สามารถใช้ข้อมูลเชิงจำนวน เกี่ยวกับการสร้างทางเรขาคณิตได้ โดยมีลักษณะเด่นคือเป็นโปรแกรมที่มีความเป็นพลวัต เคลื่อนไหว ได้ (dynamic) ผู้ใช้สามารถสร้างรูป หรือวัตถุทาง เรขาคณิตด้วยเครื่องมือที่มีมาพร้อมในโปรแกรม สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูล หรือรูปภาพ เพื่อให้ผู้ใช้มองเห็นการเปลี่ยนแปลงของรูปเรขาคณิต ทำการสำรวจ สร้างข้อคาดการณ์ให้เกิดการเรียนรู้ และเกิดความคิด รวบยอด

6. นักเรียน หมายถึง นักเรียนที่กำลังศึกษา
ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียน
ไทยรัฐวิทยา ๙๒ (ชุมชนนาป่า) อำเภอเมือง จังหวัด
อุดรธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา
อุดรธานี เขต 1

7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง
คะแนนสอบของนักเรียนรายบุคคลที่ได้จากการทำ
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
เรื่อง รูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัย
สร้างขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย

เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6/1
โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๙๒ (ชุมชนนาป่า) อำเภอเมือง
จังหวัดอุดรธานี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถม
ศึกษาอุดรธานี เขต 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554
จำนวน 16 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติการ
ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 14 แผน
ใช้เวลา 14 ชั่วโมง

2) เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ
การ ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดระดับการคิดเชิง
เรขาคณิต ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก
จำนวน 15 ข้อ แบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม,
แบบทดสอบท้ายวงจร

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ผู้วิจัยปฐมนิเทศนักเรียน

2) ดำเนินการปฏิบัติการตามแผนจัดการ
เรียนรู้

3) การสะท้อนผลการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้ การสะท้อนผลการสอน หลังจากสิ้นสุด
การสอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการ จะมีการประเมิน
พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน พฤติกรรมการสอนของ
ผู้วิจัย การทำแบบทดสอบท้ายวงจรปฏิบัติการ

4) ประเมินผลการเรียน เมื่อผู้วิจัย
ทำการสอนครบ 14 แผน ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการ
วิเคราะห์ข้อมูลในช่วงเวลาระหว่างการดำเนินการ
ปฏิบัติการ และหลังจากสิ้นสุดการปฏิบัติการวิจัยใน
แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำมาปรับปรุงและ
พัฒนาภายใต้กรอบการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้
โดยมีองค์ประกอบ 5 ประการ คือ ขั้นทฤษฎี
ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการสอน ขั้นสังเกตและ
ประเมินผล และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติการ ซึ่งจะ
นำข้อมูลที่มาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณ โดยสรุปเป็น
ความเรียง และเชิงคุณภาพ นำข้อมูลที่ได้จากการ
ทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร และแบบทดสอบวัดผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำมาหาค่าเฉลี่ยและร้อยละ
ของคะแนนเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด
คือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 70 ขึ้นไป

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้วิธีสอนตามแนวคิดของ
van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's
Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ พบว่ามีลักษณะเด่น
ของกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นเตรียม
ความพร้อมของนักเรียนและสร้างแรงจูงใจในการ
เรียนรู้ โดยผู้วิจัยทบทวนความรู้เดิม หรือความรู้
พื้นฐานที่จำเป็นที่นักเรียนจะนำไปใช้ใน การเชื่อมโยง
สร้างความรู้ใหม่ ซึ่งมีกิจกรรมที่แตกต่างกันออกไป
ในแต่ละแผน เช่น สนทนา การทบทวนความรู้เดิม

ที่เรียนผ่านมาแล้ว การพูดแสดงความคิดเห็นของตนเองตามหัวข้อที่กำหนดให้ ทำให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนเนื้อหาใหม่ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ มีความพร้อม สนุกสนานและกระตือรือร้นในการแสดงความคิดเห็น และตอบคำถาม

2) ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้วิธีสอนตามแนวคิดของ van Hiele โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวิธีสอนของ van Hiele มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับข้อมูล (Information หรือ Inquiry) เป็นกิจกรรมที่ทำทนาย ไม่ยากจนเกินไป โดยให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการค้นหาความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมที่กำลังศึกษา ซึ่งต้องสำรวจ สังเกต การตั้งคำถาม การตีความ และตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นการแนะนำสิ่งใหม่ (Directed orientation) นักเรียนมีการสำรวจสิ่งที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนจะมีการพูดคุย พร้อมกับการนำสิ่งที่สำรวจได้ในแต่ละอันมาสร้างความเข้าใจเชิงเรขาคณิต เช่น ให้นักเรียนหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากหลากหลายขนาด และให้นักเรียนสังเกตความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ได้ว่าจะหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากได้อย่างไร และนอกจากนี้แล้วนักเรียนจะได้รับคำแนะนำจากผู้วิจัย ทั้งสัญลักษณ์ คุณสมบัติต่าง ๆ เกี่ยวกับเรขาคณิต ในหัวข้อที่เรียน และศึกษาถึงความสัมพันธ์ของความรู้ที่ได้ค้นพบจนเข้าใจจนกระทั่งเห็นแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบาย (Explication) นักเรียนจะมีการอธิบายผลการกระทำที่ได้จากขั้นที่ 2 ขั้นนี้นักเรียนจะมีอิสระในการอธิบายและอภิปรายในสิ่งที่ค้นพบให้เพื่อนในกลุ่มและเพื่อนต่างกลุ่มฟัง ซึ่งเป็นความรู้ที่ได้จากการสังเกต สำรวจ และค้นหา ตลอดจนจากการที่ได้รับการแนะนำความรู้จากผู้วิจัย แล้วนักเรียนทำการสรุปเป็นกฎเกณฑ์หรือความรู้ใหม่ที่ได้รับ

