



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง "การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" ผู้วิจัยมุ่งศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องจำนวนเชิงซ้อน ลำดับและอนุกรมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ 15 จุดประสงค์ พร้อมทั้งศึกษาจากลักษณะข้อบกพร่องสำหรับแบบสอบชนิดเลือกตอบ 5 ด้าน และศึกษาจากลักษณะข้อบกพร่องสำหรับแบบสอบชนิดความเรียง 6 ด้าน

กลุ่มตัวอย่างประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2532 จำนวน 320 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นหลายขั้นตอน (Multi-Stage Stratified Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ (๑ 014) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนเรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ลำดับและอนุกรม โดยแบ่งเป็นแบบสอบจำนวน 2 ฉบับ คือ

แบบสอบฉบับที่ 1 ชนิดเลือกตอบ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายของข้อสอบตั้งแต่ 0.23 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.20 - 0.75 มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงแบบอิงเกณฑ์ 0.891 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 2.274

แบบสอบฉบับที่ 2 ชนิดความเรียง จำนวน 15 ข้อ มีค่าความยากง่ายของข้อสอบตั้งแต่ 0.22 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบตั้งแต่ 0.22 - 0.65 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเท่ากับ 0.924 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัดเท่ากับ 5.635

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ ไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เลือกไว้ด้วยตนเอง ได้กลุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียน 320 คน นำมาวิเคราะห์โดยการหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ จำแนกตามลักษณะ - สาเหตุการพิจารณาข้อบกพร่องของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ แล้วนำเสนอในรูปตาราง

สรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการทำแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้ง 2 ฉบับ ปรากฏผลดังนี้

1.1 ข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่พบจากคำตอบของนักเรียนที่ทำแบบสอบ เพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งชนิดเลือกตอบ และชนิดความเรียงพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดเรื่อง การนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทบางประการของกรุปและคุณสมบัติการเท่ากันไปใช้พิสูจน์ข้อความที่กำหนดให้ หรือวิจารณ์การพิสูจน์ได้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลกับทฤษฎีไม่ถูกต้อง และมีสาเหตุรองลงมาเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในการเลือกคุณสมบัติของจำนวนมาใช้ในการพิสูจน์ และเนื่องมาจากนักเรียนเลือกใช้คุณสมบัติที่ไม่สามารถสรุปได้ในเซตที่กำหนดให้ คือคุณสมบัติการสลับที่ รองลงมาพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอนุกรมเลขคณิต หรืออนุกรมเรขาคณิต โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจาก นักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้น คือ การบวกลบจำนวนเต็ม และมีสาเหตุรองลงมาเนื่องจากนักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้นคือ การบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริง และนักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลกับสูตรไม่ถูกต้อง และพบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแสดงให้เห็นเซตและ โอเปอเรชันที่กำหนดให้มีคุณสมบัติปิด การเปลี่ยนกลุ่ม การมีเอกลักษณ์ การมีอินเวอร์ส พร้อมทั้งสรุปได้ว่า เซตกับโอเปอเรชันที่กำหนดให้เป็นกรุป หรืออาบีเลียนกรุป โดยการให้เหตุผลอย่าง ถูกต้อง ซึ่งมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนทำผิดขั้นตอนที่ถูกต้องในการคำนวณ และมีสาเหตุรองลงมาเนื่องจากนักเรียนสรุปผลจากข้อมูลที่มีอยู่ไม่ถูกต้อง และนักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้นคือ การบวกจำนวนเต็ม

1.2 จากการพิจารณาเฉพาะแบบสอบชนิดเลือกตอบ พบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด เรื่องการนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทบางประการของกรุป และคุณสมบัติการเท่ากันไปใช้พิสูจน์ข้อความที่กำหนดให้ หรือวิจารณ์การพิสูจน์ได้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลกับทฤษฎีไม่ถูกต้อง และมีสาเหตุรองลงมาเนื่องจากนักเรียนขาดทักษะในการเลือกคุณสมบัติของจำนวนจริงมาใช้ในการพิสูจน์ และนักเรียนเลือกใช้คุณสมบัติที่ไม่สามารถสรุปได้ในเซตที่กำหนดให้ คือคุณสมบัติการสลับที่ รองลงมาพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอนุกรมเลขคณิต หรืออนุกรมเรขาคณิตได้อย่างถูกต้อง โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้น คือ การบวกลบจำนวนเต็ม และสาเหตุรองลงมาคือ

นักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้นคือ การบวก ลบ คูณ หารจำนวนจริง และนักเรียนขาดทักษะในหลักพีชคณิตเบื้องต้น คือ การแก้สมการ และนักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการเขียนอนุกรมในรูปการบวก หรือใช้สัญลักษณ์ \sum และใช้คุณสมบัติ \sum ในการหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจาก นักเรียนใช้คุณสมบัติของผิด โดยใช้ $\sum_{n=1}^9$ แทนด้วย 9 และสาเหตุรองลงมาคือ นักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้น คือ การบวก ลบ จำนวนเต็ม และการหาค่าเลขยกกำลัง และนักเรียนไม่เข้าใจความหมายของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ตีความหมายของสัญลักษณ์ผิด

1.3 ส่วนการพิจารณาเฉพาะแบบสอบชนิดความเรียงพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการนำความรู้เรื่องการเท่ากันของจำนวนเชิงซ้อนไปใช้หาค่าตัวแปร พร้อมทั้งหาอินเวอร์สการบวกและอินเวอร์สการคูณได้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนจำนิยามอินเวอร์สการบวกและอินเวอร์สการคูณผิด และสาเหตุรองลงมาคือ นักเรียนขาดทักษะในหลักพีชคณิตเบื้องต้นในการแก้ระบบสมการ และนักเรียนตอบไม่ครบตามที่โจทย์ถาม รองลงมามีนักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแก้สมการ เมื่อกำหนดให้เอกพจน์สัมพัทธ์เป็นเซตของจำนวนเชิงซ้อน พร้อมทั้งเขียนจุด หรือเวกเตอร์ที่แทนจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดให้ลงในระนาบเชิงซ้อนได้ถูกต้อง โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในหลักพีชคณิตเบื้องต้น คือการแยกตัวประกอบและการแก้สมการ และมีสาเหตุรองลงมาคือ นักเรียนแสดงการเขียนกราฟจากข้อมูลที่มีอยู่ไม่ถูกต้อง คือนักเรียนนำเอาค่าที่คำนวณได้มาเขียนกราฟผิด และนักเรียนตอบไม่ครบตามที่โจทย์ถาม หรือไม่แสดงการเขียนกราฟซึ่งเป็นจุด หรือเวกเตอร์แทนจำนวนเชิงซ้อน นักเรียนหาแต่ค่าจำนวนเชิงซ้อนเท่านั้น และนักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาผลบวกของอนุกรมซึ่งเป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์ได้ถูกต้อง โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจาก นักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลกับสูตรการหาผลบวกอนุกรมอนันต์ไม่ถูกต้อง และมีสาเหตุรองลงมาคือ นักเรียนขาดทักษะการใช้ภาษา ทำให้เข้าใจคำถามคลาดเคลื่อน และนักเรียนแปลความหมายจากประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง

2. การศึกษาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการทำแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ปรากฏผลดังนี้

2.1 ผลการศึกษาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบในด้านต่าง ๆ พบว่า ด้านการใช้ข้อมูล นักเรียนที่มีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการทดสอบว่าอนุกรมที่กำหนดให้เป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์หรืออนุกรมไดเวอร์เจนต์ ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการเขียนอนุกรม

ในรูปการบวก หรือใช้สัญลักษณ์ \sum และใช้คุณสมบัติ \sum ในการหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมที่กำหนดให้ ด้านการคิดคำนวณหรือการพิสูจน์ นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอนุกรมเลขคณิต หรืออนุกรมเรขาคณิต การตีความด้านภาษา นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาลำดับเลขคณิต หรือลำดับเรขาคณิต และในด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการบอกได้ว่า ลำดับอนันต์ที่กำหนดให้เป็นลำดับคอนเวอร์เจนต์ หรือลำดับไดเวอร์เจนต์ โดยพิจารณาจากการหาค่าลิมิตของลำดับ ซึ่งอาศัยการพิจารณาจากกราฟ หรืออาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

2.2 ผลการศึกษาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียงในด้านต่าง ๆ พบว่า ด้านการใช้ข้อมูลนักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการแสดงได้ว่าเซต และโอเปอเรชัน ที่กำหนดให้มีคุณสมบัติปิด การเปลี่ยนกลุ่ม การมีเอกลักษณ์ การมีอินเวอร์ส พร้อมทั้งสรุปได้ว่า เซตกับโอเปอเรชันที่กำหนดให้เป็นกรุป หรืออาบีเลียนกรุป โดยการให้เหตุผล ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการนำความรู้เรื่องการเท่ากันของจำนวนเชิงซ้อน ไปใช้หาค่าตัวแปร พร้อมทั้งหาอินเวอร์สการบวก และอินเวอร์สการคูณของจำนวนเชิงซ้อน ด้านการคิดคำนวณหรือการพิสูจน์ นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทบางประการของกรุป และคุณสมบัติการเท่ากันไปใช้พิสูจน์ข้อความที่กำหนดให้ หรือวิจารณ์การพิสูจน์ การตีความด้านภาษา นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาผลบวกของอนุกรม ซึ่งเป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์ ด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการแก้สมการ เมื่อกำหนดให้เอกพหุนามเป็นเซตของจำนวนเชิงซ้อน พร้อมทั้งเขียนจุด หรือเวกเตอร์ที่แทนจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดให้ลงในระนาบเชิงซ้อน และด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดในเรื่องการบอกได้ว่าลำดับอนันต์ที่กำหนดให้เป็นลำดับคอนเวอร์เจนต์ หรือลำดับไดเวอร์เจนต์ โดยพิจารณาจากการหาค่าลิมิตของลำดับ ซึ่งอาศัยการพิจารณาจากกราฟหรืออาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

2.3 ลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ชนิดเลือกตอบ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พิจารณาจากคำร้อยละ โดยเฉลี่ยของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องทั้ง 5 ด้าน เรียงตามลำดับจากมากไปน้อย คือ ด้านการใช้ข้อมูล ด้านการคิดคำนวณหรือการพิสูจน์ ด้าน

การใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี การตีความด้านภาษา และด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ

2.4 ลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากแบบสอบเพื่อศึกษา ข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ชนิดความเรียง โดยใช้เกณฑ์การตัดสินข้อบกพร่องทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่พิจารณาจากคำร้อยละโดยเฉลี่ยของนักเรียนที่มี ข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปนั้นพบว่า นักเรียนมีข้อบกพร่องใน 5 ด้าน เรียงตามลำดับคำร้อยละโดยเฉลี่ยจากมากไปน้อย คือ การตีความด้านภาษา ด้านการคิด คำวนหรือการนิรนัย ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี ด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ และด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา

อภิปรายผล

1. การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ลำดับและอนุกรม จากการทำแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน คณิตศาสตร์

1.1 แบบสอบชนิดเลือกตอบ พบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด เรื่องการ นำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทบางประการของกลุ่ม และคุณสมบัติการเท่ากันไปใช้พิสูจน์ข้อความที่ กำหนดให้ หรือวิจารณ์การนิรนัยได้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนประยุกต์ใช้ข้อมูลกับ ทฤษฎีไม่ถูกต้อง ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (2528) ที่พบว่า การนิรนัยทฤษฎีบท เป็นกิจกรรมที่นักเรียนรู้สึกว่ายากและสำคัญ รองลงมานักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอนุกรมเลขคณิตหรืออนุกรม เรขาคณิต โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในหลักเลขคณิตเบื้องต้น คือ การบวก ลบ จำนวนเต็ม และนักเรียนมีข้อบกพร่องมากในเรื่องการเขียนอนุกรมในรูปการบวก หรือใช้ สัญลักษณ์ \sum และใช้คุณสมบัติของ \sum ในการหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมที่กำหนดให้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนใช้คุณสมบัติของ \sum ผิด โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bosland (1978) ที่พบว่า นักเรียนบกพร่องในเรื่องการบวก เพราะขาดทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับ ระบบจำนวน และ Randa (1988) ก็ได้ศึกษาพบว่า การสังเกตพิจารณาเกี่ยวกับระบบจำนวน มีอิทธิพลต่อนักเรียนในการแปลความหมายของโจทย์ปัญหา