ขั้นที่ 4 ขั้นการกำหนดทิศทางอย่างมีอิสระ (Free orientation) นักเรียนทำกิจกรรมที่ต้องใช้ ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน นักเรียนจะใช้เวลาสามารถและประสบการณ์เดิมช่วยในการแก้ปัญหา รวมทั้งได้แสดงความคิดเห็น และมีโอกาสแก้โจทย์ปัญหาที่สลับซับซ้อนมากขึ้น เช่น กำหนดรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมาให้ แล้วให้นักเรียนหาพื้นที่ส่วนที่แรเงา นักเรียนต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นบูรณาการ (Integration) เป็นการทบทวน อภิปรายและสรุปสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้มาทั้งหมดในหัวข้อที่เรียน โดยการเชื่อมโยงแต่ละส่วนที่ได้จากการเรียนรู้ให้สัมพันธ์กัน เช่น ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนเกี่ยวกับชนิดของรูปสี่เหลี่ยม มาประติษฐานวาดลายรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ให้เป็นรูปสี่สวยงาม

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสรุปแนวคิด หลักการ ว่านักเรียนได้ข้อสรุปความรู้อะไรบ้าง ในช่วงแรกนักเรียนอาจยังสรุปไม่ชัดเจน ซึ่งนักเรียนจะสรุปตามความเข้าใจของตนเอง ผู้วิจัยต้องใช้คำถามกระตุ้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับอภิปรายและได้ข้อสรุปที่ชัดเจน และเป็นระบบมากขึ้น เมื่อนักเรียนสรุปแนวคิด หลักการที่ได้เรียนมาได้ก็จะสามารถนำหลักการนั้นไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

2. ผลการพัฒนากระบวนกรคิดเชิงเรขาคณิตของนักเรียน

จากการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดของ van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการคิดเชิงเรขาคณิตตามกรอบทฤษฎีของ van Hiele อยู่ในระดับที่ 1 การรับรู้จากการมองเห็น (Visuali zation, or Recognition) และระดับที่ 2 การวิเคราะห์หรือการพรรณนารูปลักษณะ (Anlysis, Description) สามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนหรือการจัดลำดับความสัมพันธ์ (Informal deduction, or Ordering)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลังจากที่ได้รับการเรียนรู้ตามเนื้อหา และทำกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 14 แผน พบว่า นักเรียนได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 84.38 และมีจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ 14 คน คิดเป็นร้อยละ 87.50 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่า ร้อยละ 70 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตั้งแต่ ร้อยละ 70 ขึ้นไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดของ van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ ต้องมีความพร้อมทุกขั้นตอน จัดเตรียม

สื่อและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ให้เพียงพอตามจำนวนผู้เรียน จะมีความสะดวกในการใช้ แล้วทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดี บรรลุตามจัดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

2) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ผู้สอนควรมีความสามารถในการใช้งานโปรแกรมได้เป็นอย่างดี และควรเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน แทนการเป็นผู้สอนโดยตรง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความสามารถทางเรขาคณิตได้อย่างเต็มที่

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดของ van Hiele และใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ช่วยในการเรียนรู้ ไปใช้ในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในชั้นเรียนอื่น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).
- กัญมณี กาสีชา. (2550). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่องวงกลม โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ ศึกษาศาสตร์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553). รายงานผลการวิเคราะห์ ข้อมูลเบื้องต้น: โครงการ PISA 2009. กรุงเทพฯ ฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- ชนิศวรา จัตรแก้ว. (2549). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้เรขาคณิตและลำดับขั้นการคิดทางเรขาคณิต ตามรูปแบบของ van Hiele โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเรขาคณิตแบบพลวัต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นริสรา ญาณะ. (2548). การพัฒนาบทเรียนเรขาคณิตที่ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงโดยใช้ โปรแกรม The Geometer's Sketchpad สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2549). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม แห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550 - 2554 . กรุงเทพฯ ฯ: วิ.เจ.พรินต์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2554). การอบรมครูด้วยระบบทางไกล สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา หลักสูตรมาตรฐานการอบรมครูปีที่ 1. (ม.ป.ท. : ม.ป.พ.)

- Heingraj, C. (2006). **Roles of Geometer's Sketchpad In Students' Processes of Geometric Conceptual Construction: A case study**. Proceeding of the Thailand International Conference on 21s Century Information Technology in Mathematics Education. Thailand: Intitute of Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai.
- Swafford, O. J., Jones, A. G. and Thornton A.C. (1997). Increasek Knowledeg in Geometry and Instructional Praticte. **Journal for Research in Mathematics Education**, 28(4), 467 – 83.