1.2 แบบสอบถามความคิดเห็น พบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดเรื่อง การนำ ความรู้การเท่ากันของจำนวนเชิงซ้อนไปใช้หาค่าตัวแปร พร้อมทั้งหาอินเวอร์สการบวกและอินเวอร์ส การคูณ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนจำนิยามอินเวอร์สการบวกและอินเวอร์สการคูณผิด และขาดทักษะในหลักพีชคณิตเบื้องต้น เรื่องการแก้ระบบสมการในด้านเนื้อเรื่องนี้สอดคล้องกับงานวิจัย ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2528) ที่พบว่า กิจกรรมเกี่ยวกับ คณิตศาสตร์ที่นักเรียนรู้สึกว่ายากและสำคัญ คือ การคำนวณเกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน และ ในสิงคโปร์ Ong and Lim (1987) ยังได้พบว่า นักเรียนที่มีอายุระหว่าง 15-16 ปี ไม่สามารถแก้ปัญหา พีชคณิต โดยเฉพาะการแก้สมการหรือระบบสมการ นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Ree (1987) ใน ปีเดียวกันยังพบว่า เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์มากคือ เรื่องอินเวอร์ส การคูณและการหารของจำนวนเศษส่วน จำนวนธรรมชาติ ส่วนในด้านสาเหตุข้อบกพร่องก็สอดคล้อง กับงานวิจัยของ Chai (1987) ที่พบสาเหตุของข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาในสิงคโปร์ในเรื่องเกี่ยวกับพีชคณิตและสมการ คือนักเรียนมักใช้กฎวิธีของตนเองใน การแก้ปัญหาเรื่องพีชคณิตและสมการ ซึ่งมักจะล้มเหลวเมื่อพบปัญหาที่ยาก และนักเรียนมักตี ความหมายของตัวอักษรผิด รองลงมา นักเรียนมีข้อบกพร่องเรื่องการแก้สมการเมื่อกำหนดให้ เอกภพสัมพัทธ์เป็นเซตของจำนวนเชิงซ้อน พร้อมทั้งเขียนจุดหรือเวกเตอร์ที่แทนจำนวนเชิงซ้อนที่ กำหนดให้ลงในระนาบเชิงซ้อน โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนขาดทักษะในหลักพีชคณิต เบื้องต้น คือ การแยกตัวประกอบและการแก้สมการ ซึ่งสาเหตุข้อบกพร่องสอดคล้องกับงานวิจัย ของ วรรัตติ ชูหุฬยานันท์ (2524) ที่ศึกษาเกี่ยวกับโพลิโนเมียล และสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พบว่าสาเหตุข้อบกพร่องที่สำคัญคือ ไม่เข้าใจความหมายของโพลิโนเมียลและโพลิโนเมียล ไม่เข้าใจ ทักษะการคำนวณเลขยกกำลัง สับสนเครื่องหมาย และไม่เข้าใจคุณสมบัติการแจกแจง ซึ่งต่อมา สมศักดิ์ ฉันทานุรักษ์ (2528) ซึ่งศึกษาเรื่องเดียวกับวรรัตติ ชูหุฬยานันท์ (2524) ก็พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในด้านการหาผลต่างของโพลิโนเมียล มีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจาก นักเรียนสับสนเครื่องหมายในการคำนวณ และนักเรียนมีข้อบกพร่องเรื่องการแก้ปัญหายุ่งยากเกี่ยวกับการ หาผลบวกของอนุกรม ซึ่งเป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนประยุกต์ ใช้ข้อมูลกับสูตรการหาผลบวกอนุกรมอนันต์ผิด

1.3 จากการพิจารณาแบบสอบทั้ง 2 ชนิด ทั้งชนิดเลือกตอบ และชนิดความเรียง พบว่านักเรียนมีข้อบกพร่องใน 2 เรื่องแรกและมีสาเหตุที่สำคัญเช่นเดียวกับการพิจารณาจากแบบสอบ ชนิดเลือกตอบ ส่วนเรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากโดยส่วนรวมในอันดับสาม คือ เรื่องการแสดงได้ ว่าเซตและโอเปอเรชันที่กำหนดให้ มีคุณสมบัติปิด การเปลี่ยนกลุ่ม การมีเอกลักษณ์ การมีอินเวอร์ส

พร้อมทั้งสรุปได้ว่าเซตกับโอเปอเรชันที่กำหนดให้เป็นกรุป หรืออาบีเลียนกรุป จากการให้เหตุผลได้ โดยมีสาเหตุสำคัญเนื่องมาจากนักเรียนทำผิดขั้นตอนที่ถูกต้องของการคำนวณ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ปราโมทย์ มากชู (1985) ที่พบว่า การนิสัจนทฤษฎีบทมีข้อผิดพลาดเกิดจากการที่นักเรียนนำกฎที่ทราบ มาสร้างรูปแบบผิดในการคำนวณ

1.4 จากการพิจารณาแบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ ชนิดความเรียง ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนทำแบบสอบชนิดเลือกตอบมากกว่าที่ทำแบบสอบ ชนิดความเรียง เพราะแบบสอบชนิดเลือกตอบนั้น นักเรียนมีโอกาสที่จะเดาคำตอบได้ ส่วนแบบสอบ ชนิดความเรียง นักเรียนมีโอกาสที่จะไม่ทำหรือเลือกทำเฉพาะข้อที่นักเรียนทำได้เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้ผลการวิจัยในส่วนรวมที่พิจารณาจากแบบสอบทั้งสองชนิดมีเรื่องและสาเหตุข้อบกพร่องใน สองเรื่องแรกเช่นเดียวกันกับแบบสอบชนิดเลือกตอบ

2. การศึกษาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในด้านต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

2.1 ด้านการใช้ข้อมูล เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจาก แบบสอบชนิดเลือกตอบคือ เรื่องการทดสอบว่าอนุกรมที่กำหนดให้เป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์หรือ อนุกรมไดเวอร์เจนต์ ส่วนเรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิด ความเรียงคือ เรื่องการแสดงได้ว่าเซตและโอเปอเรชันที่กำหนดให้มีคุณสมบัติปิด การเปลี่ยนกลุ่ม การมีเอกลักษณ์ การมีอินเวอร์ส พร้อมทั้งสรุปได้ว่า เซตกับโอเปอเรชันที่กำหนดให้เป็นกรุป หรือ อาบีเลียนกรุป โดยการให้เหตุผล

2.2 ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่อง มากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบ คือ เรื่องการเขียนอนุกรมในรูปการบวก หรือใช้ สัญลักษณ์ \sum และใช้คุณสมบัติ \sum ในการหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมที่กำหนดให้ ส่วนเรื่อง ที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียง คือ เรื่องการนำความรู้ เรื่องการเท่ากันของจำนวนเชิงซ้อนไปใช้หาค่าตัวแปร พร้อมทั้งหาอินเวอร์สการบวก และอินเวอร์ส การคูณของจำนวนเชิงซ้อน

2.3 ด้านการคิดคำนวณหรือการนิสัจน เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่ง พิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบ คือ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอนุกรมเลขคณิต หรือ อนุกรมเรขาคณิต ส่วนเรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียง คือเรื่องการนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีบทบางประการของกรุป และคุณสมบัติการเท่ากันไปใช้นิสัจน ข้อความที่กำหนดให้ หรือวิจารณ์การนิสัจน

2.4 การตีความด้านภาษา เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบคือ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาลำดับเลขคณิต หรือลำดับเรขาคณิต ส่วนเรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียงคือ เรื่องการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการหาผลบวกของอนุกรมซึ่งเป็นอนุกรมคอนเวอร์เจนต์

2.5 ด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบคือ เรื่องการบอกได้ว่าลำดับอนันต์ที่กำหนดให้เป็นลำดับคอนเวอร์เจนต์ หรือลำดับไดเวอร์เจนต์ โดยพิจารณาจากการหาค่าลิมิตของลำดับ ซึ่งอาศัยการพิจารณาจากกราฟ หรืออาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต ส่วนเรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุด ซึ่งพิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียง คือเรื่องการแก้สมการ เมื่อกำหนดให้เอกภพสัมพัทธ์เป็นเซตของจำนวนเชิงซ้อนพร้อมทั้งเขียนจุด หรือเวกเตอร์ ที่แทนจำนวนเชิงซ้อนที่กำหนดให้ลงในระนาบเชิงซ้อนได้ถูกต้อง

2.6 ด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา การพิจารณาจากแบบสอบชนิดเลือกตอบไม่สามารถพิจารณาได้ เพราะไม่ทราบถึงวิธีการคิดของนักเรียน แต่สำหรับแบบสอบชนิดความเรียงนั้น การตรวจสอบการแก้ปัญหาถูกแสดงให้เห็นโดยชัดเจนจากวิธีทำที่นักเรียนแสดงไว้ในการตอบปัญหาโจทย์แต่ละข้อ และพบว่า เรื่องที่นักเรียนมีข้อบกพร่องมากที่สุดคือ เรื่องการบอกได้ว่าลำดับอนันต์ที่กำหนดให้เป็นลำดับคอนเวอร์เจนต์ หรือลำดับไดเวอร์เจนต์ โดยพิจารณาจากการหาค่าลิมิตของลำดับ ซึ่งอาศัยการพิจารณาจากกราฟ หรืออาศัยทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

2.7 จากการพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ในแต่ละด้านของลักษณะข้อบกพร่องนั้น เรื่องที่นักเรียนบกพร่องมากที่สุดจากการทำแบบสอบชนิดเลือกตอบ และชนิดความเรียงนั้นแตกต่างกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ในแบบสอบทั้ง 2 ชนิดมีค่าไม่เท่ากัน

3. การศึกษาเกณฑ์การพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยถือว่าค่าร้อยละ โดยเฉลี่ยของนักเรียนที่มีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านตั้งแต่ 5 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เป็นด้านที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า

3.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะข้อบกพร่องตามเกณฑ์ครบทั้ง 5 ด้าน โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเรียงตามลำดับค่าร้อยละโดยเฉลี่ยจากมากไปหาน้อยคือ ด้านการใช้ข้อมูล ด้านการคิดคำนวณหรือการพิสูจน์ ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือทฤษฎี

การตีความด้านภาษา และด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ

3.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีลักษณะข้อบกพร่องตามเกณฑ์เพียง 5 ด้าน จากทั้งหมด 6 ด้าน โดยลักษณะข้อบกพร่องที่พบนั้นเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย คือ การตีความด้านภาษา ด้านการคิดคำนวณ หรือการนิรนัย ด้านการใช้คุณสมบัติ นิยาม กฎ สูตร หรือ ทฤษฎี ด้านการใช้กราฟ ตาราง หรือแผนภูมิ และด้านการตรวจสอบการแก้ปัญหา

3.3 จากการพิจารณาลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากแบบสอบชนิดเลือกตอบพบว่า ด้านที่นักเรียนมีลักษณะข้อบกพร่องมากที่สุดคือ ด้านการใช้ข้อมูล ส่วนการพิจารณาจากแบบสอบชนิดความเรียงพบว่า ด้านที่นักเรียนมีลักษณะข้อบกพร่องมากที่สุดคือ การตีความด้านภาษา อาจเนื่องมาจากโจทย์แต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบสอบทั้งสองชนิดแตกต่างกัน และรูปแบบการตอบคำถามของนักเรียนแตกต่างกัน ซึ่งเกี่ยวข้องกับชนิดของแบบสอบที่ใช้เพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้เอง

4. จากการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบสอบ 2 ชนิด คือ ชนิดเลือกตอบ และชนิดความเรียง ผลการวิจัยทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องทั้งหมดของนักเรียนในการเรียนเรื่องจำนวนเชิงซ้อน ลำดับและอนุกรม และนอกจากนี้ยังพบว่าการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ช่วยทำให้ครูผู้สอนและนักเรียนทราบถึงสาเหตุและปัญหาการเรียนการสอนที่ถูกต้อง อันจะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองให้สามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากข้อสนับสนุนซึ่งพบในงานวิจัยของ Motte (1984) ที่สรุปว่า ส่วนใหญ่แล้วนักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนให้ความสำคัญต่อประสบการณ์การเรียนของนักเรียนในโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการวินิจฉัยทางการเรียนคณิตศาสตร์ และการสำรวจจากโปรแกรมนี้ จะทำให้ครูผู้สอนได้ทราบสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนเองด้วย นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Bowman (1976) ยังพบว่า แบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนนี้มีประโยชน์ในการจัดโครงการสอนซ่อมเสริมนักเรียนเป็นรายบุคคลได้อย่างเหมาะสม และจากงานวิจัยของ Truran (1987) ก็ได้เสนอแนะวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบ เช่น การใช้สมุดจดงาน การใช้ทักษะ การอ่านที่ถูกต้องในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาไปสู่การคำนวณ การให้ครูอธิบายในชั้นเรียนก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือทำ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในเชิงนโยบาย

1.1 หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบทางด้านการศึกษา ควรถือเป็นนโยบายที่จะส่งเสริมให้โรงเรียนในสังกัดได้นำความคิดเรื่องการศึกษาชอบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนการสอนอย่างจริงจัง

1.2 เนื้อหาหลักสูตรคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา ควรได้รับการปรับปรุงและพัฒนาโดยมีจุดประสงค์ที่ชัดเจนและให้สามารถศึกษาทักษะพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ในเชิงปฏิบัติ

ผู้บริหารการศึกษา

2.1 ควรสนับสนุนให้มีการสร้างข้อสอบเพื่อศึกษาชอบกพร่องในวิชาคณิตศาสตร์อย่างกว้างขวาง เพื่อครูผู้สอนจะได้นำไปใช้ในการสำรวจปัญหาและชอบกพร่องของนักเรียน และใช้เป็นแนวทางในการสอนซ่อมเสริมหรือการสร้างสื่อหรืออุปกรณ์และเกมส์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขชอบกพร่องของนักเรียนแต่ละคนได้อย่างถูกต้อง

2.2 ควรส่งเสริมให้มีการประเมินผลการเรียนการสอนที่ทำให้ทราบถึงปัญหาอุปสรรคในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ตลอดจนการทบทวนสิ่งที่เรียนในชั้นเรียนระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนในอันที่จะแก้ไขปัญหาร่วมกัน

ศึกษานิเทศน์

2.3 ควรจัดทำข้อสอบเพื่อศึกษาชอบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยอาศัยผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละเขตการศึกษา ซึ่งจะช่วยให้เกิดความร่วมมือในการที่จะแก้ไขชอบกพร่องของนักเรียนอย่างจริงจัง

ผู้บริหารโรงเรียน

2.5 ควรสนับสนุนให้มีการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ ในแต่ละเนื้อหาเพื่อทำให้ทราบว่าสาเหตุอันเนื่องมาจากการขาดความสามารถขาดทักษะ หรือขาดข้อมูลความรู้ในส่วนใด จุดใด หรือควรฝึกฝนในด้านใดให้มากที่สุด เพื่อนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่สูงขึ้น

2.6 ควรส่งเสริมให้ครูผู้สอนใช้ข้อสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
คณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคลอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

2.7 ควรส่งเสริมให้ครูผู้สอนร่วมมือกับศึกษานิเทศน์ในการสร้างข้อสอบเพื่อศึกษา
ข้อบกพร่องทางการเรียน และสื่อการเรียนการสอน หรืออุปกรณ์ หรือเกมส์ต่าง ๆ

ครูผู้สอน

2.8 ครูต้องตระหนักถึงความสำคัญของการสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
คณิตศาสตร์ และเข้าใจลักษณะข้อบกพร่องของนักเรียน แล้วพยายามจัดการสอนซ่อมเสริมนักเรียน
แต่ละคนให้ถูกต้อง

2.9 ครูผู้สอนควรศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในการสอนทุกเรื่อง
โดยเฉพาะเรื่องที่นักเรียนมีปัญหา

2.10 ครูผู้สอนควรฝึกทักษะการใช้แบบสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียน
คณิตศาสตร์เพื่อการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนได้อย่างถูกต้อง

2.11 นักเรียนควรได้รับการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบเพื่อศึกษาข้อบกพร่องทาง
การเรียนคณิตศาสตร์ โดยเรียงตามลำดับเรื่องที่เป็นพื้นฐาน หรือเกี่ยวข้องกัน

2.12 นักเรียนควรมีความสามารถศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง
ได้จากแบบสอบ ซึ่งครูสามารถเฉลยแล้วอธิบายข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ไว้ในคู่มือแบบสอบได้ เพื่อนักเรียนและครูจะได้ร่วมมือกันในการนำผลจากการศึกษาข้อบกพร่อง
ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการเรียนการสอนร่วมกัน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป
2. ควรนำลักษณะข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับ
การศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ อีก
3. ควรมีการศึกษาข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้เครื่องมือชนิดอื่น ๆ
เช่น การสัมภาษณ์ การศึกษาเฉพาะกรณี ฯลฯ
4. ควรมีการวิจัยโดยการแบ่งนักเรียนตามระดับความสามารถทางการเรียน เพศ
หรืออายุ ฯลฯ แล้วศึกษาลักษณะของข้อบกพร่องทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับ