

การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติ
ต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ปริญญานิพนธ์
ของ
นายสุรสาธ ผาสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2546

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติ
ต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

บทคัดย่อ
ของ
นายสุรสาธ ฝาสุข

24 ก.ค. 2546

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
พฤษภาคม 2546

๒๕๔๖/๐๗

สุรสาธ ภาสขุ. (2546) . การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผล
ในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญาณพนธ์
กศ.ค. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี วงษ์ใหญ่, รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ ปันนิม,
อาจารย์ ดร.สุพร เข้มแข็ง.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ(1)ศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิง
คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนา
ขึ้นและ(2)ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิง
คณิตศาสตร์

การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ เป็นวงจร 5 ขั้นตอนคือ 1)
การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง 2) การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 3) การหาข้อ
สรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 4) การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และ 5)
การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
เป็นชุดกิจกรรมจำนวน 12 ชุดกิจกรรม ใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมละ 3 ชั่วโมง แต่ละชุดกิจกรรมประกอบด้วย
แผนการสอน สถานการณ์ปัญหา ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม และเอกสาร
สำหรับครู

รูปแบบการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1) การนำเข้าสู่การปฏิบัติ
กิจกรรม เป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่ เริ่มจากครูนำเสนอสถานการณ์จริง สร้างแรงจูงใจ ร่วมกับนักเรียน
ทำความเข้าใจสถานการณ์จริงและจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย 4 คน 2) การปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิง
คณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอน เป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยและบันทึกผลการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม 3) การสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรมซึ่งเป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่
ด้วยการนำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มย่อย โดยนักเรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความ
คิดเห็นและครูสรุปให้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอน

การประเมินความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ประเมินจากแบบรายงานผล
การปฏิบัติกิจกรรมที่นักเรียนทำและการสังเกตพฤติกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โรงเรียนทวีธาภิเศก อ.อโศรภาพ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ จำนวน 32 คน ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2
ปีการศึกษา 2545 ใช้เวลาในการทดลอง 42 ชั่วโมง เป็นกิจกรรมปูพื้นฐาน 6 ชั่วโมง และปฏิบัติกิจกรรมการใช้
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 36 ชั่วโมง

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

สำหรับความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็น
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและสังเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาสร้าง
ตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นและเอกซ์โพเนนเชียลได้ คัดหาข้อสรุปจากตัวแบบในรูปฟังก์ชันและทดสอบความ
เหมาะสมของตัวแบบได้ แต่การคิดเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงยังทำได้ไม่ดีนัก

2. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองการใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบ
เชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี

**A STUDY OF HIGH SCHOOL STUDENTS' ABILITY AND THINKING
IN WORKING ON MATHEMATICAL MODELING AND ITS EFFECT
ON THEIR ATTITUDE TOWARDS MATHEMATICS**

**AN ABSTRACT
BY
SURASARN PARSUK**

**Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Doctor of Education degree in Mathematics Education.
at Srinakharinwirot University
May 2003**

Surasarn Parsuk. (2003). *A study of High School Students' Ability and Thinking in Working on Mathematical Modeling and Its Effect on their Attitude Towards Mathematics*.
Dissertation, Ed. D. (Mathematics Education). Bangkok : Graduate School,
Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Piyavadee Wongyai,
Assoc. Prof. Dr.Narong Punnim, Dr.Suwaporn Semheng

The purpose of this research were to study the high school students on (1) their ability and thinking in working on mathematical modeling and (2) their attitude towards mathematics after working on mathematical modeling.

The process of mathematical modeling in this study consisted of five steps: (1) Understanding real - world situation (2) Connect real - world situation to mathematical model (3) Finding mathematical conclusion (4) Testing and refinement mathematical model and (5) Connect the mathematical conclusion to real - world situation. Twelve packages of three - hour mathematical modeling activities were developed. Each package included a lesson plan, documents related to real - world situation problem, additional problems, student working report form, and teacher's guide.

The pattern of teaching and learning divided into three steps.

1. The teacher presented the real - world situation of the problem to the whole - class, and motivate students to solve the problem. Having students discussed for understanding the problem then divided students in mixed - ability groups of four.

2. Students worked in small groups, discussed while working on 5 steps of mathematical modeling, and concluded their work in the students working report form.

3. In conclusion, students presented their work to the whole class along with the opinions and discussion of the class members while the teacher helping to fulfill the main idea.

The subjects were evaluated their abilities and thinking from their work on report form and by observation. The sample for the field experiment in order to answer research question as specified in the research objectives consisted of 32 high school students (Mathayomsuksa V) who were studying in the second semester of 2545 academic year at Taveetapisek School, Thonburi District Bangkok.

Research findings were as follows :

1. The students have the ability in working on mathematical modeling.

They can analyze real – world situation, synthesize the mathematical knowledge to construct linear and exponential functions well, be able to find the mathematical conclusion from the function model and test the mathematical model, but not as well in connection the mathematical conclusion to real-world situation.

2. Students' attitude after working on mathematical modeling had good attitudes towards mathematics.

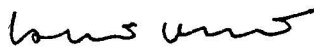
ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติ
ต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ
นายสุรสาธ ผาสุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

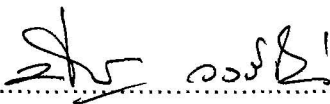


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)

วันที่ 7 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี วงษ์ใหญ่)



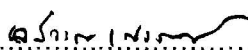
..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ ปันนัม)



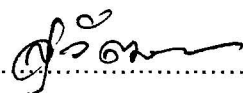
..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุพร เข้มเฮง)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ ดร.นิวีวรรณ เสวตมาลย์)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุตนา อุทัยรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และท่านผู้ใหญ่ที่เคารพและมีพระคุณยิ่ง ด้วยความห่วงใหญ่จากคุณแม่ที่รักยิ่ง ด้วยความเอื้ออาทรและให้กำลังใจจากกัลยาณมิตรทุกท่าน จึงขอโอกาสนี้กล่าวเพื่อแสดงความซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่านเหล่านี้

รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี วงษ์ใหญ่ รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ ปันนัม และ ท่านอาจารย์ ดร.สุพร เข้มเฮง ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ตามลำดับ ได้ให้คำแนะนำ ปรับแก้และควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะรองศาสตราจารย์ ดร.ปิยวดี วงษ์ใหญ่ ได้ให้ความอนุเคราะห์ดูแลและให้คำแนะนำ ตั้งแต่การจัดทำเค้าโครงของปริญญานิพนธ์ จัดหาเอกสารตำราให้ศึกษาค้นคว้า ควบคุมเวลาและเสียสละเวลาอันมีค่าอย่างยิ่งของท่านในการอ่าน ปรับแก้และให้คำแนะนำจนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้แล้วเสร็จลงในเวลาที่เหมาะสม

รองศาสตราจารย์ ดร.ปริษา เนาว์เย็นผล จากมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช และอาจารย์บุษบา ประเคนรี จากโรงเรียนมัธยมวัดมกุฏกษัตริย์ ได้ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการสอน สถานการณ์ปัญหา แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม และเอกสารสำหรับครู จนทำให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยรองศาสตราจารย์กมล เอกไทยเจริญ ได้ให้ความอนุเคราะห์ให้ยืมเครื่องคำนวณเชิงกราฟไปใช้ในการทดลองภาคสนามและกรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องจนทำให้การทดลองภาคสนามสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อาจารย์ปราณี สว่างวรรณ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการโรงเรียนทวีธาภิเศก อาจารย์ศักดิ์ชัย ทองทิพย์ หัวหน้าหมวดวิชาคณิตศาสตร์และ อาจารย์สุชาติทิพย์ มโนแจ่ม อาจารย์ประจำหมวดวิชาคณิตศาสตร์ ได้ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับนักเรียนที่ใช้ในการวิจัยนักร้อง และเป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ศักดิ์ชัย ทองทิพย์ และอาจารย์สุชาติทิพย์ มโนแจ่ม ที่เป็นธุระให้อย่างเข้มแข็งจนทำให้การวิจัยนักร้องและการทดลองภาคสนามสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ทองอยู่ ได้กรุณาให้คำแนะนำในการเตรียมตัวและให้กำลังใจเพื่อเตรียมความพร้อม ในการทำปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพล เล็กสกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ ไชยสังข์ ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับแก้เค้าโครงปริญญานิพนธ์อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำปริญญานิพนธ์ในภายหลัง

รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย เทียนน้อย อธิการบดีสถาบันราชภัฏธนบุรี ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับใช้ในการวิจัยนักร้อง และการทดลองภาคสนาม ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณี สิมะกรพันธ์ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏธนบุรี ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุน ในการจัดทำเอกสารและเครื่องมือโสตทัศนูปกรณ์ สำหรับใช้ในการทดลอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัฐแก้ว ศรีสด ผู้อำนวยการศูนย์คอมพิวเตอร์ ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์จันทิษฐ์ ละออบักษิณ ที่ได้เสียสละเวลามาเป็นครูอาสาสมัครและเป็นผู้ช่วยวิจัยนับตั้งแต่การวิจัยนักร้องจนเสร็จสิ้นการทดลองภาคสนาม ขอขอบคุณอาจารย์จรัสรัตน์ สุวรรณ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ยืมเกมส์สำหรับนักเรียนได้เล่นผ่อนคลายและช่วยดูแลเกี่ยวกับการจัดเลี้ยงอาหารกลางวันให้

นักเรียน และขอบคุณคุณสุวรรณี ปัญญาชีวิน ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาจัดพิมพ์เอกสารทั้งหมด สุดท้ายนี้ต้องขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่เข้าร่วมกิจกรรมในครั้งนี้ทั้งในส่วนของกรวิจัยนาร่องและการทดลองภาคสนามที่ได้ให้ความร่วมมือด้วยดีจนทำให้การทดลองเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างสูงและหวังว่าผลของการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อครู – อาจารย์ผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ผู้บริหาร นักพัฒนาหลักสูตร ตลอดจนผู้ที่สนใจโดยทั่วไป คุณค่าและประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นตลอดจนบุญกุศลที่ผู้วิจัยได้กระทำความนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ บิดา – มารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับผู้วิจัยมาตั้งแต่ต้นจนจบจนปัจจุบัน

สุรสาธ ภาสข

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
	ความสำคัญของการวิจัย.....	4
	ขอบเขตของการวิจัย.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
	ข้อจำกัดในการในการวิจัย.....	7
	สมมติฐานในการวิจัย.....	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
	ตอนที่ 1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	10
	ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	10
	ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	11
	ชนิดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	11
	กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	14
	ตอนที่ 2 การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน.....	18
	เป้าหมายของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน.....	18
	กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน.....	19
	การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและรายบุคคล.....	23
	บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	24
	ตอนที่ 3 การประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	26
	แนวคิดในการประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	26
	การประเมินผลจากสภาพจริง.....	26
	การประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด.....	28
	การศึกษาคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	30
	เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์.....	33
	ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
	การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน	38
	กรอบความคิดสำหรับการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	38
	กระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	39
	รูปแบบการจัดกิจกรรม.....	40
	แผนการจัดกิจกรรม.....	42
	หลักการคัดเลือกสถานการณ์จริง.....	43
	การประเมินผล.....	44
	การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	45
	เครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำ.....	45
	เครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัย.....	46
	การวิจัยนาร่อง.....	47
	การทดลองภาคสนามและการเก็บรวบรวมข้อมูล	48
	กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	48
	การทดลองภาคสนาม	49
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	50
	การวิเคราะห์ข้อมูล	51
	ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	51
	ข้อมูลจากแบบสำรวจรายการและร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรม	51
	ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดเจตคติ.....	51
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	52
	ตอนที่ 1 ผลการประเมินความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์	52
	ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน	52
	ผลการศึกษาความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนจำแนกตามลักษณะของ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	54
	ตอนที่ 2 ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในกลุ่มทดลอง	75

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	78
ความมุ่งหมาย สมมติฐานและวิธีการดำเนินการ	78
สรุปผลการวิจัย	80
การอภิปรายผล	81
ข้อเสนอแนะ	85
ข้อเสนอแนะในการนำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้.....	85
ข้อเสนอแนะสำหรับนักพัฒนาหลักสูตรและผู้บริหารโรงเรียน.....	86
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก	93
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	94
ภาคผนวก ข เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค	96
ภาคผนวก ค แบบสำรวจรายการ	100
ภาคผนวก ง แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	103
ภาคผนวก จ แบบสัมภาษณ์.....	105
ภาคผนวก ฉ แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์	107
ภาคผนวก ช เอกสารสถานการณ์ปัญหา (เรียกไปกิจกรรมที่ 1) พร้อมเอกสารประกอบและประเด็นปัญหาเพิ่มเติมของกิจกรรมทั้งหมด (12 กิจกรรม)	111
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างแผนการสอน	163
ภาคผนวก ฌ ตัวอย่างผลงานนักเรียนในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม.....	169
ภาคผนวก ญ ตัวอย่างเอกสารสำหรับครูประกอบแผนการสอน.....	185
ประวัติย่อผู้วิจัย	193

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 รายการของคำต่างๆ ที่ให้นักเรียนเลือกเพื่อนำไปอธิบายถึงวิชาคณิตศาสตร์....	10
2 รายการประเมิน / ศึกษา เครื่องมือที่ใช้และขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือในการ ปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์.....	34
3 แผนการวิจัยนําร่อง.....	47
4 แผนการทดลองภาคสนาม.....	49
5 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จำแนก ตามรายกิจกรรมและรายกลุ่ม.....	53
6 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น โดยใช้เกณฑ์ 0 – 4	55
7 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น....	56
8 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชัน ควอดราติกโดยใช้เกณฑ์ 0 – 4	60
9 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชัน ควอดราติก.....	61
10 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชัน เอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้เกณฑ์ 0 – 4	66
11 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชัน เอกซ์โพเนนเชียล.....	67
12 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมอยู่ในรูปของกราฟ โดยใช้เกณฑ์ 0 – 4	72
13 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมอยู่ในรูปของกราฟ.....	73
14 ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจาก แบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์.....	75

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	6
2 แสดงชนิดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	12
3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติแต่ละด้านของตัวแบบชนิดต่าง ๆ	12
4 แสดงการจำแนกตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	13
5 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของสแวกซ์และฮาร์ทเลอร์	14
6 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของจิออร์ดาโนและเวียร์	15
7 ผังงานแสดงการพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะของ การทำซ้ำเป็นวงจร	17
8 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในโรงเรียนของอิงลิช	19
9 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนของคอสซี่	20
10 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในชั้นเรียนของเคอร์ จูเนียร์ และมากี	21
11 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนของคอมเบอร์	22
12 กระบวนการประเมินจากสภาพจริง	27
13 แสดงกรอบของการพัฒนาหลักสูตรที่มุ่งเน้นไปที่การใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	35
14 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	39
15 ผังงานแสดงรูปแบบการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	40
16 ตัวอย่างการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน...	70
17 ตัวอย่างการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงของนักเรียน.....	71

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในปัจจุบันมีนักเรียนส่วนหนึ่งจะไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ มีความรู้สึกต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางลบ และมักคิดว่าการเรียนคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่มีคุณค่าหรือเป็นวิชาที่ไม่สามารถใช้ในชีวิตจริงได้เป็นส่วนมาก พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์ (2544: 21) กล่าวถึงการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ว่า การเรียนของนักเรียนมุ่งไปที่คะแนนเป็นหลัก ไม่ได้เรียนเพื่อนำสาระที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและการสอนของครูส่วนใหญ่ยังคงสอนโดยเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาความรู้และการจดจำข้อมูลมากกว่าที่จะสอนให้นักเรียนได้ฝึกฝนความคิด และจุดอ่อนที่เห็นได้ชัดเจนประการหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยคือเรามักแยกการเรียนในห้องเรียนออกจากชีวิตจริง สิ่งปรากฏอยู่ในหลักสูตรกับสิ่งที่พบเห็นในชีวิตประจำวันมักเป็นคนละเรื่องกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของสมศักดิ์ ขจรเจริญกุล (2539: 1 - 3) เกี่ยวกับสภาพการจัดการเรียนการสอนของครูคณิตศาสตร์ที่พบว่าการสอนของครูส่วนใหญ่ยังเป็นการบรรยาย อธิบาย ให้ตัวอย่าง และฝึกวิธีการที่ได้รับ การถ่ายทอดไปจากครูด้วยการทำแบบฝึกหัดท้ายบท นักเรียนมีโอกาสนที่จะปฏิบัติกิจกรรมน้อยซึ่งเดวิสและชอนเฟล (Davis, 1996: 23; Schoenfeld, 1992: 343) กล่าวในทำนองเดียวกันว่าการจัดการเรียนการสอนตามวิธีการดังกล่าวทำให้นักเรียนคิดว่าคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ผู้รู้ได้จัดเตรียมไว้ให้เขาจดจำและทำตาม การเรียนรู้คณิตศาสตร์หมายถึงการจดจำและการประยุกต์ใช้กฎอย่างถูกต้องเพื่อตอบคำถามของครู การฝึกทักษะคณิตศาสตร์หมายถึงการฝึกทำตามกฎที่ครูนำมาเสนอมาๆ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะมีกฎเกณฑ์สำหรับทำเสมอ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ว่าคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาได้มีการจัดเตรียมไว้ให้เขาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนไม่เกิดความคาดหวังที่จะค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหาด้วยตัวเอง ขาดความพยายามในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่และไม่คุ้นเคยเพราะเชื่อว่าตนเองยังไม่มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ นอกจากนี้จากผลการวิจัยและประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับนานาชาติเพียงเล็กน้อย และจากการประเมินผลสัมฤทธิ์พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาของไทย ทำข้อสอบแบบเขียนตอบหรืออธิบายความและข้อสอบที่วัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้และการวิเคราะห์ได้น้อย พร้อมกันนั้นผลจากการวิจัยในครั้งนี้ยังพบว่าเจตคติที่ดีของนักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ในรายงานการวิจัยดังกล่าวของประเทศไทยได้เสนอว่าในการเรียนการสอนในชั้นเรียนควรให้ความสำคัญกับการปลูกฝังเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2540: 2 - 39 - 4 - 17) ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนจึงน่าจะได้ทำให้นักเรียนได้เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ อันจะนำไปสู่การมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งจะส่งผลต่อไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และสามารถนำไปใช้ได้

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) เป็นกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงระหว่างโลกที่เป็นจริง (Real world) กับโลกของคณิตศาสตร์ (World of mathematics) ด้วยการแทนสถานการณ์จริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังสามารถเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับวิชา

อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ศิลป การศึกษาสังคม และวิชาอื่นๆ ในหลักสูตร และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังเป็นกระบวนการที่คำนึงถึงความรู้สึกรักของนักเรียนในขณะที่ปฏิบัติกิจกรรมซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญของการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่ต้องการความรู้สึกร่วมในส่วนของนักเรียนด้วย (Hodgson, 1995: 351 - 358)

คอสซี่ (Dosssey, 1996: 276) กล่าวว่าการศึกษาที่นักเรียนได้เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนจะสามารถช่วยเปลี่ยนมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ จากวิชาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีบทที่แน่นอน ไปสู่วิชาที่การคาดเดาก็เป็นวิธีการที่เหมาะสมได้ถ้ามีการตรวจสอบข้อคาดเดา ไปสู่วิชาที่การสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มีความหมายและมีคุณค่า ไปสู่การที่คำตอบของสถานการณ์ปัญหาไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียว และไปสู่วิชาซึ่งการคิดเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากกว่าการจำแนก นอกจากนี้การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวนักเรียน จากการแยกตัวออกไปทำงานคนเดียวและการฟังเพื่อจดบันทึก ไปสู่การทำงานเป็นกลุ่ม ไปสู่การตัดสินใจในการวางแผนเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล การพัฒนาสมมติฐาน การสร้างสมการและการสื่อสารผลลัพธ์ที่ได้

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่ใช่ของใหม่ แต่ได้มีการให้ความสำคัญมานานแล้ว ดังจะเห็นได้จากในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1975 จากการประชุมของคณะกรรมการบริหารของสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ (CBMS: The Conference Board of the Mathematical Sciences) ในหัวข้อเรื่อง "มุมมอง และการวิเคราะห์ วิชาคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12" ได้ให้คำแนะนำว่าควรรวมเรื่องของการประยุกต์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ และสถานการณ์ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตรระดับมัธยมศึกษาด้วย ต่อมาในปี ค.ศ. 1980 ในการประชุมปฏิบัติการของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM: The National Council of Teachers of Mathematics) ได้บันทึกถึงสิ่งที่ต้องการสำหรับการเตรียมครูคณิตศาสตร์ไว้ว่าสิ่งที่ครูคณิตศาสตร์ต้องการคือประสบการณ์เพราะประสบการณ์จะสามารถช่วยพัฒนาประสิทธิภาพของครูในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา. (Swetz & Hartzler, 1991: VII - VIII) และในปีถัดมา ค.ศ. 1981 สมาคมคณิตศาสตร์ของคณะกรรมการจัดการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับปริญญาตรีของสหรัฐอเมริกา (CUPM: The Mathematical Association of America's Committee on the Undergraduate Program in Mathematics) ได้ให้คำแนะนำว่า "นักเรียนควรจะได้มีโอกาสทำโครงการเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์จริง โดยอาจอยู่ในรูปแบบของโครงการในวิชาการศึกษาการดำเนินงาน (Operation research) ทำเป็นรายบุคคล หรือทำในขณะที่ฝึกปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้การจัดประสบการณ์เกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ควรจัดรวมไว้ในรายวิชาแกนของการเรียนในสาขาวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ทุกๆ สาขาวิชา (Giordano & Weir, 1985: V) และในปี ค.ศ. 1989 สภาวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Research Council) ได้รายงานถึงอนาคตของการศึกษาคณิตศาสตร์ของชาติ โดยได้เตือนถึงความจำเป็นเร่งด่วนสำหรับการปฏิรูปการสอนว่า ควรรวมไปถึงการเน้นที่การสร้างตัวแบบเอาไว้ด้วย ยิ่งไปกว่านั้น สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้ร่วมกันจัดทำมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics) (NCTM 1989: 95) สำหรับนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 โดยในมาตรฐานหนึ่งของการแก้ปัญหา ได้กล่าวให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ปัญหาในโลกที่เป็นจริงได้

ในปัจจุบันตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้รับความสนใจจากนักคณิตศาสตร์ศึกษาเป็นอย่างมาก มีการพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นพื้นฐานของการจัดกิจกรรมต่างๆ ในชั้นเรียน เช่น COMAP (The Consortium for Mathematics and Its Applications) ซึ่งใช้นักพัฒนาหลักสูตรมากกว่า 20 คน ทำการสร้างหลักสูตรชื่อ Mathematics: Modeling Our World ซึ่งเป็นหลักสูตรที่พัฒนามโนเมติของคณิตศาสตร์ ในบริบท

ที่นักเรียนใช้อยู่เป็นประจำ นอกจากนี้ยังมี SIMMS (Systemic Initiative for Montana Mathematics and Science) เป็นหลักสูตรเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของมหาวิทยาลัยมอนทานา ออกแบบไว้สำหรับนักเรียนเกรด 9 - 12 โดยมีการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมเช่น เครื่องคำนวณเชิงกราฟ (Graphing calculator) โปรแกรมสเปรดชีต (Spreadsheet) มาใช้ในการสำรวจ การสร้างและการคำนวณ หลักสูตรประกอบด้วยชุดการเรียนรู้ 90 ชุด แบ่งเป็นระดับต่างๆ 6 ระดับ แต่ละชุดใช้เวลา 2 - 3 สัปดาห์ สำหรับการเรียนในชั้นเรียนตามปกติ (Hodgson, 1995: 351 - 358) ในปี ค.ศ. 2000 สมาคมคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้กล่าวถึงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ในเอกสารชื่อ หลักการและมาตรฐานสำหรับคณิตศาสตร์ในโรงเรียน (Principles and Standards for School Mathematics 2000) ซึ่งเพิ่มเติมจากมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในปี 1989 ได้เสนอแนวทางสำหรับครูคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้นักเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงเกรด 12 โดยกล่าวไว้ในมาตรฐานเนื้อหาวิชาพีชคณิตว่าโปรแกรมการสอนพีชคณิตของนักเรียนตั้งแต่ชั้นเตรียมอนุบาลไปจนถึงนักเรียนเกรด 12 ควรเป็นโปรแกรมที่ให้นักเรียนสามารถใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแสดงและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงปริมาณได้และเนื่องจากศักยภาพสูงสุดประการหนึ่งของการใช้คณิตศาสตร์ คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ ดังนั้นนักเรียนในทุกๆระดับชั้น จึงควรมีโอกาสได้ศึกษาถึงตัวแบบของปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างหลากหลาย ในวิธีการที่เหมาะสมกับระดับชั้นของเขา เช่น ในระดับประถมศึกษาตอนต้น นักเรียนสามารถใช้วัตถุ รูปภาพ และสัญลักษณ์ต่างๆ แทนตัวแบบของสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบวกและการลบของจำนวนเต็มบวกและศูนย์ได้ สำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรจะสามารถพัฒนาตัวแบบด้วยการใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเช่น สถานการณ์จริงสถานการณ์หนึ่งจะใช้ตัวแบบในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้นหรือฟังก์ชันควอดราติก จึงจะดีที่สุดที่จะช่วยให้สามารถสร้างข้อสรุปโดยการวิเคราะห์จากตัวแบบได้ (NCTM, 2000: 37 - 40)

สำหรับประเทศในแถบเอเชีย จากการประชุมนานาชาติทางด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ครั้งที่ 9 (ICME 9 : The 9th International Congress on Mathematical Education) ที่ประเทศญี่ปุ่น ในระหว่างวันที่ 31 กรกฎาคม ถึงวันที่ 6 สิงหาคม ค.ศ. 2000 พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในหลายประเทศเช่น งานวิจัยของนาไกโน และคณะ (Nakano and others) จากมหาวิทยาลัยชินชูเรื่อง "การสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ที่เป็นไปได้จริงในปัจจุบัน (Teaching Materials of Mathematical Modeling in Current Realistic Situation)" โดยจุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้คือ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์รวมไปถึงการหาคำตอบจากปัญหาที่ว่า สถานการณ์ที่เป็นไปได้จริงชนิดใดที่จะสามารถดึงดูดความสนใจของนักเรียนในกระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ และงานวิจัยของ ชางค์ซี่ แวง (Shangzhi Wang) จาก The Capital Normal University ในประเทศสาธารณประชาชนจีนเรื่อง "ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศจีน (Mathematical Modeling in Middle School Education of China)" งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอกิจกรรมการแข่งขันการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของจีน ผลการวิจัยพบว่ามมีนักเรียนมากกว่า 70,000 คนที่สนใจและสนุกในการทำกิจกรรม (ICME 9, 2000: 85, 124 - 125)

ในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า ในการเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน นักเรียนเกือบไม่ได้สัมผัสกับสถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับตัวเขาเลย ตรงกันข้ามกับเมื่อเขาอยู่นอกโรงเรียนหรือเมื่อเขาจบการศึกษาออกมาจากโรงเรียนที่ต้องพบกับสถานการณ์จริงที่ตัวเขาต้องเข้าไปเกี่ยวข้องอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาประกอบกับการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะ

พัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและศึกษาเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งนี้จะทำการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ผ่านการเรียนคณิตศาสตร์รายวิชา ค013 หรือได้ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เกี่ยวกับฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติก และเอกซ์โพเนนเชียลมาแล้ว ผลจากการวิจัยจะทำให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
2. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้

1. ทราบถึงความสามารถและพฤติกรรมการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน และเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้กับนักเรียนในระดับชั้นและในบริบทอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป
2. ได้กิจกรรมที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่ทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ และผู้สอนสามารถนำไปสอดแทรกในรายวิชาคณิตศาสตร์หรือเป็นรายวิชาเลือกในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. ได้แนวทางในการพัฒนานักเรียนให้สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ สถานการณ์จริง
4. ได้แนวทางในการจัดกิจกรรม ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ศิลปะ การศึกษาสังคม และอื่นๆ เป็นต้น

ขอบเขตของการวิจัย

สถานการณ์จริง (Real – World Situation)

สถานการณ์จริงที่ใช้ในการทดลองเป็นสถานการณ์จริงง่ายๆที่ไม่ซับซ้อน มีการสิ้นสุดของผลลัพธ์ที่ชัดเจน หรือมีการประมาณที่สมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่งและมีบริบทเป็นที่คุ้นเคยของนักเรียน

ขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์

ขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้กับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้แก่ ฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติก และเอกซ์โพเนนเชียล

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนทวีธาภิเศก กรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน โดยรับสมัครนักเรียนอาสาสมัครที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ค011 ค012 และ ค013 อยู่ในระดับสูง (3.36 – 4.00) ปานกลาง (2.51 – 3.35) ต่ำ (1.55 – 2.50) จำนวน 8 คน 16 คน และ 8 คน ตามลำดับ

ระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง ใช้เวลาในการทดลอง 36 ชั่วโมงนอกเหนือจากเวลาเรียนปกติของนักเรียน โดยดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ความสามารถในการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 5 ด้านคือ

- 2.1.1 การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง
- 2.1.2 การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.1.3 การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.1.4 การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- 2.1.5 การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

2.2 เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ภายหลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

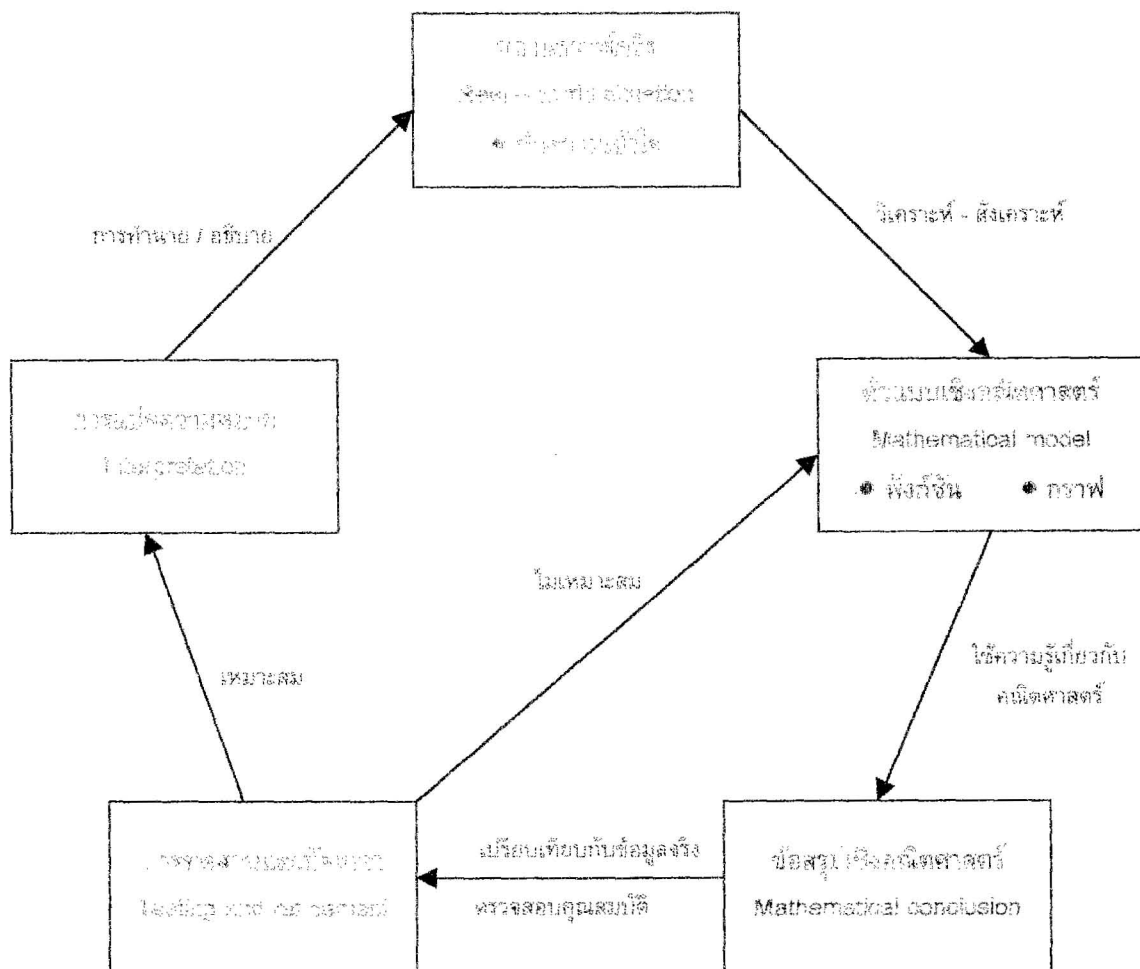
นิยามศัพท์เฉพาะ

กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

หมายถึงกระบวนการที่เริ่มต้นโดยการนำเสนอด้วยสถานการณ์จริง เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ใช้กระบวนการกลุ่มภายใต้ข้อตกลงที่นักเรียนร่วมกันสร้างขึ้น และใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พัฒนาจากแนวคิดของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz & Hartler. 1991: 6) อิงลิช (English. 1999: 118 - 129) ดอสซี่ (Dossey.1996: 275 - 276) เคอร์ จูเนียร์และมากี (Kerr, Jr. & Maki 1999: 1 - 7) และคอมเบอร์ (Comber. 1999: 1) ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ เป็นวงจร 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. การทดสอบและการขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แสดงดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

หมายถึงสิ่งที่สร้างขึ้นหรือออกแบบมาเพื่อใช้ในการศึกษากรณีเฉพาะของสถานการณ์จริงหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ในการวิจัยนี้จะใช้ในความหมายของ

1. ตัวแบบที่อยู่ในรูปกราฟ (Graphical Model) หรือ
2. ตัวแบบสมบูรณ์ (Completed Model) หมายถึงตัวแบบที่อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ (Symbolic model) ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติก และเอกซ์โพเนนเชียล

ความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

หมายถึง ความสามารถในการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 5 ด้าน ได้แก่

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง นักเรียนสามารถระบุประเด็นของปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ถูกต้อง รวมถึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าประเด็นปัญหามีอะไรบ้างที่เป็นตัวแปร ตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่สำคัญหรือตรงประเด็นที่ต้องการศึกษา และตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้จากหลายๆทางเช่น มโนคติ สมบัติและกราฟของฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง ความรู้ทางสถิติ ตลอดจนความรู้เกี่ยวกับการจัดการเชิงคณิตศาสตร์ต่างๆ ในการแทนประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟหรือฟังก์ชันเชิงเส้น คออตราคิก และเอกซ์โพเนนเชียล
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้
4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เหมาะสมกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาหรือไม่ ในกรณีที่พบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังไม่เหมาะสม นักเรียนสามารถขัดเกลา หรือหาตัวแบบที่เหมาะสมกว่าได้หรือไม่
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนสามารถแปลความหมายจากข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ไปสู่ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ตรงประเด็นหรือไม่ รวมไปถึงความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนหรือชี้แจงการแปลความหมายนั้น

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

หมายถึงท่าทีความคิดเห็น ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยเกณฑ์คะแนนที่เป็นตัวบ่งชี้ว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของผลการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งฉบับของนักเรียนที่มีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป จากแบบวัดเจตคติ 5 ระดับ ตั้งแต่ 1 ถึง 5

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยมีข้อจำกัดบางประการดังนี้

นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองไม่เคยมีประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟมาก่อนจึงต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟในการหาค่าต่างๆ เกี่ยวกับการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นักเรียนยังไม่ชำนาญในการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟจึงมีข้อจำกัดในด้านการใช้ไม่คล่อง ทำให้นักเรียนบางกลุ่มใช้เวลามากกว่าที่กำหนดไว้ในการปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม
2. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้เห็นแนวทางในการจัดกิจกรรมให้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งประเด็นของการศึกษาออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- ชนิดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

- เป้าหมายของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน
- กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน
- การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและรายบุคคล
- บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 การประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- แนวคิดในการประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
- การประเมินผลจากสภาพจริง
 - หลักการที่จำเป็นของการประเมินผลจากสภาพจริง
 - ความเชื่อมั่นของการประเมินผลจากสภาพจริง
 - ความเที่ยงตรงของการประเมินผลจากสภาพจริง
 - เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลจากสภาพจริง
- การประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค
- การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
 - การเขียนรายงานของนักเรียน
 - การสังเกต
 - การสัมภาษณ์
- เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

นอกเหนือจากองค์กรและหน่วยงานต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นที่ได้ให้ความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยการกำหนดเป็นมาตรฐานหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในหนังสือ มาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาแล้วยังมีนักคณิตศาสตร์อีกเป็นจำนวนมากที่กล่าวถึงความสำคัญของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เช่น สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz and Hartzler, 1991: 6) ซึ่งได้กล่าวว่าเป้าหมายสูงสุดประการหนึ่งของครูคือการเตรียมนักเรียนให้สามารถทำหน้าที่ได้ด้วยความมั่นใจและรอบรู้ในสถานการณ์จริงของโลก และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นรูปแบบหนึ่งของการแก้ปัญหาที่เป็นจริงที่มุ่งประเด็นไปที่การใช้ทักษะที่หลากหลายและช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นการประยุกต์คณิตศาสตร์ในมุมมองกว้าง การที่นักเรียนได้ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนได้รับทราบถึงศักยภาพของคณิตศาสตร์ ดังจะเห็นได้จากการที่นักเรียนคนหนึ่งกล่าวภายหลังการเรียนวิชาพีชคณิต 1 ซึ่งมีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า “นี่ถึงจะเป็นคณิตศาสตร์ที่แท้จริง” นอกจากนี้ในมุมมองของคอมเบอร์ (Comber, 1999: 1) ที่เริ่มจากคำถามที่ว่า “ทำไมจึงต้องมีการพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” เขากล่าวว่าเป็นเวลานานมาแล้วที่เรามีการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี ในการออกแบบการก่อสร้างต่างๆ เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างสะพาน เครื่องบิน รถยนต์และอื่นๆ ต่อมาในปัจจุบันมีการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ไปใช้ในสาขาวิชาต่างๆ เช่น ชีววิทยา แพทย์ ภูมิศาสตร์ และวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ปัญหาสิ่งแวดล้อมเช่น ปัญหาการเพิ่มของจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิต ปัญหาการผลิตอาหาร ปัญหาด้านมลภาวะ ปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาการกักตุนของดินเป็นต้น ในบางครั้งมีความจำเป็นจะต้องตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาเหล่านี้แต่ข้อมูลที่มืออยู่มักจะไม่มีเพียงพอที่จะทำให้รู้ได้ว่าจะต้องตัดสินใจอย่างไรจึงจะดีที่สุด ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถช่วยให้เราสามารถทำการตัดสินใจที่ดีที่สุดได้ เพราะตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถช่วยเราแจกแจงองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของปัญหาได้ ช่วยให้เราเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและตัวพารามิเตอร์ และยังช่วยเราในการทำนายว่าอะไรจะเกิดขึ้นถ้าเราเปลี่ยนแปลงค่าของตัวพารามิเตอร์บางตัว ส่วนมอสคาร์ดีนี (Moscardini, 1994: 17-18) กล่าวว่าในฐานะที่เขาเป็นนักคณิตศาสตร์ เมื่อเขามองดูรายการของคำต่างๆ ในตารางข้างล่างนี้ เขามักชอบใช้คำต่างๆ ทางด้านซ้ายมือในการอธิบายถึงวิชาคณิตศาสตร์แต่เมื่อนำรายการของคำเหล่านี้ไปให้นักศึกษาใหม่ในระดับปริญญาตรีดู นักศึกษาใหม่ส่วนใหญ่จะใช้คำต่างๆ ทางด้านขวามืออธิบายถึงวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าที่จะใช้คำทางด้านซ้ายมือ

ตาราง 1 รายการของคำต่างๆ ที่ให้นักเรียนเลือกเพื่อนำไปอธิบายถึงวิชาคณิตศาสตร์

สวยงาม (Beautiful)	น่าเบื่อ (Boring)
ตื่นเต้น (Exciting)	ซ้ำซาก (Repetitive)
จินตนาการ (Imaginative)	ซึ่มเศร้า (Dull)
สร้างสรรค์ (Creative)	ไม่น่าสนใจ (Uninteresting)
กว้างขวาง (Boundless)	จำกัด (Closed)
ตรงประเด็น (Relevant)	ไม่ตรงประเด็น (Irrelevant)
มีประโยชน์ (Useful)	ไม่มีประโยชน์ (Useless)

สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ มอสคาร์ตินิกกล่าวว่าสิ่งที่ทำให้นักเรียนสนใจ ในความสวยงามของคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่ท้าทาย และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถช่วยในเรื่องนี้ได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะพบว่าองค์กรและหน่วยงานต่างๆ ตลอดจนนักคณิตศาสตร์ต่างได้ให้ความสำคัญและมองเห็นคุณค่าของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มาตั้งแต่อดีตและเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน ดังจะเห็นได้ว่า มีการพัฒนาการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในศาสตร์หลายสาขา เช่น วิศวกรรมศาสตร์ เคมี แพทย์ศาสตร์ เป็นต้น ความสำคัญและคุณค่าของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะเห็นได้จากผลลัพธ์ที่เกิดจากการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นและเข้าใจถึงศักยภาพที่แท้จริงของคณิตศาสตร์ ช่วยให้สามารถตัดสินใจในสถานการณ์จริงที่ในบางครั้งข้อมูลที่มีอยู่ไม่เพียงพอ และช่วยให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นต้น

ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

มากิและเคอร์ จูเนียร์ (Maki and Kent, Jr. 1979: 2) กล่าวว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เช่น เซต จำนวน รูปทรงเรขาคณิต และฟังก์ชัน รวมไปถึงนิพจน์ ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเหล่านั้น เช่น สมการ กราฟ และตารางต่างๆ เป็นต้น

จิออร์ดาโนและเวียร์ (Giordano and Weir. 1985: 32) ให้นิยามตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าเป็นการออกแบบและสร้างสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการศึกษากฎเฉพาะของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เป็นจริง โดยสิ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ดังกล่าวรวมถึงตัวแบบในรูปของกราฟ ตัวแบบในรูปของสัญลักษณ์ สถานการณ์จำลอง และการทำการทดลอง

เมเยอร์ (Meyer. 1985: 2) กล่าวว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หมายถึงตัวแบบ (Model) ที่มีส่วนประกอบบางส่วนอยู่ในรูปของมโนคติเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical concepts) เช่นอยู่ในรูปของตัวแปร ค่าคงที่ ฟังก์ชัน สมการ และอสมการ เป็นต้น

สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz & Hartler. 1991: 1) ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าหมายถึงโครงสร้างเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งใช้ในการประมาณลักษณะต่างๆ ของปรากฏการณ์ธรรมชาติ

ฮอดจสัน (Hodgson.1995: 351) ให้นิยามของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่าง "โลกของความจริง" กับโลกคณิตศาสตร์ ซึ่งก็คือการแทนสถานการณ์ที่เป็นจริงของโลกในเชิงคณิตศาสตร์นั่นเอง

ไคม์และคลาร์ก (Kime and Clark. 1998:64) ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าหมายถึงสูตรหรือสมการที่ใช้สำหรับอธิบายสถานการณ์ที่เป็นจริง

ทศพร จันทรัง (2544: 11) ให้ความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าหมายถึงตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์เช่น ฟังก์ชันและสมการ โดยเมื่อทำการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นจะเป็นการย้ายจากโลกของความจริง ไปสู่โลกที่ไม่มีตัวตน ของมโนคติทางคณิตศาสตร์

จากความหมายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึงสิ่งที่ใช้เชื่อมโยงความจริงของโลกกับคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบที่หลากหลายแตกต่างกัน เช่นสัญลักษณ์ ฟังก์ชัน สูตร สมการ นิพจน์ กราฟ ตาราง สถานการณ์จำลอง และการทดลอง เป็นต้น

ชนิดของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จิออร์ดาโน และ เวียร์ (Giordano & Weir.1985: 32) ได้จำแนกตัวแบบออกเป็น 4 ชนิด สองชนิดแรกเป็นตัวแบบที่มีโครงสร้างเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ในรูปของสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรม ได้แก่ ตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยอาศัยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ภายใต้เงื่อนไขและข้อมูลของสถานการณ์จริงกับอีกชนิดหนึ่ง

เป็นตัวแทนที่ได้จากการเลือกจาก สูตร ฟังก์ชัน หรือสมการต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้ว เช่น สมการเส้นตรง สมการควอดราติก ฯลฯ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์จริง ส่วนอีกสองชนิดเป็นตัวแทนซึ่งเป็นรูปธรรมที่สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ของสถานการณ์จริงได้ ได้แก่ ตัวแบบที่เป็นการทดลอง กับ ตัวแบบที่อยู่ในรูปของสถานการณ์จำลอง ดังภาพประกอบ 2

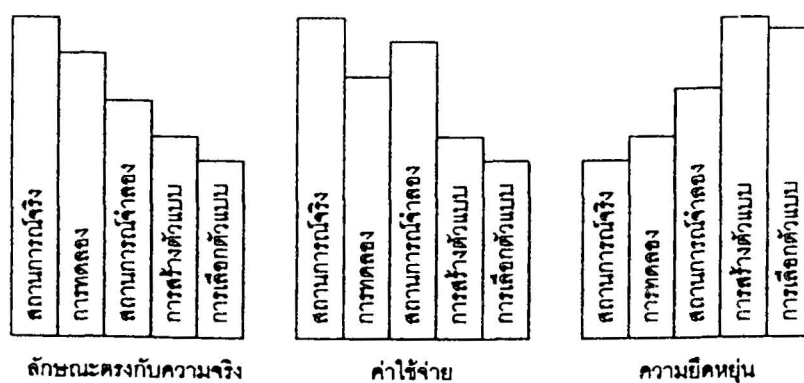


ภาพประกอบ 2 แสดงชนิดของตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์

นอกจากการจำแนกชนิดของตัวแทนแล้ว จีออร์จโนและเวียร์ ยังได้กำหนดคุณสมบัติที่ดีของตัวแทนไว้ 3 ประการคือ

1. ตัวแบบที่ดีต้องมีลักษณะตรงกับความเป็นจริง (Fidelity) หมายถึงตัวแทนนั้นมีความเที่ยงตรงหรือความถูกต้องหรือความแน่นอนในการแทนตัวแทนด้วยข้อมูลที่เป็นจริง
2. ตัวแบบที่ดีต้องมีค่าใช้จ่าย (Cost) ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกระบวนการของการใช้ตัวแทนต่ำ
3. ตัวแบบที่ดีต้องมีความยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึงการมีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงและการควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อตัวแทนได้ดี

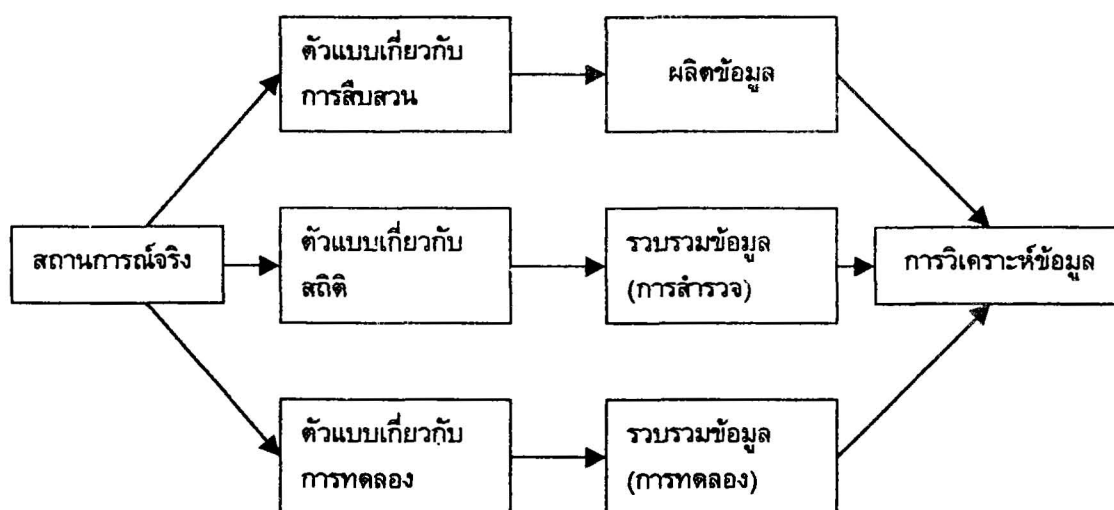
จากคุณสมบัติที่ดีของตัวแทน ทั้ง 3 ประการข้างต้น หากนำสถานการณ์จริงและตัวแทนทั้ง 4 ชนิดมาเปรียบเทียบกับกัน จำแนกตามคุณสมบัติ จะได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติแต่ละด้านของตัวแทนชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ 3 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติแต่ละด้านของตัวแบบชนิดต่างๆ โดยมีความสูงของแท่งแทนระดับปริมาณของคุณสมบัติ เริ่มจากคุณสมบัติของการมีลักษณะตรงกับความจริง จะพบว่าสถานการณ์จริงมีคุณสมบัตินี้สูงสุดแม้ว่าอาจมีความลำเอียงเกิดขึ้นในการทดสอบและมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากการวัดได้ในบางครั้ง และตัวแบบที่มีคุณสมบัตินี้รองลงไปคือการใช้การทดลอง สถานการณ์จำลอง การสร้างตัวแบบ การเลือกตัวแบบที่มีอยู่แล้วจากสูตรสมการและฟังก์ชันต่างๆจะมีลักษณะตรงกับความจริงน้อยที่สุด ส่วนคุณสมบัติด้านค่าใช้จ่าย ตัวแบบที่ดีมีค่าใช้จ่ายต่ำจะพบว่าการเลือกตัวแบบที่มีอยู่แล้วจะใช้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดโดยมีการสร้างตัวแบบ การทดลอง สถานการณ์จำลอง และสถานการณ์จริงเป็นตัวแบบที่ใช้ค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติที่ว่าด้วยความยืดหยุ่นนั้น ตัวแบบที่ได้จากการสร้างตัวแบบมีความยืดหยุ่นมากที่สุด รองลงมาคือ ตัวแบบที่ได้โดยการเลือกตัวแบบ สถานการณ์จำลอง การทดลอง ตัวแบบในรูปของสถานการณ์จริงมีความยืดหยุ่นน้อยที่สุด

อิงลิช (English, 1999: 118-129) ได้จำแนกตัวแบบสำหรับนักเรียนอายุ 11-16 ปี ออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 แสดงการจำแนกตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1. ตัวแบบเกี่ยวกับการสืบสวน (Investigational Models) เป็นตัวแบบที่ต้องมีตัวแบบเริ่มต้นเพื่อผลิตข้อมูลซึ่งจะนำไปสู่การเป็นตัวแบบในรูปทั่วไปมากขึ้น ปัญหาหรือความยุ่งยากของนักเรียนจะอยู่ที่การหาตัวแบบเริ่มต้นเพราะส่วนใหญ่นักเรียนมักไม่รู้ว่าตนเองกำลังหาอะไรอยู่

2. ตัวแบบเกี่ยวกับสถิติ (Statistical Models) โดยทั่วไปตัวแบบจะเป็นสมมติฐานซึ่งต้องอาศัยระเบียบวิธีการทางสถิติ ในการค้นหาความจริงเช่น เรื่องของกลุ่มตัวอย่าง แบบสอบถาม และการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งถ้านักเรียนเก็บรวบรวมด้วยตนเอง ซึ่งในกรณีนี้จะถือว่าการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการใช้ตัวแบบ หรือนักเรียนจะใช้ข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิก็ได้

3. ตัวแบบเกี่ยวกับการทดลอง (Experimental Models) ตัวแบบเริ่มแรกของตัวแบบชนิดนี้สร้างขึ้นจากการสังเกตข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปเขียนเป็นกราฟและสุดท้ายจะถูกเก็บไว้ในรูปของสเปรดชีท (Spreadsheet)

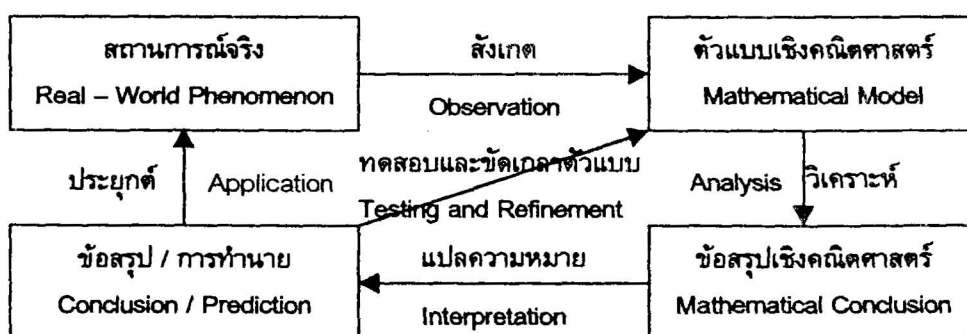
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมุ่งเฉพาะไปที่การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแบบที่อยู่ในรูปของกราฟหรือตัวแบบสัญลักษณ์ที่ได้มาจากการเลือกตัวแบบที่มีอยู่แล้ว กับตัวแบบที่สร้างขึ้นเองตามกระบวนการของกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยเน้นไปที่ฟังก์ชันพีชคณิตที่เหมาะสมกับสถานการณ์จริงที่ศึกษา ด้วยเหตุผลที่ว่า ตัวแบบทั้ง 2 ชนิด เป็นตัวแบบที่มีความยืดหยุ่นสูง มีค่าใช้จ่ายต่ำ แม้จะมีคุณสมบัติของการมีลักษณะตรงกับความจริงต่ำกว่าการทดลองและการใช้สถานการณ์จำลองก็ตาม แต่ก็มีความสะดวกและความเป็นไปได้สูงกว่าที่จะนำไปใช้ศึกษาสถานการณ์จริงในชั้นเรียน

กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz & Hartzler, 1991: 1-3) กล่าวว่า การศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการที่เป็นระบบ (ที่มีกฎเกณฑ์ / แบบแผน) ใช้ทักษะหลายด้าน ใช้กิจกรรมที่ใช้สติปัญญาในระดับสูง ในการแปลความหมาย วิเคราะห์ และสังเคราะห์ โดยกระบวนการจะเป็นการผสมผสานของขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนคือ

1. การสังเกตสถานการณ์จริงที่จะทำการศึกษา เพื่อหาสถานการณ์ที่เป็นปัญหา หรือพฤติกรรมเฉพาะที่สนใจจากสถานการณ์จริงนั้น และหาองค์ประกอบที่สำคัญ (ตัวแปร / ตัวพารามิเตอร์) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสถานการณ์ที่เป็นปัญหา หรือพฤติกรรมเฉพาะที่สนใจนั้น
2. ทำการคาดเดาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ จากนั้นจึงแปลความหมายของความสัมพันธ์เหล่านั้นออกมาในเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่ตัวแบบของสถานการณ์จริงที่ทำการศึกษา
3. หาข้อสรุปจากตัวแบบ โดยใช้การประยุกต์ การวิเคราะห์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม
4. แปลความหมายของข้อสรุปที่ได้ออกมาในบริบทของสถานการณ์จริงที่อยู่ภายใต้การศึกษา พร้อมทั้งหาออกมาเป็นภาพสรุป
5. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบ เป็นขั้นตอนที่สามารถเพิ่มเข้าไปในกระบวนการนี้ได้ ถ้าภาพสรุปยังใช้ไม่ได้หรือไม่ีเหตุผลเพียงพอ การขัดเกลาตัวแบบ อาจทำได้โดยการกลับไปสำรวจองค์ประกอบของตัวแบบแล้วทำการปรับตัวแบบ และถ้ามีความจำเป็น ก็เป็นไปได้ที่จะทำการแก้ไขสูตรของตัวแบบใหม่

สเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ได้แสดงขั้นตอนจากข้อความข้างต้นด้วยแผนภูมิ ดังนี้

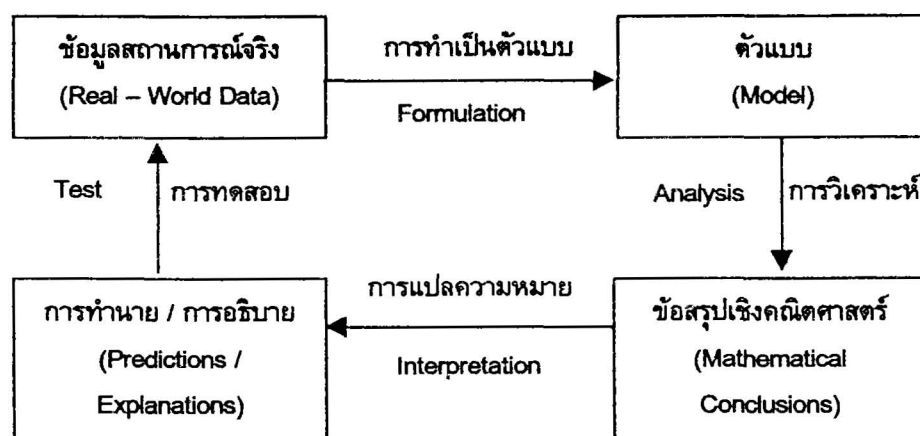


ภาพประกอบ 5 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์

กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 4 ขั้นตอน และมีลักษณะคล้ายคลึงกับกระบวนการของสเวทซ์และฮาร์ทเลอร์ คือกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริง โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของจิออร์ดาโนและเวียร์ (Giordano & Weir 1985: 29 - 49) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ จำนวน 4 ขั้นตอนคือ

1. สังเกตลักษณะเฉพาะบางอย่างของสถานการณ์จริงที่ทำการศึกษาและระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง ซึ่งตามปกติเราจะไม่สามารถระบุองค์ประกอบทุกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้ทั้งหมด ดังนั้นข้อาคเตาหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ จึงอาจได้มาโดยการตัดองค์ประกอบบางตัวออก
2. สร้างข้อาคเตาหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ
3. หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. แปลความหมายของข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ในเทอมของสถานการณ์จริง

กระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ข้างต้นนั้นเป็นระบบปิด ดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแสดงกระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของจิออร์ดาโนและเวียร์

แผนภูมิข้างต้นเริ่มจากสถานการณ์จริงที่สนใจศึกษา

1. ทำการรวบรวมข้อมูลให้เพียงพอที่จะพัฒนาให้เป็นตัวแบบ
2. ทำการวิเคราะห์ตัวแบบเพื่อหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์
3. แปลความหมายตัวแบบและสร้างคำทำนายหรือให้คำอธิบาย
4. ทดสอบข้อสรุปของสถานการณ์จริงเปรียบเทียบกับ การสังเกตและข้อมูลใหม่

ภายหลังการทดสอบอาจพบว่ามี ความจำเป็นต้องกลับไปปรับปรุงตัวแบบ เพื่อพัฒนาการทำนายของตัวแบบ หรือเพื่อพัฒนาการอธิบายถึงความสามารถของตัวแบบ หรือในบางครั้งอาจจะพบว่าตัวแบบนั้นยังไม่เหมาะสมกับสถานการณ์จริง ทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงตัวแบบใหม่

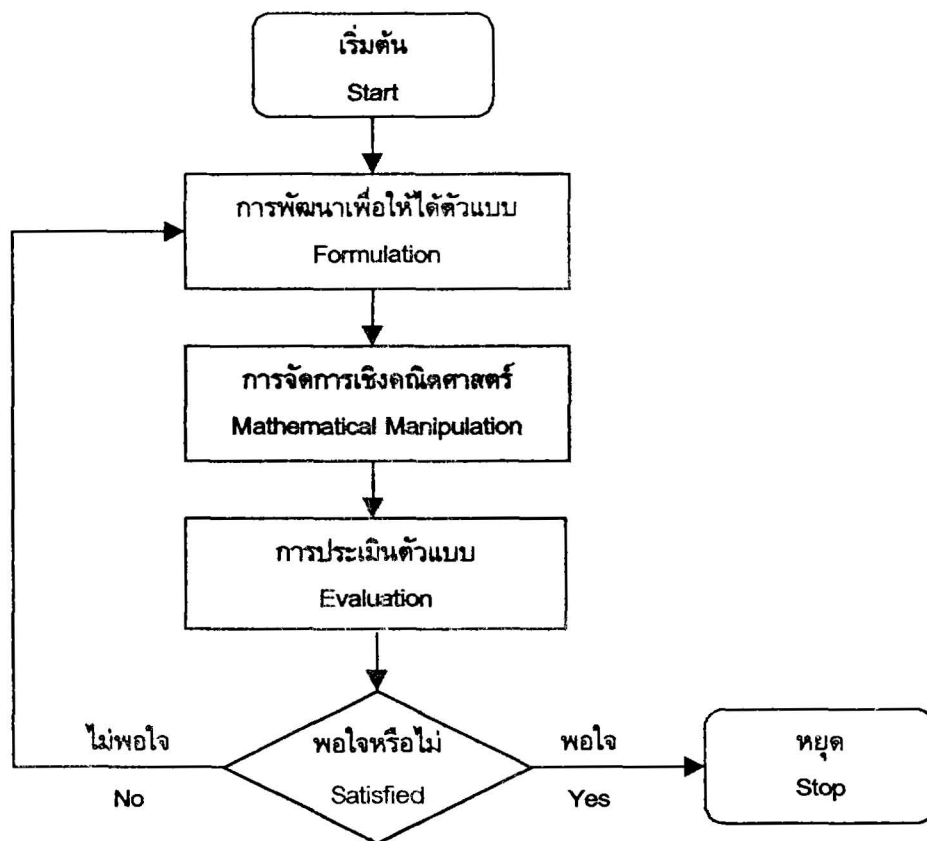
โลวิตท์ (Lovitt. 1991: 2) กล่าวถึงการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่า สามารถบ่งบอกลักษณะได้จากสิ่งที่สำคัญ 2 ประการคือ กระบวนการมีลักษณะเป็นวงจรและกระบวนการจะ เริ่มต้นและสิ้นสุดที่สถานการณ์จริง ในขณะที่ดอสซี่ (Dossey. 1996: 221 - 280) ได้นำเสนอกระบวนการของการ ศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งจำกัดขอบเขตของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่จะใช้ อธิบายสถานการณ์จริงไว้ที่ฟังก์ชันโพลิโนเมียล ฟังก์ชันลอการิทึม และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล พร้อมกันก็ ได้มีการนำเทคโนโลยีซึ่งได้แก่เครื่องคำนวณเชิงกราฟมาใช้ในการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์ด้วย ดอสซี่ได้แบ่งขั้นตอนของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การจำแนกแยกแยะสถานการณ์จริงที่ศึกษา
2. สร้างสมมติฐาน
 - 2.1 จำแนกหรือระบุตัวแปรและทำการแบ่งหมวดหมู่ของตัวแปรที่เป็นไปได้
 - 2.2 กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์)
3. พัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (ถ้าเป็นไปได้) และพัฒนาเลขชี้กำลังที่มีผลต่อตัวแปร (ถ้าจำเป็น)
4. การตรวจสอบตัวแบบ เพื่อดูว่า
 - 4.1 ตัวแบบนั้นบรรยายถึงสถานการณ์จริงที่ศึกษาได้ตรงประเด็นหรือไม่
 - 4.2 ตัวแบบนั้นมีความสมเหตุสมผลหรือไม่
 - 4.3 การทำนายของตัวแบบนั้นไปกันได้กับข้อมูลจริงหรือไม่

เมเยอร์ (Meyer. 1985: 2) แบ่งกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การพัฒนาเพื่อให้ได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
 - 1.1 เริ่มด้วยการถามคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมที่สนใจในสถานการณ์จริง คำถามดังกล่าวนี้ ถ้ายังไม่ชัดเจนทำให้ชัด ถ้ากว้างเกินไปแบ่งให้แคบลงแต่ต้องสามารถหาคำตอบได้
 - 1.2 ระบุงบค้ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้แก่ปริมาณต่าง ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์ทั้งที่สำคัญและไม่สำคัญ
 - 1.3 ให้นิยามในเชิงคณิตศาสตร์ โดยการแทนปริมาณที่สำคัญด้วยตัวแปร ฟังก์ชัน รูป เรขาคณิต ฯลฯ ที่เหมาะสม และแทนความสัมพันธ์ด้วยสมการ อสมการ หรือข้อตกลงเชิงคณิตศาสตร์อื่น ๆ ที่เหมาะสม
2. การจัดการเชิงคณิตศาสตร์ น้อยครั้งมากที่สถานการณ์จริงที่เรานำมาศึกษาจะให้ตัวแบบ มาโดยตรง ดังนั้นการศึกษาด้านสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงต้องมีการลงมือทำคณิตศาสตร์ซึ่ง ได้แก่การคำนวณ การแก้สมการ การพิสูจน์ทฤษฎีบท ฯลฯ
3. การประเมินผล มีหลายสิ่งที่สามารถใช้ตัดสินว่าตัวแบบที่พัฒนามานั้นเป็นตัวแบบที่ดีหรือไม่ โดยดูว่าตัวแบบนั้น ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องหรือไม่ (ถ้าผลลัพธ์ไม่ถูกต้องเพียงพอ หรือตัวแบบนั้นมีวิธี พัฒนาวีธีอื่นที่สั้นกว่า ก็ควรที่จะทดลองวิธีที่สั้นกว่านั้น) มีความเป็นไปได้ที่ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นในขั้นตอน ของการจัดการเชิงคณิตศาสตร์ หรืออาจเป็นไปได้อีกเช่นกันที่ปริมาณหรือความสัมพันธ์ที่คิดว่าไม่สำคัญอาจ กลายเป็นสิ่งสำคัญเกินกว่าที่เราคิดก็ได้

ดังนั้น กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จึงมีลักษณะของการทำซ้ำเป็นวงจรจนกว่าจะได้สิ่งที่พอใจ ดังผังงานต่อไปนี้



ภาพประกอบ 7 ผังงานแสดงการพัฒนาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะของการทำซ้ำเป็นวงจรของเมเยอร์

จากกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะพบได้ว่ากระบวนการเริ่มต้นที่สถานการณ์จริงหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เราสนใจ จากนั้นจึงแทนสถานการณ์จริงหรือปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจสร้างขึ้นเอง โดยอาศัยมโนคติทางคณิตศาสตร์ หรือด้วยการเลือกจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีอยู่แล้วในรูปของสูตร สมการหรือฟังก์ชัน ที่พิจารณาแล้วว่าเหมาะกับสถานการณ์จริงนั้นมากที่สุด กระบวนการในขั้นนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หลังจากได้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แล้ว จึงดำเนินการหาผลลัพธ์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้การจัดการเชิงคณิตศาสตร์หลายๆ ประการผสมผสานกัน และก่อนที่จะนำผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์จริงหรือนำไปทำนายอนาคตของสถานการณ์จริงซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้น ควรทำการตรวจสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นก่อนว่าเหมาะกับสถานการณ์จริงนั้นแล้วหรือยัง หากพบว่ายัง ก็ต้องดำเนินการใน

ขั้นตอนของการปรับปรุง / จัดเกล้าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ กระบวนการจะอยู่ในลักษณะของการทำงานเป็น วงจรที่เริ่มต้นและสิ้นสุดที่สถานการณ์จริงที่สนใจนำมาทำการศึกษาเสมอ

ตอนที่ 2 การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

เป้าหมายของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

สวาทซ์และฮาร์ทเลอร์ (Swetz & Harter, 1991: 6) กล่าวว่าเป้าหมายของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษาคือการมุ่งประเด็นไปที่ความหลากหลายของทักษะคณิตศาสตร์ที่ท้าทายผลลัพธ์ และการช่วยให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์ ด้วยความคิดที่กว้างเกี่ยวกับการประยุกต์ นอกจากนี้นักเรียนที่ เกี่ยวข้องกับการทำแบบฝึกหัดที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาสถานการณ์จริงจะรู้สึกซาบซึ้งใน ศักยภาพของคณิตศาสตร์ยิ่งขึ้น ส่วนคอมเบอร์ (Comber, 1999: 1) กล่าวถึงเป้าหมายของการใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์เพื่อตอบคำถามว่า “ทำไมจึงสอนเรื่องของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” ดังต่อไปนี้

1. เพื่อแสดงให้เห็นว่าจะนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างไร
2. เพื่อให้เห็นตัวอย่างของการใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์จริง
3. เพื่อสอนให้นักเรียนเห็นว่า “คิดอย่างไรจึงจะเป็นการคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์”

ฮอดจสัน (Hodgson, 1995: 352) กล่าวถึงการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษา ว่าเป็นการสนองตอบส่วนหนึ่งของเป้าหมายในการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวของมาตรฐานหลักสูตรและการ ประเมินผลคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในด้าน

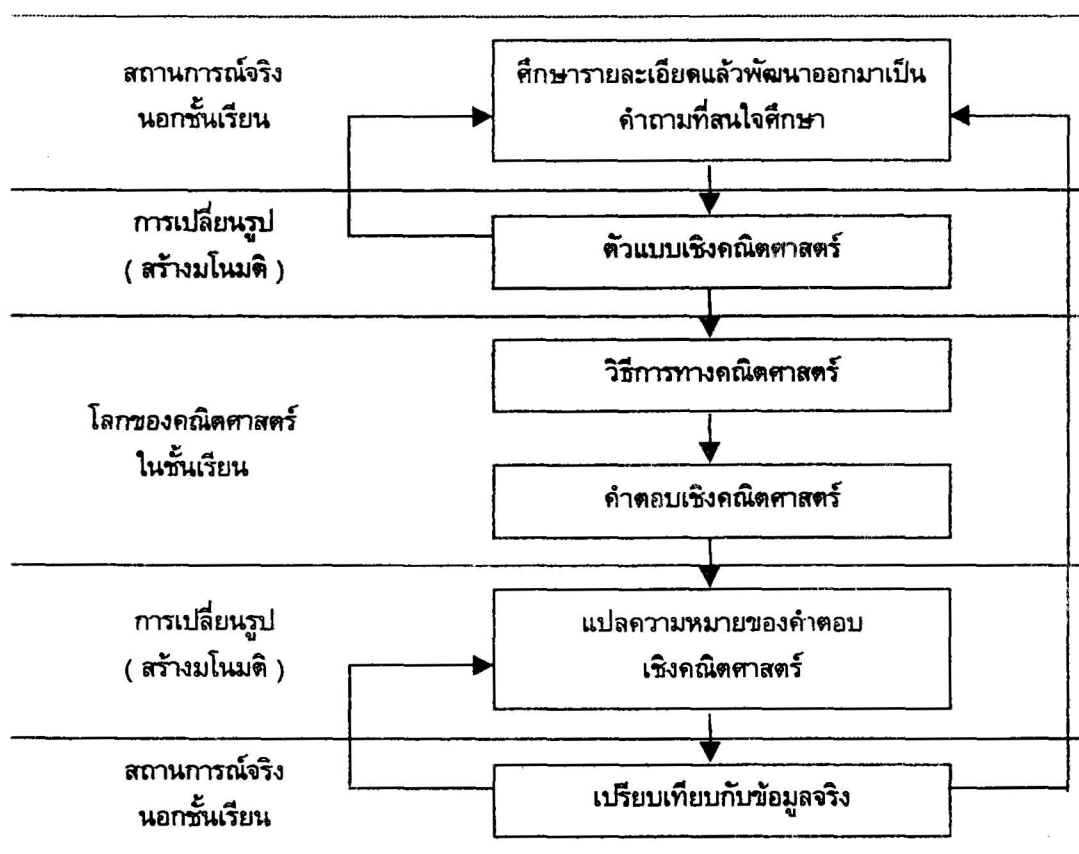
1. การพัฒนามโนทัศน์คณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหา
2. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับโลกของความจริงและระหว่างคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ
3. การเสริมสร้างจิตพิสัยในการเรียนรู้ของนักเรียน
4. การส่งเสริมความเข้าใจทางด้านสถิติของนักเรียนให้ดีขึ้น

จากเป้าหมายของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าเป้าหมาย หลักของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนได้แก่การแสดงให้เห็นว่าคณิตศาสตร์สามารถนำไป ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างไร และทำให้สถานการณ์ปัญหาในชั้นเรียนไม่แตกต่างไปจากสถานการณ์จริงที่ นักเรียนพบเห็นนอกชั้นเรียน ซึ่งจะทำให้นักเรียนมองเห็นประโยชน์และคุณค่าตลอดจนได้รับความซาบซึ้งใน ศักยภาพของคณิตศาสตร์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้กระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนสามารถ วิเคราะห์ประเด็นปัญหาและสังเคราะห์ความรู้ของตนเองที่มีอยู่ทั้งทางด้านคณิตศาสตร์ และสถิติ ไปใช้ในการ ศึกษาสถานการณ์จริง รวมไปถึงจะทำให้นักเรียนมองเห็นว่าพฤติกรรมเช่นไร จึงจะเป็นพฤติกรรมที่บ่งบอกว่า เป็นการคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

กระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน

อิงลิช (English, 1999: 118 - 129) ได้เสนอกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนดังแผนภูมิต่อไปนี้

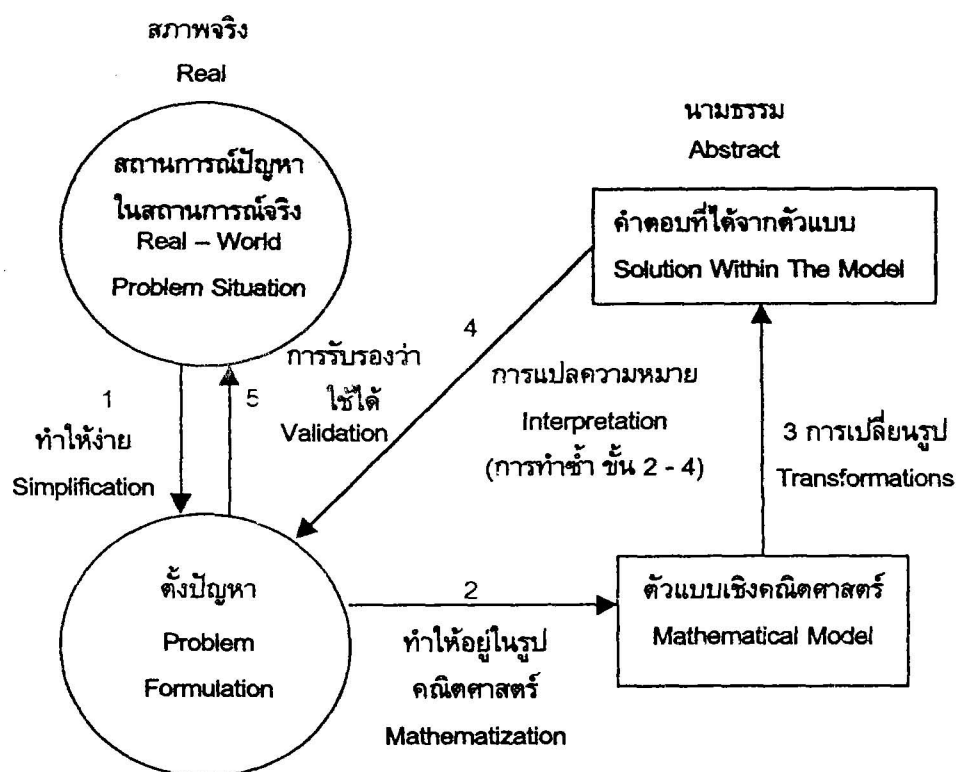
กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในโรงเรียน



ภาพประกอบ 8 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในโรงเรียนของอิงลิช

จากกระบวนการตามแผนภูมิตั้งต้น อิงลิชได้แบ่งกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริง โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนออกเป็น 6 ขั้นตอน โดยในบรรดาขั้นตอนทั้งหมดนั้น อิงลิชจะ เน้นไปที่ ขั้นตอนของการเปลี่ยนรูปจากสถานการณ์จริงซึ่งอยู่นอกชั้นเรียนไปสู่สิ่งที่อยู่ในชั้นเรียนในรูปของ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับสถานการณ์จริงนั้น โดยคาดหวังว่าการมุ่งเน้นไปที่ขั้นตอนดังกล่าว จะเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนสามารถแปลความหมายและวิเคราะห์ตัวแบบที่นักเรียนได้พบ นอกชั้นเรียนได้ดีขึ้น นอกเหนือจากอิงลิชแล้ว คอสซี่ (Dossy, 1996:275 - 276) ก็เป็นนักคณิตศาสตร์ ศึกษาอีกท่านหนึ่งที่กล่าวถึงการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในชั้นเรียน โดยคอสซี่ได้

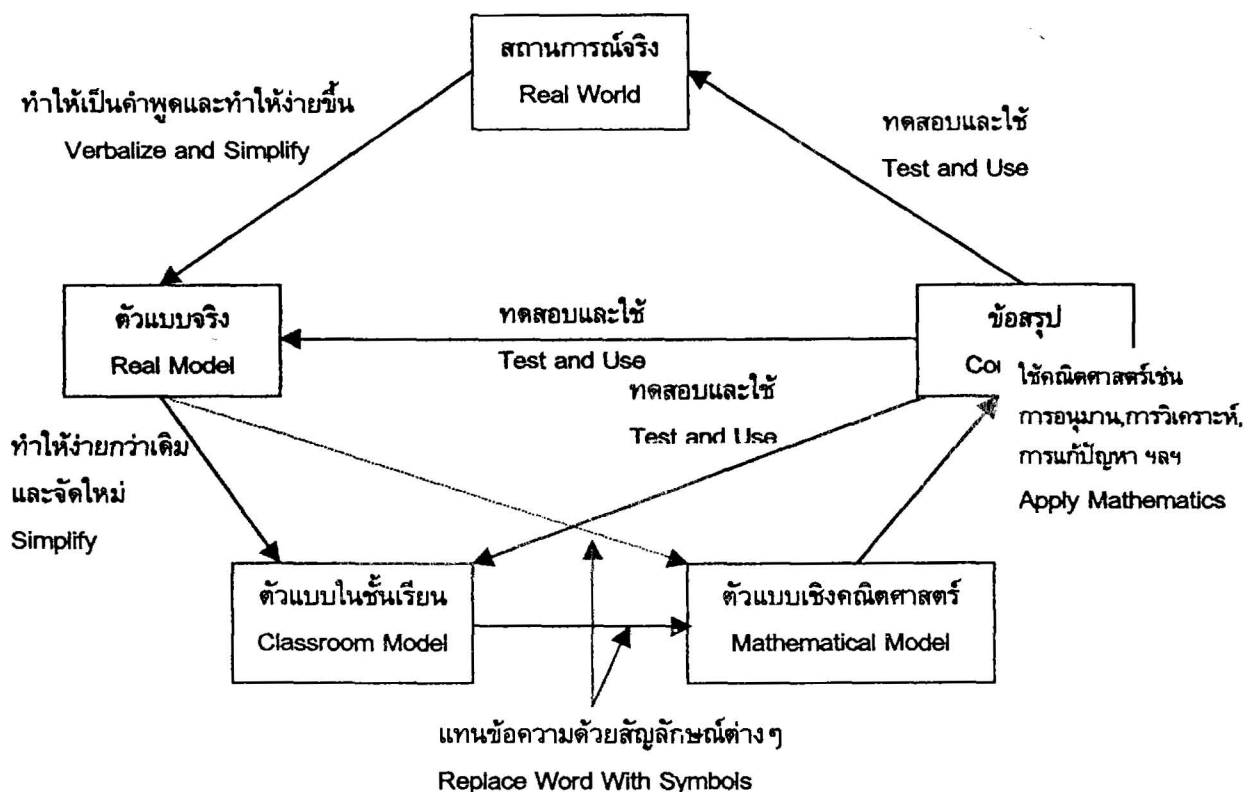
กล่าวว่าการศึกษารื่องดังกล่าวในชั้นเรียนนั้นโดยส่วนมากต้องการสถานการณ์จริงง่าย ๆ ที่ไม่ซับซ้อน ต้องการให้มีการสิ้นสุดของผลลัพธ์ที่ชัดเจนหรือการประมาณที่สมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่ง คอสซี่ ยังได้กล่าวต่อไปอีกว่าแม้ในการเรียนการสอนจะมีการอภิปรายของนักเรียนค่อนข้างน้อยแต่หากนักเรียนได้แสดงให้เห็นว่ามีการกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมแล้วก็สามารถถือได้ว่า นักเรียน “ได้ทำคณิตศาสตร์” แล้ว โดยเขาได้นำเสนอกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่เป็น “พลวัตร” (Dynamic Activity) ดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริง โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
ในชั้นเรียนของคอสซี่

จากแผนภูมิตั้งต้นสามเหลี่ยมของกิจกรรมตั้งแต่กิจกรรมที่ 2 ถึงกิจกรรมที่ 4 ถือเป็นสิ่งที่สำคัญ การใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพื่อหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม การเปลี่ยนรูปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่คำตอบชั่วคราว และการแปลความหมายของคำตอบ ทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ อาจจำเป็นหรือต้องการการทำซ้ำหลายๆ ครั้ง จนกว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะอยู่ในระดับที่สามารถนำมาตัดสินใจสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เคอร์ จูเนียร์ และ มากิ (Kerr, Jr & Makl. 1979: 1-7) ได้แบ่งกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในชั้นเรียนออกเป็น 5 ขั้นตอนดังแผนภูมิต่อไปนี้

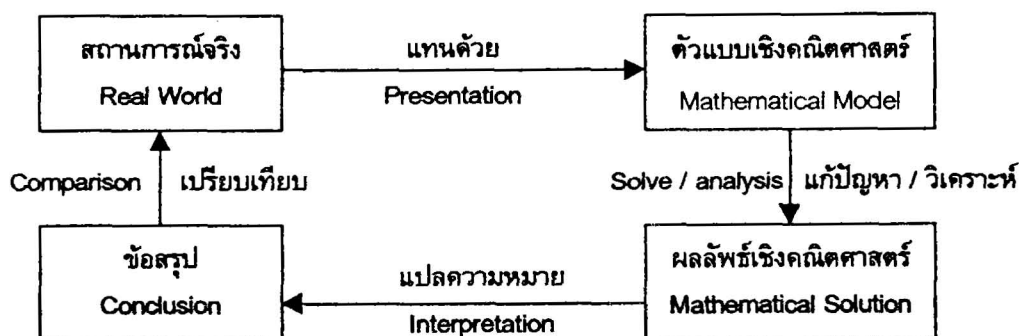


หมายเหตุ เส้นประแสดงทางเดินสำหรับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้ใช้ในชั้นเรียน

ภาพประกอบ 10 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริง โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในชั้นเรียนของเคอร์ จูเนียร์ และ มากิ

จากแผนภูมิกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริง โดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของเคอร์ จูเนียร์ และ มากิ ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน แต่ในกรณีสำหรับการนำมาใช้ในชั้นเรียนจะเพิ่มขั้นตอนขึ้นอีกหนึ่งขั้นตอนคือ ขั้นตอนของ "ตัวแบบในชั้นเรียน" เป็นขั้นตอนต่อจากตัวแบบจริง โดยตัวแบบจริงจะถูกทำให้ง่ายยิ่งขึ้นเพื่อให้ที่น่าสนใจสำหรับนักเรียนและนักเรียนสามารถเข้าใจได้ดีขึ้น นอกจากนี้การกระทำดังกล่าวจะนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่เหมาะกับสถานการณ์จริง ที่ครูได้เคยศึกษามาก่อนแล้ว

คอมเบอร์ (Comber, 1999: 1) ได้นำเสนอกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
ในชั้นเรียนของคอมเบอร์

จากขั้นตอนหลักข้างต้น คอมเบอร์ นำมาใส่รายละเอียด จนได้กระบวนการของการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับใช้ในชั้นเรียนดังนี้

1. ทำการศึกษาสถานการณ์จริง
2. พยายามเดาตัวแปรที่สำคัญ
3. พัฒนาขึ้นเป็นตัวอย่างง่ายๆ โดยการ
 - 3.1 สร้างสมมติฐาน
 - 3.2 สมมติข้อมูล
 - 3.3 สร้างสมการ
4. พยายามหา "ผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์" จากตัวแบบที่พัฒนาขึ้นโดย
 - 4.1 การแก้สมการ
 - 4.2 เขียนกราฟ
5. แปลความหมายของผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ โดยการตอบคำถาม
 - 5.1 ความหมายของผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์จริงคืออะไร
 - 5.2 กราฟบอกอะไรกับเราบ้างเกี่ยวกับสถานการณ์จริง
6. เปรียบเทียบข้อสรุปกับสถานการณ์จริง โดยการตอบคำถาม
 - 6.1 ข้อสรุปนั้นมีเหตุผลหรือไม่
 - 6.2 ข้อสรุปนั้นเป็นจริงหรือไม่
 - 6.3 สมมติฐานอะไรที่ทำให้ได้ผลลัพธ์เช่นนั้น
 - 6.4 สมมติฐานนั้นสมเหตุสมผลหรือไม่

โดยการใช้กระบวนการข้างต้น คอมเบอร์กล่าวว่าตัวแบบแรกๆอาจยังไม่เป็นจริงมากนัก แต่ก็ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจกระบวนการคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงนั้นมากขึ้น รวมทั้งมองเห็นว่าตัวแปรทั้งหลายสัมพันธ์กันอย่างไร และตัวแปรใดบ้างที่เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด จากนั้นพยายามแก้ไขและแปลความหมายผลลัพธ์ที่ได้ นักเรียนจะสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปทั่วไปและมีความเป็นไปได้จริงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

จากการศึกษากระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนข้างต้นจะพบว่าการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในกรณีทั่วไปกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จะมีแตกต่างกันบ้างในรายละเอียดปลีกย่อยบางอย่าง เช่นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนตัวแบบที่ใช้ควรปรับอยู่ในรูปที่ง่ายขึ้น หรือใช้สถานการณ์จริงที่ไม่ซับซ้อนมากนักเป็นต้น ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้พัฒนากระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนขึ้นโดยกระบวนการประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอนคือ

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. การทดสอบและการขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

โดยกำหนดขอบเขตของสถานการณ์จริงที่นำมาใช้ในการศึกษาว่าเป็นสถานการณ์จริงง่ายๆที่ไม่ซับซ้อน มีการสิ้นสุดของผลลัพธ์ที่ชัดเจนหรือมีการประมาณที่สมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่งและมีบริบทเป็นที่คุ้นเคยของนักเรียน

การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มและรายบุคคล

การทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย

โลวิทท์ (Lovitt, 1991: 4) กล่าวว่าสถานการณ์จริงเป็นจำนวนมากที่สามารถศึกษาได้ด้วยการทำงานเป็นกลุ่มย่อยมากกว่าการทำงานเป็นรายบุคคล โดยโลวิทท์ กล่าวว่าข้อดีของการทำงานเป็นกลุ่มย่อยคือ

1. ทำให้ได้มุมมองและยุทธวิธีใหม่
2. ได้ความเข้าใจโดยผ่านการอธิบายและการอภิปราย
3. เป็นการแบ่งปันภาระการทำงานที่มีประสิทธิภาพ
4. ได้ใช้จุดแข็งที่แตกต่างกันของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน

ครุอิคแซงค์ และเชฟฟิลด์ (Cruikshank & Sheffield, 1992: 45 - 46) พบว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาด้วยการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยที่ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน การร่วมมือกันแก้ปัญหากับเพื่อนอีกหนึ่งหรือสองคนเป็นวิธีการที่พบว่าค่อนข้างประสบผลสำเร็จอยู่เสมอ เนื่องจากเป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายปัญหาและเรียนรู้จากความสำเร็จและความผิดพลาดของคนอื่นด้วย อย่างไรก็ตามการเรียนรู้เป็นกลุ่มแบบร่วมมือมีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนด้วยความระมัดระวัง ไม่ใช่สิ่งที่ย่างยากในการให้นักเรียนทำงานร่วมกับเพื่อนของเขาด้วยความหวังว่าจะให้ได้ผลดีที่สุดถ้านักเรียนไม่คุ้นเคยกับวิธีการร่วมมือกันทำงานมาก่อน ครูจำเป็นที่จะต้องแนะนำถึงวิธีการทำงานร่วมกันให้บังเกิดผลดี นักเรียนจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ว่าทุกคนต้องร่วมกิจกรรมการแก้ปัญหาและนักเรียนไม่อาจจะทิ้งหรือมอบงานให้คนอื่นคนหนึ่งทำตามลำพัง นักเรียนต้องเรียนรู้การยอมรับและช่วยสนับสนุนแนวคิดของคนอื่นๆ ครูต้องช่วยกำหนดบทบาทของนักเรียนในกลุ่มเช่น ผู้ดำเนินการประชุม ผู้ตรวจสอบ ผู้ประสานงาน ผู้สรุป

ซึ่งแนะนำโดย จอห์นสัน และ จอห์นสัน (Johnson and Johnson. 1989 : 242) ในการทำกิจกรรมกลุ่มต้องแน่ใจว่านักเรียนเข้าใจและยอมรับบทบาทของตนเองแล้ว ก่อนการอภิปรายเพื่อร่วมมือกันแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละคนต้องทำความเข้าใจปัญหาด้วยตนเองก่อนแล้วจึงนำเสนอความคิดต่อที่ประชุมเพื่อให้ความเข้าใจปัญหาเป็นไปในทางเดียวกัน จากนั้นจึงอภิปรายเพื่อร่วมมือกันแก้ปัญหา สำหรับเรื่องของจำนวนนักเรียนที่เหมาะสมสำหรับการเรียนเป็นกลุ่มย่อยนั้น เดวิดสัน (Davidson. 1990 : 56) กล่าวว่าขนาดของกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดคือ 4 คน โดยมีเหตุผลประกอบดังนี้

1. กลุ่มขนาด 4 คน ถือได้ว่ามีขนาดใหญ่พอที่จะกว้างแนวคิดของการอภิปรายและการหาคำตอบของปัญหาที่ท้าทาย ไม่เปิดโอกาสให้สมาชิกคนใดคนหนึ่งชักจูงออกนอกกลุ่มนอกลู่นอกทางไป
2. กลุ่มขนาด 4 คน ถือได้ว่ามีขนาดเล็กพอที่จะยอมให้สมาชิกทุกคนได้มีกิจกรรมอภิปราย อย่างทั่วถึงและได้เห็นการนำเสนอของสมาชิกอย่างใกล้ชิด
3. กลุ่มขนาด 4 คน สามารถแบ่งเป็นกลุ่มละ 2 คน สำหรับการแบ่งงานไปทำเช่นการคิดคำนวณ หรือการแก้ปัญหาเบื้องต้น เพื่อนำกลับนำเสนอในกลุ่ม

การทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มใหญ่ จอห์นสันและจอห์นสัน (Johnson and Johnson. 1989 : 249) กล่าวถึงการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มใหญ่ว่าสามารถนำไปใช้จัดกิจกรรม การเรียนการสอนได้ในโอกาสต่อไปนี้

1. ใช้ตอนเริ่มต้นบทเรียนเป็นการสร้างศูนย์รวมของความสนใจ เป็นการเสนอปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก เพื่อให้นักเรียนทั้งชั้นได้ทำความเข้าใจและกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาาร่วมกันและสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ไปสู่การแก้ปัญหาในกลุ่มย่อยได้ รวมไปถึงการทำความเข้าใจคำศัพท์ บทนิยาม ตลอดจนการทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2. ใช้ในขั้นสรุปบทเรียน เมื่อทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนไปเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียน ในแต่ละกลุ่มหรือตัวแทนได้นำเสนอผลของการทำกิจกรรมกลุ่มย่อยต่อกลุ่มใหญ่ เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและหลอมรวมความคิดของแต่ละกลุ่มเข้าด้วยกันรวมทั้งเป็นการสรุปร่วมกันและการให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของครู

การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีโอกาสคิดอย่างอิสระ ได้แสดงศักยภาพของตนเองอย่างเต็มที่รวมถึงการแสดงความก้าวหน้า การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลควรนำมาใช้ในตอนเริ่มต้นของการทำกิจกรรมเป็นกลุ่มเล็ก เพื่อที่นักเรียนจะได้คิดวิเคราะห์และเตรียมข้อมูลเพื่อนำเสนอต่อกลุ่มต่อไป (Johnson and Johnson. 1989 : 250)

บทบาทของครูในการจัดกิจกรรมที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

คอมเบอร์ (Comber. 1999: 4) กล่าวถึงบทบาทของครูในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ว่าครูควรมีบทบาทดังต่อไปนี้

1. ครูควรพยายามเข้าไปมีส่วนร่วมร่วมกับนักเรียนทุกคนในการอภิปราย
2. ครูควรพยายามให้นักเรียนทุกคนคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาอยู่
3. ครูควรดูแลให้มีการอภิปรายอยู่เสมอ ถ้าการอภิปรายดำเนินไปช้า นักเรียนจะเริ่มท้อใจและเกิดความเบื่อหน่าย
4. ครูควรจัดเตรียมความช่วยเหลือ (ถามคำถาม ให้คำแนะนำ ให้การพูดเป็นนัยแต่ต้องไม่มากเกินไป) เมื่อจำเป็น
5. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นที่จะหาผลลัพธ์และส่งเสริมให้มีการอภิปราย

6. ครูควรจัดการกับผลลัพธ์ที่ได้ด้วยความระมัดระวัง อย่ารีบร้อนที่จะพูดว่า “ใช้ถูกต้องแล้ว” หรือ “ไม่ใช่มันผิด” แต่ครูควรใช้คำพูดในการทำงานต่อไปนี้

“ เธอสามารถทำได้ถูกต้อง ”

“ อาจจะถูกต้อง ”

“ มีใครเห็นด้วยกับ (ชื่อ) บ้าง ”

“ มีใครได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างไปจากนี้บ้าง ”

“ (ชื่อ) (ชื่อ) พูดว่า _____ เธอเห็นด้วยหรือไม่ ”

“ มีทางไหนอีกบ้างที่เราจะสามารถตรวจสอบผลลัพธ์นี้ได้ ”

7. ครูควรยอมรับข้อสรุปหลาย ๆ อย่างโดยให้มีข้อสรุปที่ถูกต้องรวมอยู่ด้วย จากนั้นจึงให้นักเรียนอธิบายข้อสรุปของตน

8. ถ้ามีนักเรียนบางคนเสนอข้อสรุปที่ถูกต้องก่อนคนอื่น ๆ และยังมีเวลาซึ่งนักเรียนคนอื่น ๆ ยังคิดอยู่ ครูอาจใช้คำพูดว่า “ ชอบใจ (ชื่อ) เธออาจทำถูก แต่ครูขอให้เธอคอยสักครู ให้คนอื่น ๆ ได้มีโอกาสคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จริงที่กำลังศึกษาอยู่บ้าง ”

9. ครูควรให้นักเรียน เรียนรู้ที่จะรักษาความเจียมเพราะความเจียมจะเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับครูในการที่จะให้ข้อสรุปที่ถูกต้องของสถานการณ์จริงนั้น

มอสคาร์ดีนและครอส (Moscardini and Cross, 1985: 85) กล่าวถึงบทบาทของครู ในการสอนตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าบทบาทแรกของครูเริ่มที่การนำเสนอปัญหาโดยสังเขป โดยต้องมั่นใจว่านักเรียนไม่ว่าจะทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลก็ตามต้องเข้าใจตัวปัญหา ก่อน จากนั้นจึงแบ่งนักเรียนเพื่ออภิปรายและเขียนรายงาน โดยในการเขียนรายงานนักเรียนต้องบ่งบอกถึงสิ่งที่เขาทำในการพัฒนาและใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามในกรณีทั่วไปการพูดของครูที่อยู่ในลักษณะของการวินิจฉัยกระบวนการว่าควรเป็นเช่นนั้นหรือควรเป็นเช่นนั้นควรมีให้น้อยที่สุดเนื่องจากนักเรียนมักจะมีเชื่อว่ามีสิ่งที่ครูพูดนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องเสมอ

อัปสร มีสิงห์ (2534: 12 - 13) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการว่าครูควรมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้

1. ครูไม่ใช่ “ผู้ให้” ความรู้แก่นักเรียนด้วยการบอกให้นักเรียนจดจำข้อมูลหรือข้อเท็จจริง แต่ควรจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้เกิดความเข้าใจและค้นพบคำตอบเองจากการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูจัดให้

2. ครูไม่ใช่ “แหล่งความรู้” ที่จะให้คำตอบแก่นักเรียนในทุกเรื่องแต่เป็น “ผู้ชี้แนะแหล่งข้อมูล” ให้กับนักเรียน

3. ให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมหลากหลาย

4. สังเกตและบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนเป็นรายบุคคล และร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียน

5. ติดตามตรวจสอบ บันทึกความก้าวหน้า ในการเรียนรู้ของนักเรียนทุกระยะ

6. ครูเป็นทั้งผู้สอนและผู้ประเมินตลอดเวลา

จากการศึกษาบทบาทของครูที่ได้กล่าวมาข้างต้นซึ่งมีทั้งบทบาทของครูในการเรียนการสอนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และในการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ ผู้วิจัยนำมาพัฒนาเป็นบทบาทของครูที่จะใช้ในการวิจัยนี้ โดยให้ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ซึ่งครูต้องทำงานหนักมาก่อนที่นักเรียนจะปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน เริ่มตั้งแต่การพิจารณาสถานการณ์จริงที่เหมาะสม ทำการศึกษาสถานการณ์จริงเหล่านั้นเป็นอย่างดี จัดเตรียมเทคโนโลยีที่เหมาะสม สำหรับบทบาทในชั้นเรียนซึ่งมีนักเรียนเป็นสำคัญนั้น

ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็น ควบคุมการจัดกิจกรรมให้ดำเนินไปอย่างเหมาะสม รู้จักการตั้งคำถามที่เหมาะสม รวมไปถึงการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะปฏิบัติกิจกรรม

ตอนที่ 3 การประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

แนวคิดในการประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การประเมินควรแสดงถึงความสามารถและการคิดของนักเรียนในการแสดงสาระสำคัญของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หลักฐานและร่องรอยเกี่ยวกับความสามารถและการคิดในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ

การประเมินผลกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะทำการประเมินในขอบข่ายใหญ่ๆ 2 ประการ คือ (1) การแสดงความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอนคือการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง (2) เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยเทคนิคสำหรับการประเมินความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะใช้การประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic assessment) เนื่องจากการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรม ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งลักษณะของการปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าวนี้ เทคนิคการประเมินที่เหมาะสมอย่างหนึ่งคือการประเมินผลจากสภาพจริง

การประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment)

กรมวิชาการ (2539: 11 - 62) ได้กล่าวถึงความหมาย หลักการที่จำเป็น ความเชื่อมั่น ความเที่ยงตรงและเครื่องมือที่ใช้ของการประเมินผลจากสภาพจริงไว้ดังต่อไปนี้

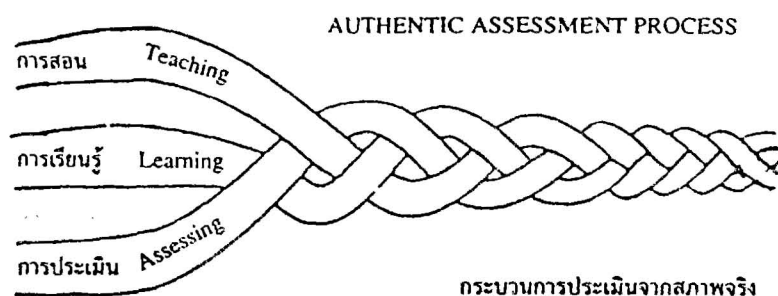
การประเมินผลจากสภาพจริงหมายถึงกระบวนการสังเกต การบันทึกและรวบรวมข้อมูลจากงานและวิธีการที่นักเรียนทำเพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจ ในการศึกษาถึงผลกระทบต่อนักเรียนเหล่านั้น การประเมินผลจากสภาพจริงจะไม่เน้นการประเมินเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่จะเน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการทำงานของนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติในสภาพจริง ในการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นผู้ค้นหาและผู้ผลิตความรู้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง รวมทั้งเน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อสนองจุดประสงค์ของหลักสูตรและความต้องการของสังคม

หลักการที่จำเป็นของการประเมินผลจากสภาพจริง

1. เป็นการประเมินความก้าวหน้าและการแสดงออกของนักเรียนแต่ละคน (มิใช่เปรียบเทียบกับกลุ่ม) บนรากฐานของทฤษฎีทางพฤติกรรมการเรียนรู้ และด้วยเครื่องมือประเมินที่หลากหลาย
2. ต้องมีรากฐานบนพัฒนาการและการเรียนรู้ทางสติปัญญาที่หลากหลาย
3. การประเมินผลจากสภาพจริงและการพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสมจะต้องจัดทำ ให้ส่งเสริมซึ่งกันและกัน คือจะต้องพัฒนามาจากบริบทที่มีรากฐานทางวัฒนธรรมที่นักเรียนอาศัยอยู่และจากบริบทที่ต้องเรียนรู้ให้ทันกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลก

4. ความรู้ในเนื้อหาสาระทั้งในทางกว้างและลึกจะนำไปสู่การพัฒนา ให้นักเรียนเรียนรู้มากขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้บรรลุเป้าหมาย สอนความต้องการและเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนอย่างเต็มที่

5. การเรียน การสอน การประเมิน จะต้องหลอมรวมกัน และการประเมินต้องประเมินต่อเนื่องตลอดเวลาที่ทำการเรียนการสอนโดยผู้เรียนมีส่วนร่วม



ภาพประกอบ 12 กระบวนการประเมินจากสภาพจริง

6. การเรียน การสอน การประเมิน เน้นการปฏิบัติจริงในสภาพที่สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับธรรมชาติ ความเป็นจริงของการดำเนินชีวิต / งาน / กิจกรรมการเรียนการสอน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดงานด้วยตนเอง

7. การเรียนการสอนจะต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาศักยภาพให้เต็มที่สูงสุดตามสภาพที่เป็นจริงของแต่ละบุคคล

ความเชื่อมั่นของการประเมินจากสภาพจริง

หมายถึงความสามารถในการให้คะแนนได้คงที่แม้จะสอบอีกครั้งด้วยข้อสอบเดิมหรือใกล้เคียงกัน วิกกิน (Wiggin) ได้เสนอวิธีการที่จะช่วยในการประเมินจากสภาพจริงมีความเชื่อมั่นดังนี้

1. ให้ครูผู้พฤติกรรมนักเรียนในเหตุการณ์ต่างๆ หลายๆ เหตุการณ์ ให้มีจำนวนมากเพียงพอจนเกิดความมั่นใจว่าการให้คะแนนนั้นเป็นตัวแทนของพฤติกรรมนักเรียนได้

2. ใช้วิธีตัดสินด้วยผู้ประเมินหลายคน (Multiple Judgement) คือให้ครู 2 คนให้คะแนนชิ้นงานเดียวกันว่ามีความคล้อยตามกันกี่เปอร์เซ็นต์ (เช่นตั้งแต่ 80 % ขึ้นไป)

ความเที่ยงตรงของการประเมินผลจากสภาพจริง

หมายถึงการประเมินนั้นได้วัดในสิ่งที่ต้องการวัดหรือตรงกับจุดประสงค์หรือไม่ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าคะแนนที่ได้จากการประเมินมีความหมายที่ชัดเจนและเหมาะสมกับจุดประสงค์และพฤติกรรมที่ต้องวัด โดยครูจะต้องกำหนดเกณฑ์ประเมินการแสดงออก กระบวนการและผลผลิตที่เชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับโครงการ / งาน / กิจกรรม ต่างๆ นั่นคือจะต้องเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างระดับคะแนนกับเป้าหมายของหลักสูตรนั้นเอง และหากครูได้ทำการประเมินการแสดงออก กระบวนการและผลผลิตของนักเรียน ในสถานการณ์ต่างๆ ที่หลากหลายจะช่วยให้เกิดความเที่ยงตรงมากขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลจากสภาพจริง มีวิธีการและเครื่องมือหลากหลายที่ใช้ในการประเมินผลจากสภาพจริง เช่น การสังเกต การบันทึกพฤติกรรม แบบสำรวจรายการ มาตราส่วนประมาณค่า

การสุ่มเวลา การสุ่มเหตุการณ์ การสัมภาษณ์ ในการวิจัยนี้จะใช้การสังเกตที่มีแบบสำรวจรายการเป็นเครื่องมือ และใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติม รายละเอียดจะได้กล่าวถึงต่อไป นอกจากนี้ยังมีการประเมินที่สามารถผสมผสานกับการประเมินจากสภาพจริง ซึ่งจะทำให้การประเมินจากสภาพจริง มีความหมายและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นคือการประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน

การประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment)

กรมวิชาการ (2539: 54 - 59) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนนว่าหมายถึงเครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียนโดยการสร้างแนวทางการให้คะแนน (Scoring guide) ซึ่งจะต้องกำหนดมาตราวัด(Scale)และรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตราวัดไว้อย่างชัดเจน การให้คะแนนของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกซึ่งจะเป็นการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จ หรือมีระดับความสำเร็จในขั้นต่างๆกันหรือมีผลงานเป็นอย่างไร มี 2 แบบคือ

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic Score) คือการให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดยดูภาพรวมของชิ้นงาน แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นชิ้นๆ การให้คะแนนนี้ได้หลายวิธีเช่น

1.1 การให้คะแนนโดยแบ่งตามคุณภาพของงานเป็น 3 กอง

1.2 การให้คะแนนโดยการกำหนดระดับของความผิดพลาดโดยพิจารณาจากความบกพร่องของคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด แล้วหักจากระดับคะแนนสูงสุดมาที่ระดับ

1.3 กำหนดระดับและคำอธิบาย เช่น เกณฑ์การให้คะแนนของความสามารถเข้าใจเนื้อหาสาระ 5 ระดับอาจเขียนได้ดังนี้

4 หมายถึง การสนิทหรือการแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องแม่นยำ ในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดรวมทั้งเสนอแนวคิดใหม่ที่แสดงถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงกฎเกณฑ์หรือลักษณะของข้อมูล

3 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงาน หรือสถานการณ์ที่กำหนด

2 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ ครบถ้วนและถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงาน หรือสถานการณ์ที่กำหนดในบางส่วน

1 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดน้อยมาก และเข้าใจไม่ถูกต้อง ในบางส่วน

0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใดๆ

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Score) เพื่อให้การมองคุณภาพของงานหรือความสามารถของนักเรียนเป็นไปอย่างชัดเจนจึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง

2.2 การสื่อความหมาย สื่อสาร

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี

2.4 ผลสำเร็จของงาน

โดยปกติระดับของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกจะต้องมีการพิจารณาว่าระดับใดจึงจะเป็นที่ยอมรับได้ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไปมีคำอธิบายถึงการแสดงออกที่ยอมรับได้ เพราะนักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องใน หลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงาน

หรือสถานการณ์ที่กำหนด นอกจากนี้ครูจะต้องให้นักเรียนทราบเกณฑ์การให้คะแนนเมื่อนักเรียนทำงานใดงานหนึ่ง เช่น ถ้างานนั้นได้รับการออกแบบให้สามารถวัดได้ 4 องค์ประกอบ ครูก็ต้องทำเกณฑ์การให้คะแนนของทั้ง 4 องค์ประกอบ ดังนั้นเมื่อครูกำหนดงานชิ้นมางานหนึ่งก็ต้องสร้างเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในการบรรลุสมรรถภาพที่อยู่ในงานนั้นๆ

กูตริช (Goodrich 1997: 14 - 17) กล่าวว่าเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการประเมินผลอย่างหนึ่ง ประกอบด้วยรายการของเกณฑ์สำหรับชิ้นของงานชิ้นหนึ่งๆ พร้อมการแบ่งลำดับของคุณภาพของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ จากมีคุณภาพมากที่สุดไปถึง ไม่มีคุณภาพ โดยกูตริชที่ได้ให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจึงเป็นสิ่งที่ชวนให้เป็นที่สนใจสำหรับครูและนักเรียนดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด เป็นเครื่องมือที่มีสมรรถภาพสูงสำหรับการสอนและเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดสามารถปรับปรุงการปฏิบัติของนักเรียนเสมอเหมือนกับการให้การตรวจตราของครูอย่างสม่ำเสมอ เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจะทำให้สิ่งที่ครูคาดหวังไว้มีความชัดเจนและแสดงให้เห็นให้นักเรียนเห็นว่าเขาจะไม่ถึงสิ่งที่ครูได้คาดหวังไว้มันได้อย่างไร ผลสัมฤทธิ์ที่นักเรียนได้รับซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคะแนนจะช่วยพัฒนาการทำงานและการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดคือ "การนิยามระดับของคุณภาพ"

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจะช่วยให้นักเรียนเป็นคนที่มีความละเอียดรอบคอบในการตัดสินใจคุณภาพงานของตนเองและของคนอื่นๆ นักเรียนจะมีความสามารถเพิ่มขึ้น ในการแก้ปัญหาที่ตนเองและที่คนอื่นทำ การได้ฝึกปฏิบัติซ้ำๆ ในการมองดูการประเมินผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการประเมินผลตนเอง จะเพิ่มสำนึกของนักเรียนเกี่ยวกับความรับผิดชอบต่องานของตนเองและลดจำนวนคำถามที่ว่า "ผมทำเสร็จแล้วหรือยังครับ"

3. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจะช่วยลดจำนวนของเวลาที่ครูใช้ในการประเมินงานของนักเรียน โดยครูมีแนวโน้มที่จะพบว่าในขณะที่นักเรียนประเมินชิ้นงานที่ตนเองทำตามแนวทางของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด นักเรียนจะมีคำพูดเหลือที่จะพูดน้อยมาก

4. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดเป็นสิ่งที่ง่ายต่อการใช้และการอธิบาย คริสเตียน ฮอลล์ (Christian Hall) ครูสอนนักเรียนเกรด 4 ในสหรัฐอเมริกาได้สะท้อนการตอบสนองของนักเรียนและผู้ปกครองในการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดของเธอว่า "นักเรียนสามารถพูดได้อย่างชัดเจนว่าอะไรที่เขาได้เรียนรู้ไปและเมื่อสิ้นปี ครูสามารถประเมินผลนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง ในส่วนของผู้ปกครองนั้น พวกเขาจะรู้อย่างชัดเจนว่าอะไรที่เด็กๆ ต้องการทำให้ไปสู่การประสบความสำเร็จ"

พอบแฮม (Popham. 1997: 72 - 75) ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดว่าหมายถึงการแนะนำการให้คะแนนเพื่อใช้สำหรับประเมินคุณภาพของการตอบสนองของนักเรียน โดยเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญคือ เกณฑ์ การนิยามคุณภาพ และยุทธวิธีการให้คะแนน ซึ่งอาจเป็นวิธีการให้คะแนนแบบเป็นภาพรวม หรือการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ อย่างใดอย่างหนึ่งโดยการให้คะแนนแบบเป็นภาพรวม ผู้ให้คะแนนจะนำทุกเกณฑ์มาพิจารณา โดยรวมเข้าเป็นหน่วยเดียวกันแล้วตัดสินคุณภาพทั้งหมดส่วนการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบนั้น ผู้ให้คะแนนจะแสดงคะแนนของเกณฑ์ต่างๆ และในตอนท้ายอาจารย์จะคะแนนให้เป็นหน่วยเดียวกันหรือไม่รวมก็ได้ นอกจากนี้พอบแฮมยังได้กล่าวถึงบทบาทของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดไว้ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดจะไม่ค่อยใช้เพื่อตัดสินการตอบสนองของนักเรียน ในการทดสอบที่มีการตอบสั้นๆ แต่จะใช้เพื่อตัดสินการตอบสนองของนักเรียนในแบบทดสอบที่แสดงการกระทำ

2. โดยทั่วไปนักการศึกษาจะใช้การทดสอบของการปฏิบัติเมื่อต้องการพิจารณาว่า นักเรียนมีทักษะ อยู่ในระดับใด ถ้านักเรียนทำการทดสอบภาคปฏิบัติได้ดี แสดงว่านักเรียนมีความรู้และมีทักษะในการนำไปปฏิบัติได้ดี

ในการสุ่มตัวอย่างพบสมควรได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบ รูปรีดไว้ดังนี้

1. เกณฑ์ต่างๆ ควรเป็นสิ่งที่เกี่ยวกับการสอนซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่ตรงประเด็นที่สุดของ เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด
2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดไม่ควรมีเกณฑ์มากเกินไปกว่าที่ควรจะเป็น (ควรมีประมาณ 3 – 5 เกณฑ์) หรือเป็นเกณฑ์ที่ไม่มีจุดหมายที่แน่นอน
3. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดไม่ควรมีความยาวมากเกินไป
4. เกณฑ์แต่ละเกณฑ์ต้องแทนคุณสมบัติที่สำคัญของทักษะที่จะถูกประเมิน
5. ผู้ทำการประเมินต้องเข้าใจว่าแบบทดสอบที่แสดงการกระทำนั้นเป็นเพียงตัวแทนของ ทักษะ ไม่ใช่เป็นตัวของทักษะ ดังนั้นการสอนจึงต้องมุ่งไปที่ทักษะไม่ใช่สอนเพื่อมุ่งไปสู่การทดสอบ

คูนี (Cooney, 1999: unpaged) ได้ให้ความหมายของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดว่าหมายถึง แนวทางการให้คะแนน โดยการกำหนดเกณฑ์ให้กับแต่ละส่วนของงานและกำหนดระดับของคุณภาพสำหรับเกณฑ์ แต่ละเกณฑ์ และคูนีได้กล่าวถึงข้อดีของการใช้การประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนไว้ดังนี้

1. เป็นการประเมินที่จะช่วยให้ครูได้มุ่งประเด็นไปที่อะไรที่นักเรียนรู้และอะไรที่นักเรียนสามารถทำได้
2. เป็นการประเมินที่ทำให้การให้เกรดมีความลงเล่นลง
3. เป็นการประเมินที่ทำให้นักเรียนเข้าใจครูอย่างชัดเจนว่าครูคาดหวังอะไร

นอกจากนี้ยังได้กำหนดระดับของคุณภาพสำหรับเกณฑ์แต่ละเกณฑ์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังนี้

- 3 หมายถึง คำตอบถูกต้องมีการบวนการของการให้เหตุผลมีความเหมาะสมและสามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจน
- 2 หมายถึง คำตอบแสดงถึงสาระสำคัญและการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมแต่ขาดวิธีการบางอย่าง
- 1 หมายถึง คำตอบแสดงถึงการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมบางอย่างแต่ล้มเหลวในการกล่าวถึงแนวคิด เชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นหัวข้อหลัก

0 หมายถึง คำตอบแสดงถึงการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดซึ่งใช้ยุทธวิธีการให้คะแนนแบบแยก องค์ประกอบ สำหรับใช้กับกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดที่พัฒนาขึ้น จะนำไปใช้ประเมินความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในแต่ละขั้นตอน

การศึกษาการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การเขียนรายงานของนักเรียน โลวิทท์ (Lovitt, 1991: 2) กล่าวถึงการสื่อสารผลลัพธ์ว่า การเขียนคำตอบง่ายๆ ไม่ได้ช่วยอะไรกับผู้อ่าน ในการศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ส่วนมากการนำเสนอที่ดีที่สุดอยู่ในรูปแบบของการรายงานหรือเรื่องราวของการศึกษาของนักเรียน ให้ นักเรียนเขียนรายละเอียดการคิดของนักเรียนลงไปทั้งหมด แม้ว่าสิ่งนั้นจะนำไปสู่ทิศทางที่ผิดก็ตาม นอกจากนี้แรนดอลล์และคณะ (Randall, et al. 1987: 29) ได้กล่าวเกี่ยวกับการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนว่า ใน การประเมินผลการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการต่างๆ 3 วิธีคือ (1) การให้คะแนนโดยการวิเคราะห์ (2) การให้คะแนน แบบองค์รวม (3) การให้คะแนนจากความประทับใจ ความสำเร็จของการประเมินแต่ละวิธีนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ ได้จากนักเรียน ซึ่งบันทึกผลการคิดไว้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากกาวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียน

บางอย่างเป็นอิสระจากการสังเกต จึงจำเป็นต้องนำมาประกอบเสริมกับการสังเกตและการถามคำถามหรือรวบรวมข้อมูลการประเมินอื่นๆจากนักเรียนเพื่อนำมาสร้างข้อวินิจฉัยในการแก้ปัญหาของนักเรียน

มัทซูดะ (Matsuda, 2000 : 216) ได้ศึกษาประโยชน์ของการเขียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีทฤษฎะนำการเขียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ไปใช้ ใน 2 ระยะของการเรียนการสอนคือ ระยะแรกได้แก่การเขียนในกระบวนการของการเรียนการสอนในชั้นเรียน ระยะที่สองได้แก่การเขียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยแต่ละระยะยังแบ่งออกเป็น 3 เป้าหมายของการเขียนคือ (1) เมื่อไรจึงจะเรียกว่าการเขียนนั้นเป็นการเขียนในระหว่างการเรียนการสอน (การนำเสนอปัญหา การแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล การอภิปรายร่วมกันทั้งชั้น และการสรุปรวม) (2) จะเป็นการเขียนเกี่ยวกับอะไร (วิธีคิด ความรู้สึก และการรู้ในสิ่งที่คิด (Metacognition)) (3) จะเขียนให้ใคร (ให้ตนเอง ให้ครู) นอกจากนี้มัทซูดะยังได้กล่าวต่อไปอีกว่าการเขียนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการคิด นักเรียนจะสามารถรู้จักและมองย้อนกลับถึงการคิดของตนเองได้โดยผ่านการเขียน นักเรียนสามารถนำเสนอกระบวนการของการคิดได้โดยใช้ภาษาของตนเอง ยิ่งไปกว่านั้นการเขียนจะทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะพบกับความคิดใหม่ๆ อีกด้วย และโดยผ่านการเขียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์นักเรียนจะสามารถสื่อสารได้ทั้งกับตัวเอง เพื่อนๆ และกับครู การเขียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นบทบาทที่สำคัญที่จะทำให้การสื่อสารในชั้นเรียนสามารถทำได้ง่ายขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นในระยะยาว การเขียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ จะมีผลสะท้อนในทางบวกเกี่ยวกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์อีกด้วย

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนเขียนรายงานผลของการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทุกครั้ง โดยลักษณะของรายงานจะเป็นของกลุ่มที่สมาชิกทุกคนได้ร่วมกันสรุปผลหลังจากปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว เขียนลงในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนามานั้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความสามารถ

การสังเกต เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการประเมินผลจากสภาพจริงอย่างหนึ่ง โดยการสังเกตจะใช้ประเมินการแสดงออกและกระบวนการที่นักเรียนใช้ในการทำกิจกรรม ทำให้ครูสามารถทราบพฤติกรรมของนักเรียนเป็นรายบุคคล และโดยการศึกษาข้อมูลจากการสังเกตครูสามารถนำไปสรุปเป็นความคิดเห็นเกี่ยวกับนักเรียนได้ การสังเกตมี 2 วิธีคือ

1. การสังเกตอย่างไม่ตั้งใจ เป็นการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเมื่อครูอยู่ท่ามกลางกลุ่มนักเรียนที่กำลังทำงานและกิจกรรมต่างๆ ครูจะต้องสังเกตการเคลื่อนไหวของนักเรียน ดูท่าทางการเดิน ความร่วมมือ ความคล่องแคล่ว ความอดทน การใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน การสังเกตดังกล่าวจะช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่าที่จะรู้ว่่านักเรียนแต่ละคนทำอะไร

2. การสังเกตแบบตั้งใจ มีจุดเน้นที่จะสังเกตโดยครูมีแบบฟอร์มที่ได้เตรียมไว้แล้ว เช่น แบบสำรวจรายการ แบบมาตราส่วนประมาณค่าและการบันทึกพฤติกรรมเป็นต้น (กรมวิชาการ, 2539: 39 - 43)

ในมุมมองของการวิจัยเชิงคุณภาพโดยสุมังค์ จันทวานิช (2540: 44 - 48) กล่าวว่า การสังเกตเป็นวิธีการเบื้องต้น ในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมของบุคคลโดยอาศัยประสาทสัมผัส (Sensation) ของผู้สังเกตโดยตรงและมักจะใช้การสังเกตควบคู่ไปกับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลอื่นๆด้วย จุดเด่นที่สำคัญของการสังเกตก็คือทำให้รู้พฤติกรรมที่แสดงออกเป็นธรรมชาติ เป็นข้อมูลโดยตรงตามสภาพความเป็นจริง จัดเป็นข้อมูลแบบปฐมภูมิซึ่งมีความน่าเชื่อถือมาก การสังเกตซ้ำๆ ในเหตุการณ์เดียวกัน ประกอบการซักถามและตรวจสอบต่างๆ ทำให้การสังเกตเป็นประโยชน์ ในการวิจัยมากที่สุด

เพลโต (Plato. 1970) ได้ระบุถึงประโยชน์ของการสังเกตไว้ดังนี้

1. การสังเกตช่วยให้การวิจัยบรรลุจุดมุ่งหมาย
2. การสังเกตเป็นวิธีการที่สามารถวางแผนเตรียมการสังเกตได้อย่างเป็นระบบ
3. การสังเกตมีการจัดบันทึกเรื่องราวอย่างมีระเบียบ ซึ่งอาจนำไปพิสูจน์ ข้อสมมติฐานต่าง ๆ ได้
4. การสังเกต ตรวจสอบ ควบคุมความถูกต้องและความเชื่อถือได้

แบบสำรวจรายการ (Checklist)

เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการบันทึกข้อมูลการสังเกตแบบตั้งใจอย่างเป็นระบบชนิดหนึ่ง โดยแบบสำรวจรายการจะช่วยในการบันทึกแบบตั้งใจที่จะดูพฤติกรรม หรือการเรียนรู้ของนักเรียนว่าเกิดขึ้นหรือไม่ องค์ประกอบของแบบสำรวจรายการ ได้แก่ คุณลักษณะ ทักษะ ความสนใจและพฤติกรรมที่มุ่งหวังตามผลของการเรียนรู้ในแต่ละระดับ แบบสำรวจรายการ จะใช้ในการประเมินการแสดงผลออก กระบวนการและผลผลิตของนักเรียน แบบสำรวจรายการที่ดีจะช่วยให้คุณสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน นอกจากนี้ยังช่วยให้ครูประเมินอย่างลึกซึ้งเฉพาะนักเรียนบางคนได้ โดยทั่วไปแบบสำรวจรายการ จะใช้กับนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย ๆ จำนวน 4 - 5 คน ในแต่ละวัน เพราะหากสังเกตทั้งชั้นในวันเดียวย่อมจะดูไม่ทั่วถึง นอกจากนี้ในการรายงานความก้าวหน้าของนักเรียน การประเมินความก้าวหน้าของชั้นเรียน ในโครงการบางอย่าง การประเมินโดยใช้แบบสำรวจรายการ แบบเป็นกลุ่มจะใช้ได้ดี (กรมวิชาการ. 2539: 43 - 48)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้การสังเกตแบบตั้งใจที่มีแบบสำรวจรายการเป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินการแสดงผลออกของนักเรียนตามขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยการสังเกตจะกระทำกับนักเรียน 1 กลุ่มย่อย สำหรับปฏิบัติกิจกรรม 1 ครั้ง หมุนเวียนกันไป

การสัมภาษณ์

สุภางค์ จันทวานิช (2540: 74 - 103) ได้กล่าวถึงการสัมภาษณ์ว่า เป็นรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ถามและผู้ตอบภายใต้กฎเกณฑ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลและเป็นการสนทนอย่างมีจุดมุ่งหมายเป็นหลัก โดยลักษณะที่สำคัญของการสัมภาษณ์คือ การมีความยืดหยุ่น และการสามารถสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้ตอบได้ การสัมภาษณ์แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและการสัมภาษณ์แบบไม่มีทางการ โดยการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างหรือการสัมภาษณ์อย่างเป็นทางการเป็นการสัมภาษณ์ที่มีคำถามและข้อกำหนดตายตัว จะสัมภาษณ์ผู้ใดก็ใช้คำถามแบบเดียวกัน มีลำดับขั้นตอนเรียงเหมือนกัน การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างมักทำในเงื่อนไขที่หลากหลายเช่น ทำเมื่อผู้วิจัยต้องการข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างบุคคลเป็นจำนวนมาก

ขั้นตอนการสัมภาษณ์ (1) การเตรียมการสัมภาษณ์ ได้แก่ การเลือกกลุ่มตัวอย่าง เตรียมงานขั้นต้นเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่าง วางแผนการสัมภาษณ์ ซ้อมสัมภาษณ์บุคคลอื่นที่มีผู้ตอบเพื่อจะได้แก้ไขคำถามให้สมบูรณ์ เตรียมอุปกรณ์จัดบันทึก และการนัดหมายกับผู้ตอบ (2) ขั้นเริ่มการสัมภาษณ์ ได้แก่ การแนะนำตัวเอง สร้างบรรยากาศให้มีความเป็นกันเอง บอกวัตถุประสงค์ การจัดบันทึกหรือใช้เครื่องบันทึกเสียงต้องแจ้งให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ พุทธยอุณเครื่องก่อนสัมภาษณ์จริง (3) ขั้นสัมภาษณ์ ได้แก่ ใช้คำถามที่เตรียมไว้ล่วงหน้าเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์ ตั้งใจฟังและป้อนคำถามในจังหวะที่เหมาะสม ใช้ภาษาที่สุภาพและเข้าใจง่าย (4) ขั้นบันทึกข้อมูลและสิ้นสุดการสัมภาษณ์ ได้แก่ จัดบันทึกตามความเป็นจริงและจดเฉพาะใจความสำคัญไว้ทำบันทึกการสัมภาษณ์ให้สมบูรณ์หลังจากการสัมภาษณ์เสร็จสิ้นทันที รวบรวมข้อมูลและเอกสารต่าง ๆ ที่ได้จากการสัมภาษณ์แนบไว้กับบันทึกการสัมภาษณ์

การบันทึกคำตอบ ในการบันทึกคำตอบจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยมีโอกาสเลือกได้ 3 วิธีคือ (1) ใช้แถบบันทึกเสียงช่วย (2) บันทึกการสัมภาษณ์ในขณะที่สัมภาษณ์และเขียนรายละเอียดภายหลัง (3) บันทึกหลังจากสัมภาษณ์สิ้นสุด

การใช้แบบสัมภาษณ์และการตั้งคำถาม ในการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างจะต้องมีแบบสัมภาษณ์เป็นแนวทางซึ่งมีลักษณะดังนี้ (1) ระบุคำถามให้ชัดเจน (2) ตามตามลำดับคำถามที่ระบุไว้ในแบบสัมภาษณ์ (3) คำถามควรเป็นข้อความง่าย ๆ (4) อย่าใช้คำถามนำ (5) ถ้าผู้ให้สัมภาษณ์ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคำถามผิด สามารถเปลี่ยนแปลงถ้อยคำในคำถามได้เพียงเล็กน้อย (6) ควรเรียงคำถามให้มีลักษณะติดต่อกันเป็นลูกโซ่ (7) อย่าใส่คำตอบลงไปเอง

ชนิดของคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ในการร่างคำถามในแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยอาจทำได้ 2 แบบคือ ตั้งคำถามแบบปลายเปิด และแบบปลายปิด โดยแต่ละแบบมีข้อดีแตกต่างกันดังนี้ คำถามแบบปลายเปิดมีข้อดีคือ (1) ได้คำตอบในแง่ต่างๆ อย่างหลากหลาย (2) ผู้ตอบสามารถตอบได้ละเอียดตรงกับความต้องการของผู้ตอบอย่างแท้จริง (3) สำหรับปัญหาที่ซับซ้อนและค่อนข้างลึกซึ้ง คำถามแบบปลายเปิดจะให้คำตอบที่ดีกว่า ส่วนคำถามแบบปลายปิดมีข้อดีดังนี้ (1) ได้คำตอบจากทุกคนในมาตรฐานเดียวกัน (2) ผู้ตอบสามารถเข้าใจคำถามได้ดีกว่าแบบปลายเปิด (3) ได้รับคำตอบครบถ้วนและตรงตามความต้องการ

ข้อดีของการสัมภาษณ์ (1) สามารถทำความเข้าใจในข้อมูลได้ตรงกันระหว่างผู้สัมภาษณ์กับผู้ถูกสัมภาษณ์ (2) ใช้ได้กับบุคคลทุกระดับการศึกษา (3) มีลักษณะยืดหยุ่นได้มาก (4) สามารถสังเกตประกอบการสัมภาษณ์ไปด้วยได้

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ข้อคำถามมีทั้งปลายเปิดและปลายปิด การสัมภาษณ์จะกระทำหลังจากตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียนทุก ๆ กลุ่มเรียบร้อยแล้ว โดยจะใช้การสัมภาษณ์ประกอบการศึกษาความสามารถของนักเรียนในกรณีที่การตรวจให้คะแนนรายงานของครูอาสาสมัครกับผู้วิจัยไม่สอดคล้องกันและจำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม ส่วนการใช้การสัมภาษณ์เพื่อศึกษาการคิดของนักเรียนนั้น จะใช้ในกรณีที่พบว่ารายงานของนักเรียนแสดงการคิดที่น่าสนใจแตกต่างไปจากกลุ่มอื่นๆ โดยไม่คำนึงว่าการคิดนั้นจะนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกหรือผิด

เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้น นอกเหนือไปจากปัจจัยภายนอกตัวของนักเรียนซึ่งมีอยู่มากมายหลายประการแล้ว ยังมีปัจจัยภายในตัวผู้เรียนซึ่งเป็นปัจจัยเชิงจิตวิทยาอีกหลายอย่างที่ เป็นได้ทั้งตัวเสริมหรือชะลออัตราการเรียนรู้ ซึ่งจะส่งผลกระทบไปถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน โดยปัจจัยภายในที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีถูกกล่าวถึงอยู่เสมอคือเจตคติ

เจตคติ เป็นเรื่องของความรู้สึกทั้งที่พอใจและไม่พอใจที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลทำให้แต่ละคนสนองตอบต่อสิ่งเร้าแตกต่างกันไป โดยเจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากสาเหตุหลายประการเช่น เกิดจากประสบการณ์ของบุคคลนั้นโดยตรง หรืออาจเกิดจากการรับถ่ายทอดจากเจตคติที่มีอยู่แล้ว เป็นต้น (พหรณี ช.เจนจิต. 2538: 543) ส่วน กูด (Good. 1963: 1) ฮิลการ์ด (Hillgard. 1967) เทอร์สโตน (Thurstone. 1967: 77) ได้กล่าวถึงเจตคติในทำนองคล้ายกันว่า เจตคติหมายถึง ทำที่ ความคิดเห็น ความรู้สึก ของบุคคลต่อสิ่งใดหนึ่ง หลังจากที่ถูกบุคคลได้รับประสบการณ์ในสิ่งนั้น ซึ่งแสดงออกในลักษณะที่เอนเอียงไปในทางใดทางหนึ่ง เช่น รักเกลียด พอใจ หรือไม่พอใจ และพร้อมที่จะเอนเอียงไปในลักษณะเดิมเมื่อประสบกับสิ่งนั้นอีก และเนื่องจากเจตคติอาจเกิดขึ้นจากการได้รับประสบการณ์หรือการเรียนรู้

ดังนั้นเจตคติจึงเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยภายหลังจากบุคคลได้รับประสบการณ์หรือการเรียนรู้อาจส่งผลให้เจตคติของบุคคลที่มีต่อเรื่องที่ได้นั้นดีขึ้นหรือเลวลงกว่าที่เป็นอยู่เดิมก็ได้ (Zellman & Sear. 1971: 27, 109 - 136)

การวัดเจตคติ เจตคติเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ ดังตัวอย่างงานวิจัยของเตซา นุ่นพันธ์ (2525:43) ที่พบว่าการสอนโดยใช้กระบวนการกลุ่มสัมพันธ์จะส่งผลต่อเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ หรืองานวิจัยของสมพร แผลงภู (2541: 117) เรื่อง “การพัฒนารูปแบบเพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ” ที่พบว่าเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และงานวิจัยของปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : 124) เรื่อง “กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีเจตคติหลังเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี เป็นต้น ซึ่งหากเราสามารถทราบเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นเช่นไร หลังจากได้รับประสบการณ์จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัดให้ ก็จะทำให้ครูสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนยิ่งขึ้นต่อไป

จากการศึกษาเรื่องเจตคติข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หมายถึงความรู้สึก ความคิดเห็นและท่าทีของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลังจากได้รับประสบการณ์จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยกิจกรรมดังกล่าวจะเป็นตัวกระตุ้น ให้นักเรียนแสดงความรู้สึก หรือความคิดเห็นหรือท่าทีของตนเองที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ในทางใดทางหนึ่ง หรือในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สามารถกำหนดกรอบความคิดในการประเมินความสามารถและศึกษาการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตลอดจนทำการศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยมีเครื่องมือและขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

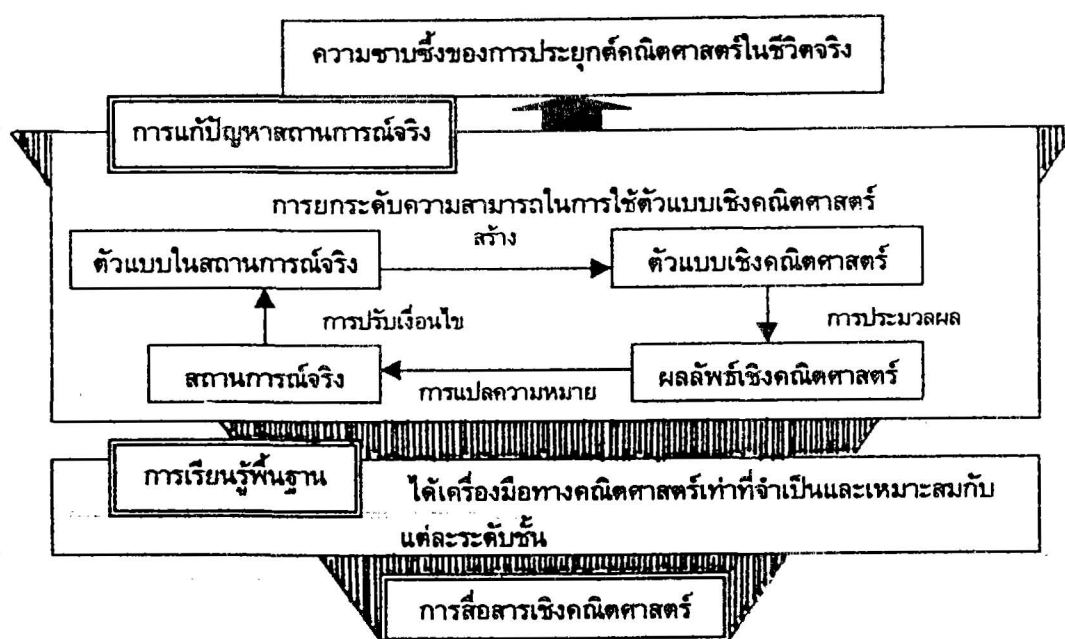
ตาราง 2 รายการที่ประเมิน / ศึกษา เครื่องมือที่ใช้และขั้นตอนที่ใช้เครื่องมือในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

รายการที่ประเมิน / ศึกษา	เครื่องมือที่ใช้	ขั้นตอนที่ใช้
1. ความสามารถในการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	1. แผนการสอนสำหรับกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	- ก่อนและระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม
	2. เอกสารสำหรับครู	- ก่อนและระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม
	3. แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมและการประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค	- ระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม (เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีคใช้ตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียน)
	4. แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	- หลังการตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียน
	5. แบบสำรวจรายการ	- ใช้บันทึกการสังเกตขณะปฏิบัติกิจกรรม
	6. แบบบันทึกการสัมภาษณ์	- หลังการตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียน
2. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์	1. แบบวัดเจตคติ	- หลังการทดลอง

ตอนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการประชุมนานาชาติทางด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ครั้งที่ 9 (ICME 9: The 9th International Congress on Mathematical Education) มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจหลายเรื่องดังต่อไปนี้

คิตาซาวาและคณะ (Kitazawa, et al.2000: 86) คณะครูจากโรงเรียนนาไกโนซึ่งเป็นโรงเรียนสาธิตระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของมหาวิทยาลัยชินชู ในประเทศญี่ปุ่นได้นำเสนอการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาหลักสูตรเพื่อยกระดับความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์” โดยคิตาซาวาและคณะกล่าวว่าจากการวัดผลและประเมินผลนานาชาติ ครั้งที่ 3 (IEA 3) พบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของญี่ปุ่นมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางลบแม้จะสอบได้คะแนนสูงก็ตาม คิตาซาวาและคณะสรุปว่าสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะนักเรียนไม่มีความซาบซึ้งในการประยุกต์คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ดังนั้นเพื่อพัฒนาความซาบซึ้งในเรื่องดังกล่าวคิตาซาวาและคณะจึงได้สร้างกรอบของการพัฒนาหลักสูตรซึ่งมุ่งเน้นไปที่การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ดังแผนภาพ



ภาพประกอบ 13 แสดงกรอบของการพัฒนาหลักสูตรที่มุ่งเน้นไปที่การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากภาพกรอบของการพัฒนาหลักสูตรประกอบด้วยกิจกรรม 3 ชนิด ได้แก่การเรียนรู้พื้นฐาน การแก้ปัญหาสถานการณ์จริง และการสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์ การเรียนรู้พื้นฐานจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในลักษณะของการฝึกฝนซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนได้ “เครื่องมือทางคณิตศาสตร์” ที่จำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน กิจกรรมการแก้ปัญหาสถานการณ์จริงจะเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ ในฐานะของตัวแบบซึ่งจะยกระดับความสามารถของนักเรียนไปสู่การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ที่เรียนในชั้นเรียน สำหรับกิจกรรมสุดท้าย

คือกิจกรรมการสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์นั้นจะใช้เป็นกิจกรรมสนับสนุนกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐานกับกิจกรรมการแก้ปัญหาสถานการณ์จริง ผลของการศึกษาของดิคาซาวาและคณะ ในครั้งนี้ได้พัฒนาเป็นหลักสูตรและได้เริ่มใช้หลักสูตรนี้แล้ว

แวงและยี่ (Wang and Ye. 2000: 124 - 125) ได้ร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในประเทศสาธารณประชาธิปไตยประชาชนจีนโดยการนำเสนอกิจกรรมการแข่งขันในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กิจกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1. ให้ปัญหาประยุกต์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาปลายเปิดกับนักเรียน โดยให้เวลา 3 วันในการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถนำปัญหากลับไปศึกษาที่บ้าน ใช้เครื่องมือและเอกสารอ้างอิงต่างๆ ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งในการดำเนินการดังกล่าว แวงและยี่พบว่านักเรียนสนุกสานกับปัญหานิดนี้มาก
2. ให้นักเรียนเขียนปัญหาจากชีวิตจริงของนักเรียนที่ต้องการค้นหาคำตอบ จากนั้นจึงให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความรู้จากวิชาอื่นๆ ตลอดจนวิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา
3. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบปัญหาคณิตศาสตร์ประยุกต์

ผลของการจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนให้ความสนใจและสนุกกับการได้ทำกิจกรรมดังกล่าว

คิโนชิตะ (Kinoshita. 2000: 3) จากมหาวิทยาลัยโตเกียว กาคุจิ ได้ทำการศึกษาเรื่องการแก้ปัญหาสถานการณ์จริงกับเครื่องคำนวณเชิงกราฟ ในประเด็นปัญหาว่า "ท่านจะติดตั้งดวงไฟส่องสว่างที่ใด" โดยทำการทดลองกับนักเรียนเกรด 10 กิจกรรมหนึ่ง คือ "ปัญหาแสงสว่าง" กิจกรรมนี้ต้องการคำอธิบายในเรื่องของระยะของดวงไฟที่ติดตั้งบนเพดาน เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความสว่างของแสงเทียบกับระยะทางโดยการใช้เครื่องอิลลูมินิเมตร จากนั้นจึงระบุความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างความเข้มของแสงกับระยะทางด้วยการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ ผลการวิจัยพบว่าตั้งแต่กิจกรรมแรกถึงกิจกรรมสุดท้าย นักเรียนสามารถแก้ปัญหาแม้จะไม่มีความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์บางอย่างที่จำเป็นและกิจกรรมเหล่านี้จะช่วยให้นักเรียนรู้ว่าคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหารอบๆ ตัวเขาและเครื่องคำนวณเชิงกราฟจะช่วยเสริมความรู้ที่ขาดหายไปและช่วยการคิดของนักเรียน

นอกเหนือจากงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมนานาชาติทางด้านคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 9 ณ ประเทศญี่ปุ่น ในระหว่างวันที่ 31 ก.ค. - 6 ส.ค. 2544 ดังที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีโครงการหรือหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ ในประเทศยุโรปและอเมริกาหลายประเทศเช่นหลักสูตรซิมส์ (SIMMS: Systemic Initiative for Montana Mathematics and Science) (The SIMMS curriculum. 1997: 1 - 2) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่เป็นผลมาจากมาตรฐานหลักสูตรคณิตศาสตร์ของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM) สร้างขึ้นสำหรับนักเรียนเกรด 9 - 12 เป็นการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษา การสำรวจ การสร้างตัวแบบและการคำนวณ หลักสูตรกำหนดให้นักเรียนต้องมีความรู้ในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งรวมไปถึงการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ โปรแกรมสเปรดชีต โปรแกรมสำเร็จรูปทางเรขาคณิต สถิติ และเวิร์คโปรเซสเซอร์ โดยหลักสูตรประกอบด้วยชุดการเรียนจำนวน 90 ชุดการเรียน แบ่งเป็น 6 ระดับๆ ละ 15 ชุดการเรียน ระดับที่ 1 สำหรับนักเรียนเกรด 9 ระดับ 2 สำหรับนักเรียนเกรด 10 ระดับ 3 และระดับ 4 สำหรับนักเรียนเกรด 11 และระดับ 5 กับระดับ 6 สำหรับนักเรียนเกรด 12 ชุดการสอนแต่ละชุด ใช้เวลา 2-3 สัปดาห์ สำหรับการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามปกติ โดย 1 คาบการเรียน ใช้เวลา 45 - 60 นาที ผลของการใช้หลักสูตร สะท้อนออกมาจากผู้ให้ทั้งนักเรียนและครูอย่างหลากหลาย เช่น มาร์เซลลา มาร์ติน (Marcella Martin) ซึ่งเป็นครูคณิตศาสตร์กล่าวว่า "นักเรียนจำนวนมากในชั้นเรียนเกลียดวิชาคณิตศาสตร์

เนื่องจากไม่มีนักเรียนคนใดที่แสดงออกว่าตัวเขาต้องการเรียนคณิตศาสตร์ แต่จากการใช้หลักสูตรซิมส์ มาร์เชลลาเชื่อว่านักเรียนของเขามีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังชอบหรือรักคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย" ส่วนลิวีต อาร์โนลด์คัสเซน (Stuart Arnoldussen) ซึ่งเป็นนักเรียนได้กล่าวถึงหลักสูตรซิมส์ว่า "การทำงานเป็นกลุ่มนั้นดีกว่าที่จะทำงานคนเดียวเพราะถ้าเราเข้าใจผิด สมาชิกในกลุ่มคนใดคนหนึ่งจะสามารถช่วยแก้ไขได้ และในทางตรงกันข้าม ถ้ามีคนอื่นๆ ต้องการความช่วยเหลือเราก็สามารถจะให้ความช่วยเหลือเขาได้ ซึ่งโดยแท้จริงแล้วการทำงานเป็นกลุ่มก็เปรียบได้กับการทำงาน ในชีวิตจริงนั่นเอง" และเจค เบนส์ (Jake Benes) นักเรียนอีกคนหนึ่งก็กล่าวถึงหลักสูตรซิมส์ว่า "เทคโนโลยีช่วยเขาได้มาก เทคโนโลยีจะช่วยทำให้หลายสิ่งง่ายลงและทำให้สามารถมองได้ชัดเจน นอกจากนั้นเทคโนโลยียังช่วยประหยัดเวลาในการทำงานให้น้อยลงทำให้เราสามารถนำเวลาไปใช้กับทฤษฎีบทหรือมโนคติได้มากขึ้น"

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM) ซึ่งได้เล็งเห็นความสำคัญของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จึงได้พัฒนาหลักสูตรที่ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาขึ้น ชื่อ "Mathematical Modeling in the Secondary School Curriculum" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ครูนำไปใช้เป็นแนวทางในการนำตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษา หลักสูตรประกอบด้วยสถานการณ์จริงจำนวน 22 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะระบุว่าเหมาะสมกับรายวิชาใด และมีมโนคติที่เกี่ยวข้อง โดยสถานการณ์จริงทั้ง 22 สถานการณ์ดังกล่าว ผ่านการทดสอบจากครูในระดับมัธยมศึกษาแล้วโดยการนำไปใช้กับนักเรียนและนักเรียนประสบความสำเร็จในการอธิบายมโนคติและวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ในแต่ละสถานการณ์จะมีคำแนะนำสำหรับครูเพื่อให้ครูสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับดังนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน
2. การรอบความคิดสำหรับการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. การทดลองภาคสนามและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวม และวิเคราะห์เอกสารตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ดังนี้

1 เอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อให้ทราบถึงกรอบเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และมโนทัศน์ที่สำคัญต่าง ๆ และได้นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของแนวทางในการพิจารณาเลือกสถานการณ์จริงที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรม

2 เอกสาร ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในกรณีทั่วไป การศึกษาสถานการณ์จริงโดยใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน พร้อมทั้งการวัดและการประเมินผล โดยมีเป้าหมายสำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ รวมไปถึงเพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างกรอบของความคิดเกี่ยวกับการประเมินผลการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การรอบความคิดสำหรับการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากการศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร ตำรา บทความ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบความคิดสำหรับการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ภายใต้การให้คำแนะนำและการกำกับดูแลของคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

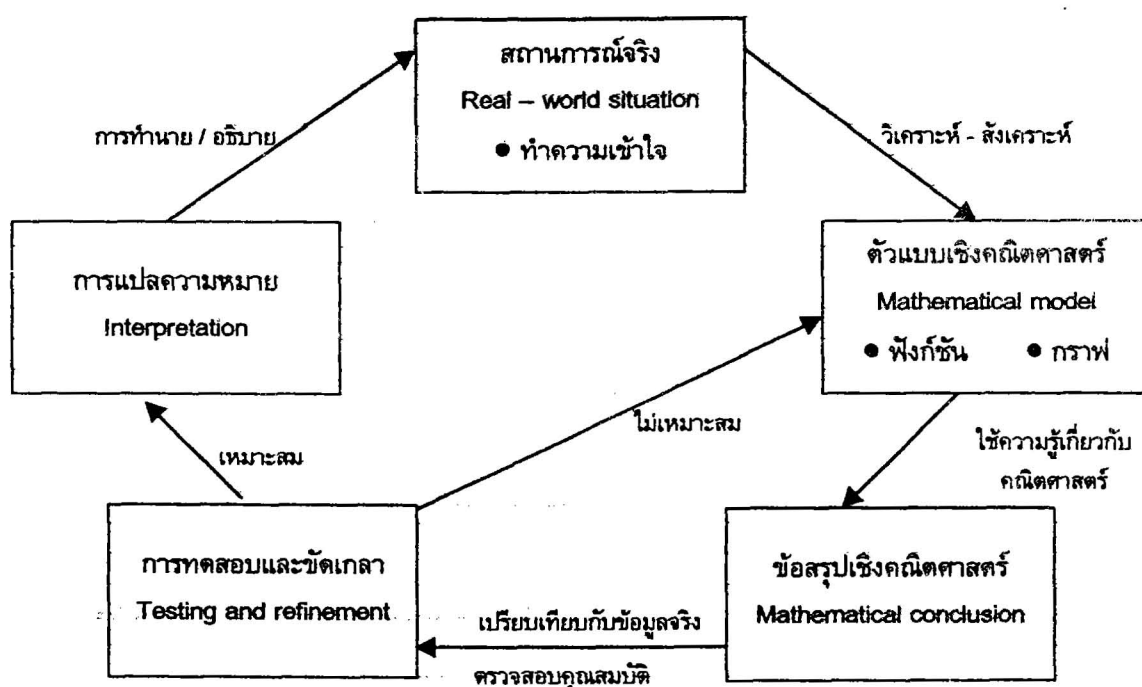
1. กระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
2. รูปแบบการจัดกิจกรรม
3. แผนการจัดกิจกรรม
4. หลักการคัดเลือกสถานการณ์จริง
5. การประเมินผล

กระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

จากแนวคิดของสเวทซ์และฮาร์ตเลอร์ (Swetz & Hartler, 1991 : 6) อิงลิช (English, 1999 : 118- 129) คอสซี่ (Dossey, 1996 : 275 - 276) เคอร์รี่ จูเนียร์ และมาคิ (Kerry, Jr. & Maki, 1979 : 1 - 7) และคอมเบอร์ (Comber, 1999 : 1) ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ 5 ขั้นตอนคือ

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

ทั้ง 5 ขั้นตอนมีลักษณะเป็นวงจร แสดงดังแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแสดงกระบวนการของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยใช้แนวคิดของคอสซี่ (Dossey, 1996: 232) มาเป็นแนวทางในการคัดเลือกสถานการณ์จริง และใช้แนวคิดของคอมเบอร์ (Comber, 1999: 1 - 4) มาเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยการให้คำแนะนําสั้นๆ หรือใช้คำถามที่จะนํานักเรียนจากขั้นหนึ่งไปสู่ขั้นต่อไป เช่น ในขั้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริงอาจเริ่มต้นด้วยคำถามว่า “นักเรียนทราบหรือไม่ว่าจากสถานการณ์จริงที่กำหนดให้ นั้น ประเด็นใดเป็นประเด็นที่จะต้องทำการศึกษา” ประเด็นที่ต้องการศึกษานั้นมีอะไรเป็นตัวแปรบ้าง” “ตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่สำคัญและตรงกับประเด็นที่ต้องการศึกษามากที่สุด” เหล่านี้เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้แนวคิดของคอสซี่ (Dossey, 1996: 232) เกี่ยวกับการนำเครื่องคำนวณเชิงกราฟ (Graphing calculator) มาใช้ ในการจัดกิจกรรม

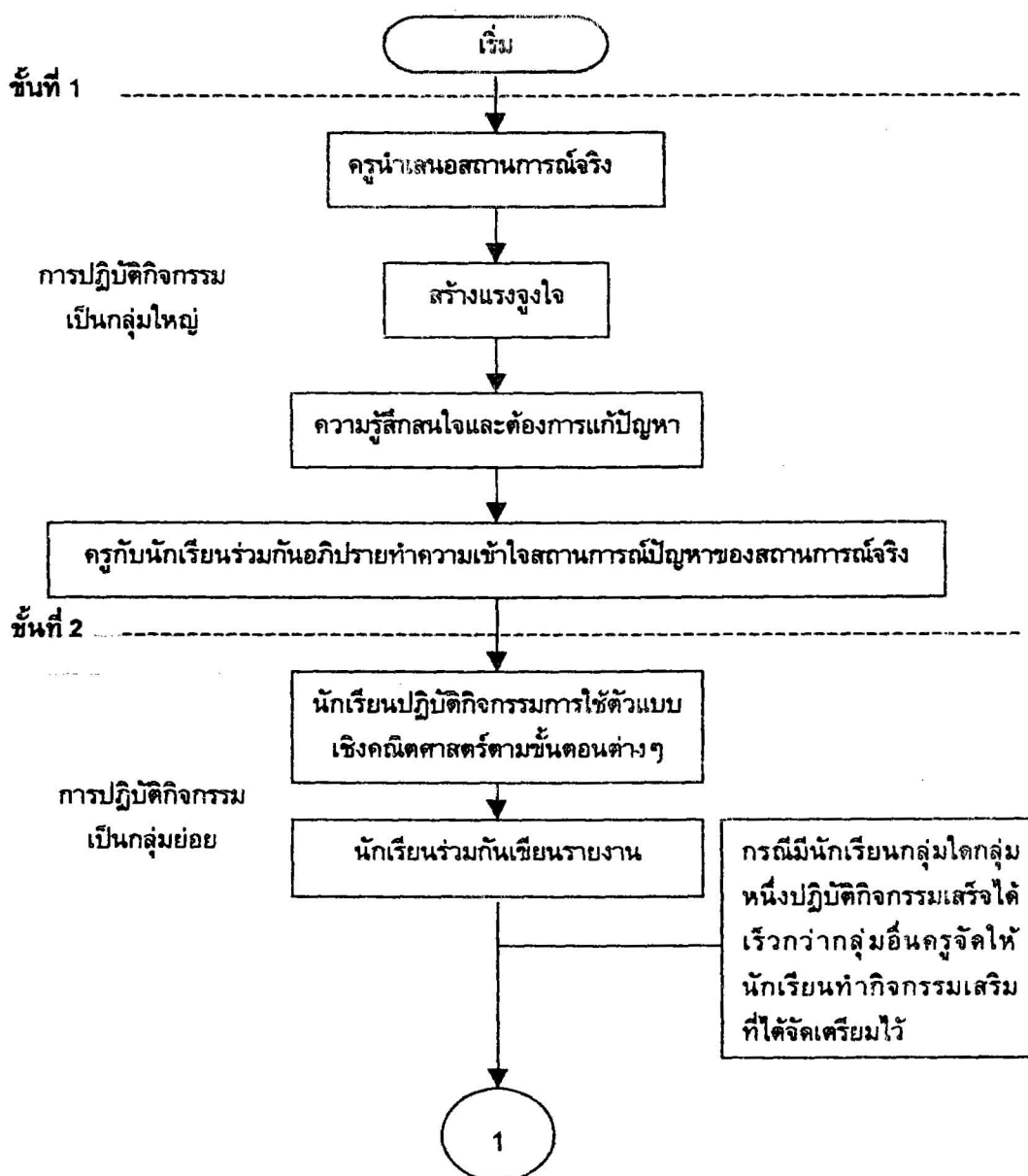
การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยการทำกิจกรรมของนักเรียนจะเน้นการทำงานเป็นกลุ่มย่อย ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะเป็นแบบเปิดกว้างตามแนวคิดพื้นฐาน หรือพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน

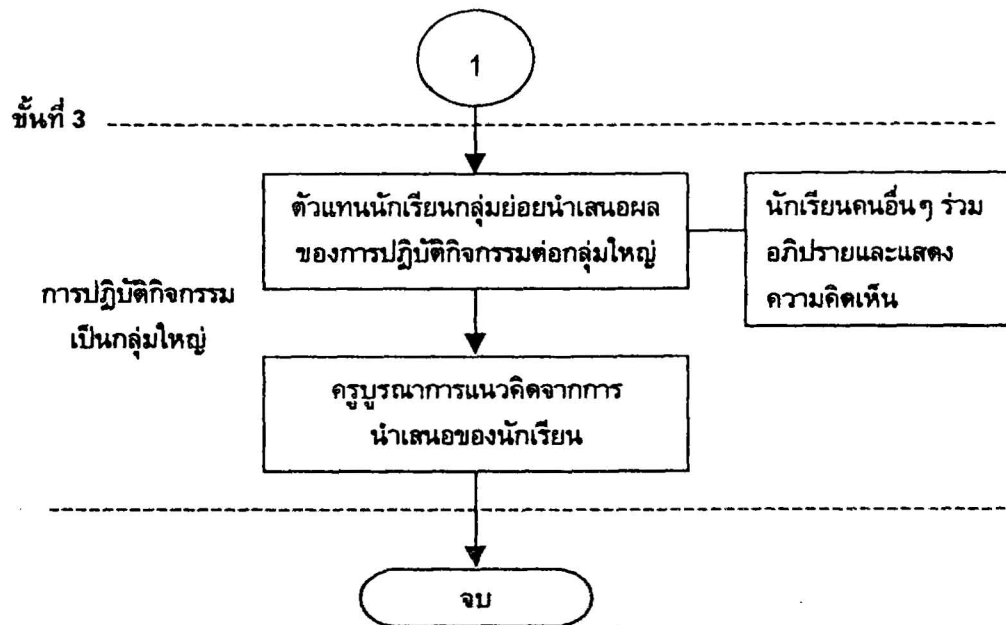
รูปแบบการจัดกิจกรรม

การจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

1. การนำเข้าสู่การปฏิบัติกิจกรรม
2. การปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. การสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

ทั้ง 3 ขั้นตอนแสดงดังผังงานต่อไปนี้





ภาพประกอบ 15 ผังงานแสดงรูปแบบการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 1 การนำเข้าสู่การปฏิบัติกิจกรรม

เป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่ ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

ครูนำเสนอสถานการณ์จริง

ครูสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความรู้สึกอยากแก้ปัญหา

ครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปราย ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาของสถานการณ์จริง

ครูจัดนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย 4 คน ประกอบด้วยนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ในระดับต่ำ

และในระดับสูงอย่างละ 1 คน และในระดับปานกลาง 2 คน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

เป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย นักเรียนสามารถเลือกใช้วิธีการปฏิบัติกิจกรรมในลักษณะต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างผสมผสานกันดังต่อไปนี้

1. ภายในกลุ่มย่อย นักเรียนทำการศึกษาเป็นรายบุคคลก่อนโดยใช้เวลาสั้นๆ จากนั้นจึงมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุป

2. ภายในกลุ่มย่อย แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก 2 คนทำการศึกษาร่วมกันโดยใช้เวลาสั้นๆ จากนั้นจึงมาอภิปรายร่วมกันเพื่อหาข้อสรุป

3. ภายในกลุ่มย่อย นักเรียนทุกคนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุป

เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนต่างๆ ครบถ้วนแล้วให้นักเรียนในกลุ่มย่อยร่วมกันเขียนเรียบเรียงออกมาเป็นรายงานของกลุ่ม

บทบาทของครู ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อยนั้นครูจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก หมุนเวียนไปสังเกตการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม ให้คำแนะนำในกรณีจำเป็น หรือถ้าจำเป็นอาจต้องใช้การกระตุ้นหากเห็นว่าการอภิปรายในกลุ่มใดหยุดชะงักไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ และกรณีมี

นักเรียนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ปฏิบัติกิจกรรมเสร็จได้เร็วกว่ากลุ่มอื่น ครูจัดให้นักเรียนทำกิจกรรมเสริมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ได้อัดเตรียมไว้ ดังต่อไปนี้ (ศึกษารายละเอียดได้จากเอกสารสำหรับครูในภาคผนวก ข)

1. ให้นักเรียนทบทวนกิจกรรมในแต่ละขั้นที่ได้ทำไปแล้วใหม่ โดยเฉพาะตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ว่าเหมาะกับข้อมูลที่มีอยู่ในสถานการณ์จริงนั้นแล้วหรือยัง
2. ให้ศึกษาประเด็นปัญหาเพิ่มเติมที่ครูจัดเตรียมไว้ ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงที่กำหนดให้

ขั้นที่ 3 การสรุปผลการปฏิบัติกิจกรรม

เป็นการปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลของการปฏิบัติกิจกรรม โดยพยายามให้ทุกๆ กลุ่มได้นำเสนอผลของการปฏิบัติกิจกรรมให้ครบถ้วนถ้าเวลาไม่เพียงพอ แต่หากมีเวลาจำกัดให้นำเสนอเฉพาะกลุ่มที่มีผลของการปฏิบัติกิจกรรมคล้ายคลึงกัน ที่เหลือให้แสดงความคิดเห็นหรือเพิ่มเติมในประเด็นปลีกย่อยที่แตกต่างออกไป ในระหว่างการนำเสนอของตัวแทนกลุ่มย่อย นักเรียนคนอื่นๆ ร่วมอภิปรายและแสดงความคิดเห็น ครูทำหน้าที่บูรณาการแนวคิดจากการนำเสนอของนักเรียนกลุ่มย่อยและจากการอภิปรายแสดงความคิดเห็นของนักเรียนสรุปให้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอน

แผนการจัดกิจกรรม

กิจกรรมปูพื้นฐาน

ก่อนเริ่มปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ครูจัดกิจกรรมปูพื้นฐานให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยและมีความรู้พื้นฐานเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 4 กิจกรรมใช้เวลา 6 ชั่วโมงประกอบด้วย

1. กิจกรรมปูพื้นฐาน 1 การสร้างกราฟและฟังก์ชันเชิงเส้นที่เหมาะสมกับข้อมูล
2. กิจกรรมปูพื้นฐาน 2 การสร้างกราฟและฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูล (ฟังก์ชันควอดราติก และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล)
3. กิจกรรมปูพื้นฐาน 3 การสร้างกราฟและฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูล (ฟังก์ชันควอดราติก และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล) โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด
4. กิจกรรมปูพื้นฐาน 4 ตัวอย่างการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอน

แผนการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยกิจกรรมจำนวน 12 กิจกรรม การจัดกิจกรรมแบ่งเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เป็นการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระยะแรก ครอบคลุมกิจกรรมที่ 1 – 3 ได้แก่ กิจกรรมเรื่อง จัดพลังงานส่วนเกิน พ่อค้าจำเป็น และ สรว่ายน้ำกับแบคทีเรีย มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความคุ้นเคย ความเข้าใจและเรียนรู้แนวทางการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนต่างๆ ให้กับนักเรียนโดยอาศัยการสร้างข้อคำถามและ / หรือ ให้คำแนะนำอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อช่วยแนะแนวทางไว้ในแบบรายงานผลงานการปฏิบัติกิจกรรม โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้แนวทางของการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีตัวแบบที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล รวมไปถึงการปฏิบัติกิจกรรมภายในกลุ่มย่อย การปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ ภายในกลุ่มย่อยและการรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม

ระยะที่ 2 เป็นการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระยะที่สอง ครอบคลุม กิจกรรมที่ 4 – 9 ได้แก่ กิจกรรมเรื่อง การทดสอบสะพานกระดาษ การทดสอบสะพานกระดาษที่มีความยาวแตกต่างกัน ค่าของเงินที่เปลี่ยนไป การใช้บริการอินเทอร์เน็ตอย่างชาญฉลาด สุขภาพดีช่วยชาติได้ และ ใช้จ่ายพาราเซตามอลอย่างไรจึงปลอดภัย มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนแสดงความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ การปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนจะมีคำถามนำและ / หรือ คำแนะนำอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อช่วยแนะแนวทางไว้ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม สถานการณ์จริงที่นำมาใช้มีประเด็นปัญหาที่สามารถแทนได้ด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก และ ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล นักเรียนสามารถใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟได้ในฐานะเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น การหาค่าเลขยกกำลังที่มีค่าสูง การยกกำลังสองของจำนวนเลขหลายๆ จำนวนพร้อมกัน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นเช่น การสร้างแผนภาพการกระจายกราฟเส้น การสร้างฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติกและเอกซ์โพเนนเชียล การแก้สมการโดยใช้ลอการิทึม เป็นต้น

ระยะที่ 3 เป็นการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในระยะที่สาม ครอบคลุม กิจกรรมที่ 10 – 12 ได้แก่ กิจกรรมเรื่อง ถ้วยใบโหนดที่สุด เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจำนวนประชากรของประเทศไทย และจะตัดสินใจเลือกอะไรดี มีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนแสดงความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนจะมีทางเลือกที่จะสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นจากเดิมคือการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ การปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนจะมีคำถามนำและ / หรือคำแนะนำอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อช่วยแนะแนวทางไว้ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม สถานการณ์จริงที่นำมาใช้มีประเด็นปัญหาที่สามารถแทนได้ด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในรูปของฟังก์ชันควอดราติกและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นเช่น การสร้างแผนภาพการกระจาย การเขียนกราฟเส้น การสร้างฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติกและเอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ การตัดสินใจเกี่ยวกับแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวและการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นต้น

ในระหว่างนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมครูจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก หมุนเวียนไปสังเกตการทำกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม ในกรณีจำเป็นอาจให้คำแนะนำหรือใช้การกระตุ้นหากเห็นว่าการอภิปรายในกลุ่มหยุดชะงักไม่สามารถดำเนินต่อไปได้

หลักการคัดเลือกสถานการณ์จริง

การคัดเลือกสถานการณ์จริงที่นำมาให้นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แนวคิดของดอสซี่ (Dossey, 1996 : 232) และคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์มาเป็นแนวทางในการคัดเลือกสถานการณ์จริง โดยสถานการณ์จริงที่นำมาใช้เป็นสถานการณ์ที่มีบริบทเป็นที่คุ้นเคยและดึงดูดความสนใจของนักเรียน ไม่มีความซับซ้อนมากนัก มีการสิ้นสุดของข้อสรุปที่ชัดเจนหรือมีการประมาณที่สมเหตุสมผลอย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถแทนได้ด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และ / หรือ กราฟ สถานการณ์จริงที่คัดเลือกมาให้นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มี 12 สถานการณ์คือ

1. สถานการณ์จริงเรื่อง “จัดพลังงานส่วนเกิน”
2. สถานการณ์จริงเรื่อง “พ่อค้าจำเป็น”
3. สถานการณ์จริงเรื่อง “ระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย”
4. สถานการณ์จริงเรื่อง “การทดสอบสะพานกระดาษ”

5. สถานการณ์จริงเรื่อง "การทดสอบสะพานกระดาษที่มีความยาวแตกต่างกัน"
6. สถานการณ์จริงเรื่อง "ค่าของเงินที่เปลี่ยนไป"
7. สถานการณ์จริงเรื่อง "การใช้บริการอินเทอร์เน็ตอย่างชาญฉลาด"
8. สถานการณ์จริงเรื่อง "สุขภาพดีช่วยชาติได้"
9. สถานการณ์จริงเรื่อง "ใช้ยาพาราเซตามอลอย่างไรจึงปลอดภัย"
10. สถานการณ์จริงเรื่อง "ถ้วยใบไหนดีที่สุด"
11. สถานการณ์จริงเรื่อง "เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจำนวนประชากรของประเทศไทย"
12. สถานการณ์จริงเรื่อง "จะตัดสินใจเลือกอะไรดี"

การประเมินผล

การประเมินความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินเกี่ยวกับ

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ว่านักเรียนสามารถระบุประเด็นของปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ถูกต้องหรือไม่ รวมไปถึงความสามารถในการวิเคราะห์ว่าประเด็นปัญหามีอะไรบ้างเป็นตัวแปร ตัวแปรใดเป็นตัวแปรที่สำคัญหรือเป็นตัวแปรที่ตรงประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาและตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ว่านักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ เช่น มโนคติ สมบัติและกราฟของฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง ความรู้ทางสถิติ และความรู้เกี่ยวกับการจัดการเชิงคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่อแทนประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้น คอตราคิก และเอกซ์โพเนนเชียล ได้หรือไม่

3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ว่านักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ หาข้อสรุปของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ว่านักเรียนสามารถทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมกับข้อมูลจริงมากหรือน้อยเพียงใดหากพบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังไม่เหมาะสมไม่เพียงพอ นักเรียนสามารถขัดเกลาหรือหาตัวแบบที่เหมาะสมกว่าได้หรือไม่

5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ว่านักเรียนสามารถอธิบายและ / หรือแปลความหมายจากข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ตรงประเด็นหรือไม่ รวมไปถึงการดูความสามารถในการให้เหตุผลสนับสนุนหรือชี้แจงการแปลความหมายนั้น

การประเมินความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะประเมินจากรายงานของนักเรียนในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดและใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติม การสัมภาษณ์จะกระทำหลังจากตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียนทุกๆกลุ่มเรียบร้อยแล้วและพบว่ายังมีกรณีที่ยังตัดสินใจไม่ได้ชัดเจนว่าจะให้คะแนนเท่าใดหรือการตรวจให้คะแนนของครูอาจสอดคล้องกับผู้วิจัยไม่สอดคล้องกัน ทำให้จำเป็นต้องหาข้อมูลเพิ่มเติม

การประเมินเจตคติ

เป็นการประเมินความรู้สึก ความคิดเห็นและท่าทีของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ โดยการประเมินด้วยแบบวัดเจตคติหลังจากที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ผู้วิจัยได้วางแนวทางในการพัฒนา เครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำ เครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัย และการวิจัยนำร่อง ภายใต้การให้คำแนะนำและการกำกับดูแลของคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำ ประกอบด้วย

1. แผนการสอนสำหรับกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 12 แผนการสอน แต่ละแผนการสอนใช้เวลาปฏิบัติ 3 ชั่วโมง ส่วนประกอบของแผนการสอนประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม เวลาที่ใช้ ความนำ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ สื่อ / อุปกรณ์ กิจกรรมการเรียนการสอน การประเมินผล ปัญหา / ข้อเสนอแนะ และบันทึกหลังการสอน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. เอกสารและอุปกรณ์สำหรับนักเรียน ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แต่ละกิจกรรม นักเรียนจะได้รับเอกสารสำหรับใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมประกอบด้วย เอกสารสถานการณ์ปัญหา (เรียกใบกิจกรรมที่ 1) พร้อมเอกสารประกอบ จำนวน 12 สถานการณ์แยกเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น 3 สถานการณ์ ฟังก์ชันควอดราติก 3 สถานการณ์ ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล 5 สถานการณ์ และกราฟ 1 สถานการณ์ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งพัฒนามาจากแบบฟอร์มของ เวอร์สเชฟเฟอร์และคอร์ต (Verschaffel & Cort. 1997 : 577 - 601) สำหรับให้นักเรียนใช้เป็นรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน ส่วนประกอบของแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ประกอบด้วย กิจกรรมที่ (ตัวเลขระบุกิจกรรม) ชื่อกิจกรรม เวลาสำหรับการปฏิบัติกิจกรรม กลุ่มที่ (ตัวเลขระบุกลุ่ม) รายชื่อสมาชิกกลุ่ม ขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นตอนมีคำถามนำและ / หรือคำแนะนำให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติและส่วนประกอบสุดท้ายคือกรอบแสดงความคิดเห็นที่มีคำถามปลายเปิดให้นักเรียนตอบหรือแสดงความคิดเห็นโดยอิสระ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค) และเครื่องคำนวณเชิงกราฟ ซึ่งใช้เป็นเครื่องคำนวณในการปฏิบัติกิจกรรมที่ 1-9 และสามารถใช้อย่างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในกิจกรรมที่ 10-12

3. เอกสารสำหรับครู ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แต่ละกิจกรรม ครูจะได้รับเอกสารสำหรับครู สำหรับใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนโดยเอกสารสำหรับครูจะมีรายละเอียดสอดคล้องกันกับแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ส่วนประกอบของเอกสารสำหรับครู ประกอบด้วย ชื่อกิจกรรม ความนำ และแนวตอบเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง)

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำ รายการที่ 1 - 3 ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาการจากมหาวิทยาลัยและครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ดูรายชื่อในภาคผนวก ก) ตรวจสอบถูกต้องด้านเนื้อหาและความเหมาะสมของการจัดกิจกรรม จากนั้นจึงนำกลับมาแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

- เพิ่ม “ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6” ไว้ใต้คำว่า “แผนการสอน”
- เพิ่ม “ปัญหา / ข้อเสนอแนะ” และ “บันทึกหลังการสอน” ต่อจาก “การประเมินผล” ในแผนการสอน
- กำหนดเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอน
- ให้มีคำถามนำ และ/หรือ คำแนะนำ ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมทุกกิจกรรม

แต่ละขั้นตอนของกิจกรรมทุกกิจกรรม

เครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำที่ได้รับการแก้ไขและปรับปรุงแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจะได้นำไปใช้ในการวิจัยนำร่องต่อไป

เครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยการศึกษาการคิดของนักเรียนจะทำการศึกษาจากร่องรอยของการเขียนในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม และใช้แบบสำรวจรายการที่มีรายการประเมินพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ รวมไปถึงการใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติม หลังจากการตรวจให้คะแนนรายงานของนักเรียนแล้วพบว่ามึนักเรียนแสดงการคิดที่น่าสนใจแตกต่างไปจากกลุ่มอื่นๆ เครื่องมือสำหรับการจัดเก็บข้อมูลการวิจัยมี 5 ชนิดได้แก่

1. แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม
2. แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. แบบสำรวจรายการ
4. แบบสัมภาษณ์
5. แบบวัดเจตคติ

แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม (ดูรายละเอียดในเครื่องมือที่เป็นตัวจัดกระทำ)

แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ พัฒนามาจากแบบประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน ของพิซการ แพลงประสพโชค (2540 : 157) ใช้บันทึกคะแนนความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนจากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งประเมินการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับตั้งแต่ระดับ 0 ที่ เป็นความสามารถต่ำสุดไปจนถึงระดับ 4 ที่ เป็นความสามารถสูงสุด (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) บันทึกคะแนนรวมของทุกขั้นตอน จะแนบเฉลี่ยและข้อสังเกต ซึ่งใช้บันทึกรายละเอียดต่างๆที่พบในขณะปฏิบัติกิจกรรม

แบบสำรวจรายการ พัฒนามาจากแบบสำรวจรายการของกรมวิชาการ (2539 : 46 - 48) ฟรานเกิลและวอลล์ (Fraenkel & Wallen. 1990: 96 -99) และโลวิทท์ (Lovitt. 1991: 4 - 5) เป็นแบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนโดยมีรายการประเมินเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละขั้นตอนรวม 33 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

แบบสัมภาษณ์ ใช้ในการหาข้อมูลเพิ่มเติมที่พบในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม การใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวทางของสุมังค์ จันทวานิช (2540 : 74 - 103) (ดูรายละเอียดในภาคผนวก จ)

แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมาจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของสมพร แผลงภู (2541 : 203 - 207) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.89 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ฉ)

ผู้วิจัยนำเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัยรายการที่ 1 - 4 ที่ได้พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมและผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินผล (ดูรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อดูความเหมาะสมและความเที่ยงตรง จากนั้นจึงนำมาแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1. กรอแสดงความคิดเห็นในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม เพิ่มข้อคำถามปลายเปิดที่ต้องการให้นักเรียนตอบหรือแสดงความคิดเห็น

2. ในเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด ใช้คำว่า “ไม่ถูกต้อง” แทนคำว่า “ล้มเหลว” และ “ถูกต้อง บางประเด็น” แทน “ไม่ครบถ้วน”

3. ในแบบสำรวจรายการเปลี่ยนระดับของการแสดงพฤติกรรม 4 ระดับ จาก มาก ปานกลาง น้อย ไม่แสดง เป็น 2 ระดับ คือ มี ไม่มี

เครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัยที่ได้รับการแก้ไขและปรับปรุงแล้วตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญจะได้นำไปใช้ในการวิจัยนาร่องต่อไป

การวิจัยนาร่อง

ผู้วิจัยนำแผนการสอน เอกสารสถานการณ์ปัญหาพร้อมเอกสารประกอบและประเด็นปัญหาเพิ่มเติม แบบรายงานผลการปฏิบัติงานกิจกรรม เอกสารสำหรับครู แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบบสำรวจรายการ แบบสัมภาษณ์เพิ่มเติม และเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีดที่ผ่านการพิจารณาให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนทวีธาภิเศก ในเดือนพฤศจิกายน 2545 ใช้นักเรียน 12 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 4 คน โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมและตอบข้อซักถามของนักเรียนในขณะทำกิจกรรม ใช้เวลาในการทดลอง 3 วันโดยมีแผนการทดลองดังตาราง 3

ตาราง 3 แผนการวิจัยนาร่อง

กลุ่มที่	ช่วงเวลาของการทดลอง				
	วันที่หนึ่ง	วันที่สอง		วันที่สาม	
		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่	
		เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย
1	กิจกรรมปูพื้นฐานการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	1	4	7	10
2		2	5	8	11
3		3	6	9	12

ผลจากการวิจัยนาร่องมีข้อค้นพบดังนี้

1. มีกิจกรรมหลายกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติได้แล้วเสร็จโดยใช้เวลาเกินกว่าเวลาที่กำหนดเช่น กิจกรรมที่ 2 “พ่อค้าจำเป็น” กิจกรรมที่ 5 “การทดสอบสะพานกระดาษที่มีความยาวแตกต่างกัน” กิจกรรมที่ 8 “สุขภาพดีช่วยชาติได้” สาเหตุมาจากหลายประการเช่น กิจกรรมมีความซับซ้อน ในการปฏิบัติกิจกรรมบางขั้นตอนเช่น การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนไม่รู้จะเริ่มค้นจากจุดใด นักเรียนยังไม่มีความรู้ความเข้าใจเพียงพอในการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟเป็นเครื่องมือช่วย ในการคำนวณและใช้สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

การแก้ไข ปรับปรุงคำถามนำ และ / หรือ คำแนะนำในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้สามารถปฏิบัติตามได้ง่ายขึ้น ให้ข้อมูลบางอย่างเพิ่มเติมเพื่อลดความซับซ้อนของสถานการณ์ปัญหาและจัดทำคู่มือการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสำหรับให้นักเรียนปฏิบัติตามในกรณีที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ และใช้สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2. พื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์บางอย่างของนักเรียนยังไม่มีเพียงพอเช่นการเขียนกราฟเส้นจากแผนภาพการกระจายในกรณีจุดทุกจุดไม่ได้อยู่บนเส้น การสร้างฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้วิธี “กำลังสองน้อยที่สุด” ด้วยการหาค่าคงตัวจากสมการปกติ การหาค่าสูงสุดของพาราโบลา

การแก้ไข จัดให้มีกิจกรรมปูพื้นฐานที่มีรายละเอียดของการเขียนกราฟเส้นจากแผนภาพการกระจายในกรณีจุดทุกจุดไม่อยู่บนเส้นและการสร้างฟังก์ชันเชิงเส้น ควอดราติกและเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ด้วยการหาค่าคงตัวจากสมการปกติ โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ

3. การปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มเป็นสิ่งที่นักเรียนไม่คุ้นเคย สมาชิกกลุ่มแต่ละคนยังไม่สามารถปฏิบัติตามหน้าที่ของตนได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากนักเรียนจะใช้วิธีแบ่งงานกันทำตามความยากง่ายของงานและตามความสามารถของนักเรียนแต่ละคน

การแก้ไข ก่อนเริ่มปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์กิจกรรมแรก ครูเน้นและทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มแต่ละคน และในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมครูต้องคอยกระตุ้น ให้นักเรียนปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ

4. การรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนขาดทักษะของการเขียนสรุปใจความที่น่าไปใช้สำหรับรายงานและขาดทักษะในการปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้รายงาน

การแก้ไข จัดทำแผ่นใสที่มีขั้นตอนของการนำเสนอ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนรายละเอียดที่ต้องการนำเสนอ โดยครูให้คำแนะนำเมื่อตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอผลการปฏิบัติกิจกรรม

5. การตรวจให้คะแนนความสามารถเกี่ยวกับปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค พบว่ามีร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรมบางอย่างที่ยากแก่การตัดสินใจว่าควรได้รับคะแนนอยู่ในระดับใด

การแก้ไข นำเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค มาปรับปรุงความหมายของระดับคะแนนแต่ละระดับ (0 – 4) ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนให้มีความชัดเจนโดยเฉพาะในประเด็นที่เป็นปัญหาซึ่งพบจากการวิจัยนำร่อง

จากการดำเนินการวิจัยนำร่องและผลที่ได้รับจากการวิจัยนำร่อง ทำให้มีความชัดเจน ในการจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน มองเห็นปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นในการจัดกิจกรรมและในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นประโยชน์และสามารถใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การดำเนินการจัดกิจกรรมและการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

การทดลองภาคสนามและการเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนทวีธาภิเศกที่เรียนคณิตศาสตร์โครงสร้างที่ 1 หรือมีพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์ขั้นต่ำคือผ่านการเรียนคณิตศาสตร์รายวิชา ค011 ค012 และ ค013 หรือได้เรียนเนื้อหาเกี่ยวกับฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก และฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมาแล้ว จำนวน 32 คน โดยมีกระบวนการของการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. ดำเนินการประชาสัมพันธ์โครงการให้นักเรียนทราบล่วงหน้า ผ่านหัวหน้าหมวดวิชาคณิตศาสตร์ และอาจารย์ผู้ประสานงาน โดยชี้ให้นักเรียนเห็นประโยชน์ที่จะได้รับการเข้าร่วมโครงการ

2. รับสมัครนักเรียนเข้าร่วมโครงการ จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับพื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ 3 ระดับ โดยดูจากคะแนนเฉลี่ยของรายวิชา ค.011 ค.012 และ ค.013 การจัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อย 4 คน เป็นไปตามหลักการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกลุ่ม คือจัดให้นักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ ในระดับต่ำ (คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.55 – 2.50) ปานกลาง (คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.35) และสูง (คะแนนเฉลี่ย 3.36 – 4.00) รวมอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ประกอบด้วยนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ย ณ ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ต่ำกว่า 26 หนึ่งคน ตั้งแต่ 26 ถึง 75 สองคน และสูงกว่า 75 อีกหนึ่งคน

การทดลองภาคสนาม

ก่อนดำเนินการทดลองผู้วิจัยจัดกิจกรรมปูพื้นฐาน 1 – 4 ให้กับนักเรียน ใช้เวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงดำเนินการทดลองภาคสนาม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 รวม 36 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยและครูอาสาสมัครเป็นผู้สอนร่วมกัน มีรายละเอียดของการดำเนินการดังนี้

ตาราง 4 แผนการทดลองภาคสนาม

ครั้งที่	วัน เดือน ปี	เช้า 09.00 – 12.00 น.	พักกลางวัน	บ่าย 13.00 – 16.00 น.
1	เสาร์ที่ 23 พ.ย. 45	กิจกรรมปูพื้นฐาน 1 – 2 ตัวอย่างการใช้เครื่อง คำนวณเชิงกราฟตอนที่ 1		กิจกรรมปูพื้นฐาน 3 – 4
2	เสาร์ที่ 30 พ.ย. 45	กิจกรรมที่ 1 จัดพลังงานส่วนเกิน		กิจกรรมที่ 2 หาค่าจำเป็น
3	ศุกร์ที่ 6 ธ.ค. 45	กิจกรรมที่ 3 สรวายน้ำกับแบคทีเรีย		กิจกรรมที่ 4 การทดสอบสะพานกระดาษ
4	เสาร์ที่ 7 ธ.ค. 45	กิจกรรมที่ 5 การทดสอบสะพานกระดาษ ที่มีความยาวแตกต่างกัน		กิจกรรมที่ 6 ค่าของเงินที่เปลี่ยนไป
5	อาทิตย์ที่ 8 ธ.ค. 45	กิจกรรมที่ 7 การใช้บริการอินเทอร์เน็ต อย่างชาญฉลาด		กิจกรรมที่ 8 สุขภาพดีช่วยชาติได้
6	อังคารที่ 10 ธ.ค. 45	กิจกรรมที่ 9 ใช้ยาพาราเซตามอลอย่างไร จึงปลอดภัย	ตัวอย่างการใช้ เครื่องคำนวณ เชิงกราฟ ตอนที่ 2	กิจกรรมที่ 10 ถ้วยใบไหนดีที่สุด
7	เสาร์ที่ 14 ธ.ค. 45	กิจกรรมที่ 11 เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจำนวน ประชากรของประเทศไทย		กิจกรรมที่ 12 จะตัดสินใจเลือกอะไรดี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน เก็บรวบรวมจาก

1. แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งตรวจให้คะแนนทันทีภายหลังการปฏิบัติกิจกรรม โดยคะแนนที่ได้เป็นความเห็นชอบร่วมกันของผู้วิจัยและครูอาสาสมัคร โดยการเทียบความสามารถของนักเรียนจากการปฏิบัติกิจกรรมกับระดับความสามารถ 5 ระดับของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric assessment) จากระดับ 0 ที่ เป็นความสามารถต่ำสุดไปจนถึงระดับ 4 ที่ เป็นความสามารถสูงสุด แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์พร้อมข้อสังเกตต่างๆ ที่พบเป็นรายกิจกรรม

2. จากแบบสำรวจรายการซึ่งประกอบด้วยรายการประเมินพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรม จำนวน 33 ข้อ โดยผู้วิจัยหรือครูอาสาสมัครเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน 4 กลุ่มต่อการทำกิจกรรม 1 กิจกรรม หมุนเวียนกันไป ผลของการสังเกตบันทึกไว้ในแบบสำรวจรายการพร้อมข้อสังเกตอื่นๆที่พบ

3. จากการสัมภาษณ์ ซึ่งกระทำภายหลังการตรวจให้คะแนนแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมแล้วพบว่า ผู้วิจัยกับครูอาสาสมัครให้คะแนนแตกต่างกันและไม่สามารถตกลงกันได้ หรือ ต้องการทราบข้อมูลการปฏิบัติกิจกรรมเพิ่มเติม หรือเมื่อพบว่า มีนักเรียนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งแสดงการปฏิบัติกิจกรรมน่าสนใจ ในการทดลองนี้ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ 7 ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ 2 เนื่องจากพบว่านักเรียนแสดงวิธีสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นได้น่าสนใจแตกต่างไปจากนักเรียนกลุ่มอื่นๆ (ดูรายละเอียดในบทที่ 4) และสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มที่ 5 ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ 5 เนื่องจากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งไม่สามารถตัดสินใจให้คะแนนได้

เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เก็บรวบรวมจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ มีข้อความเกี่ยวกับประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ 12 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมาจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของสมพร แมลงกู (2451 : 203 – 207) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.89 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลภายหลังการทดลอง โดยข้อคำถามในเชิงนิมิต มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 4 หมายถึง เห็นด้วย
- 5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ส่วนข้อคำถามในเชิงนิมิตมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

- 5 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- 4 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
- 2 หมายถึง เห็นด้วย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถและการคิดในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1. คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งประเมินจากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม รวมทั้งสิ้น 12 กิจกรรม เป็นงานกลุ่มนำไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมทุกกิจกรรมของแต่ละกลุ่ม แล้วหาว่านักเรียน (กลุ่ม) ที่ได้ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวมมีมากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมดหรือไม่

นอกจากนี้ เพื่อให้มองเห็นภาพของความสามารถของนักเรียน ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกิจกรรมจึงวิเคราะห์หา ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดของนักเรียนทุกกลุ่มในแต่ละกิจกรรม พร้อมทั้งหา ร้อยละของค่าเฉลี่ย ดังกล่าว

2. คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็น

ฟังก์ชันเชิงเส้น ได้แก่ กิจกรรมที่ 1, 4 และ 7

ฟังก์ชันควอดราติก ได้แก่ กิจกรรมที่ 2, 8 และ 11

ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ได้แก่ กิจกรรมที่ 3, 6, 9, 10 และ 12

กราฟ ได้แก่ กิจกรรมที่ 5

นำไปวิเคราะห์หา

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรม ที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นฟังก์ชันชนิดเดียวกันของนักเรียนแต่ละกลุ่มและร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของนักเรียนทุกกลุ่ม ในแต่ละขั้นตอน และร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

ข้อมูลจากแบบสำรวจรายการและร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรม ข้อมูลจากแบบสำรวจรายการ และร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอน ในแต่ละกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มนำไปวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อมูลจากแบบวัดเจตคติ ซึ่งเก็บภายหลังการทดลองนำไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยค่าเฉลี่ยจากข้อคำถามในเชิงนิมิตและในเชิงนิเสธ นำไปแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

เชิงนิมิต	เชิงนิเสธ
1.00 – 1.49 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1.00 – 1.49 เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.50 – 2.49 ไม่เห็นด้วย	1.50 – 2.49 เห็นด้วย
2.50 – 3.49 ไม่แน่ใจ	2.50 – 3.49 ไม่แน่ใจ
3.50 – 4.49 เห็นด้วย	3.50 – 4.49 ไม่เห็นด้วย
4.50 – 5.00 เห็นด้วยอย่างยิ่ง	4.50 – 5.00 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

เกณฑ์คะแนนที่เป็นตัวบ่งชี้ว่า นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองอยู่ในเกณฑ์ดี พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยของผลการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งฉบับของนักเรียนที่มีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป (ปรีชา เนาว์เย็นผล, 2544 : 77)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษาค้นคว้าความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และผลในด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้ผ่านการทดลองปฏิบัติการการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จะได้นำเสนอเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการประเมินความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการประเมินความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ในการประเมินความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะได้นำเสนอผลการศึกษาเป็นลำดับดังนี้

1. ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน กล่าวคือมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม

2. ผลการศึกษาศักยภาพและการคิดในการปฏิบัติการการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนจำแนกตามลักษณะของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ผู้วิจัยจะคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งประเมินจากแบบรายงานผลการปฏิบัติการไปหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมทุกกิจกรรมของแต่ละกลุ่มแล้วหาว่านักเรียน(กลุ่ม)ที่ได้ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม มีมากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมดหรือไม่ นอกจากนี้เพื่อให้มองเห็นภาพของความสามารถของนักเรียน ในการปฏิบัติการแต่ละกิจกรรม จึงวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติการของนักเรียนรวมทุกกลุ่มในแต่ละกิจกรรม และหาร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว รายละเอียดการวิเคราะห์ดังตาราง 5

ตาราง 5 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จำแนกตามรายกิจกรรมและรายกลุ่ม

กิจกรรมที่	กลุ่มที่								ค่าเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	3.60	3.80	3.40	2.60	3.60	3.40	3.60	3.60	3.45	80.9
2	2.20	2.40	3.40	2.20	2.20	2.40	3.80	3.60	2.78	69.4
3	3.60	3.60	3.60	3.60	3.40	3.80	3.60	4.00	3.65	91.3
4	2.60	3.00	3.00	2.80	2.80	3.20	3.20	2.80	2.93	73.1
5	3.20	2.60	2.80	2.80	3.00	2.60	2.60	2.80	2.80	70.0
6	3.60	3.00	3.20	3.20	3.40	3.20	4.00	3.60	3.45	87.5
7	3.60	2.40	3.40	3.00	2.40	3.00	3.60	3.40	3.10	77.5
8	2.80	3.20	3.40	3.00	3.40	3.20	3.20	3.60	3.23	80.8
9	3.20	3.00	3.20	2.80	3.40	3.80	3.00	4.00	3.30	82.6
10	2.00	3.60	1.80	2.20	3.60	3.40	3.60	3.20	2.93	73.1
11	2.80	2.00	2.00	3.40	3.40	2.00	3.20	1.60	2.55	63.8
12	3.00	3.40	3.40	3.60	3.40	4.00	3.80	3.40	3.50	87.5
ค่าเฉลี่ย	3.02	3.03	3.05	2.93	3.17	3.17	3.43	3.30	3.14	
คิดเป็นร้อยละ	75.5	75.8	76.3	73.3	79.3	79.3	85.8	82.5		78.5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 5 แสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนในกลุ่มทดลองได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรมไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม มีนักเรียน 7 กลุ่มในจำนวนทั้งหมด 8 กลุ่ม หรือคิดเป็นร้อยละ 87.5 ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งสรุปได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม นอกจากนี้ผลของการวิเคราะห์ยังพบว่ามีนักเรียน 2 กลุ่มที่ได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 80 มี 5 กลุ่มได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 75 แต่ไม่เกินร้อยละ 80 และมีนักเรียนเพียง 1 กลุ่มเท่านั้นที่ได้ค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรมน้อยกว่าร้อยละ 75 เมื่อดูผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถและการคิดรวมของนักเรียนทุกกลุ่มในแต่ละกิจกรรมพบว่า กิจกรรมที่ 3 สรว่ายน้ำกับแบคทีเรีย เป็นกิจกรรมที่มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนรวมทุกกลุ่มสูงสุด (91.3%) และกิจกรรมที่ 11 เรื่องน้ำรู้เกี่ยวกับจำนวนประชากรของประเทศไทย เป็นกิจกรรมที่มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนรวมทุกกลุ่มต่ำสุด (63.8%) และพบว่าในจำนวนกิจกรรมทั้งหมด 12 กิจกรรม มีถึง 6 กิจกรรมที่มีค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนรวมทุกกลุ่มสูงกว่าร้อยละ 80

ผลการศึกษาความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนจำแนกตามลักษณะของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

1. เมื่อสถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยของกิจกรรมที่ 1 , 4 และ 7 เป็น 3.45 , 2.93 และ 3.10 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดของคะแนนความสามารถและการคิดของนักเรียน ในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรม ดังแสดงในตาราง 6 และ 7 ต่อไปนี้

ตาราง 6 คะแนนความสามารถการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณจริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น โดยใช้เกณฑ์ 0 - 4

ข้อตอนการใช้ตัวแบบ	กลุ่มที่													
	1		2		3		4		5		6		7	
	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่
เชิงคณิตศาสตร์	1	4	7	1	4	7	1	4	7	1	4	7	1	4
1. การทำความเข้าใจ	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
สถานการณ์จริง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
2. การเชื่อมโยง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
สถานการณ์จริงไปสู่	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
ตัวแบบเชิง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
คณิตศาสตร์	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
3. การหาข้อสรุปเชิง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
คณิตศาสตร์จาก	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
ตัวแบบเชิง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
คณิตศาสตร์	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
4. การทดสอบและ	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
ข้อถกเถียงตัวแบบเชิง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
คณิตศาสตร์	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
5. การเชื่อมโยง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
ข้อสรุปเชิง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
คณิตศาสตร์ไปสู่	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
สถานการณ์จริง	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4
ค่าเฉลี่ย	3.80	2.80	3.80	3.80	3.00	2.40	3.40	3.00	2.80	2.80	3.40	3.20	3.80	3.40
ค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม	3.27	3.07	3.27	3.27	3.27	2.93	3.20	3.20	3.20	3.20	3.47	3.27	3.16	3.16
คิดเป็นร้อยละ	81.9	76.8	81.8	81.8	81.8	73.3	80.0	80.0	80.0	80.0	86.8	81.8	79.0	79.0

ตาราง 7 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมี
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น

รายการ	กิจกรรมที่		
	1	4	7
การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา	✓	✓	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุตัวแปรที่สำคัญ	✓	✓	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุความสัมพันธ์เบื้องต้น	✓	✓	✓
การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การอภิปรายเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง	✓	✓	✓
▪ การใช้แผนภาพการกระจายในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของกราฟเส้นหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	✓
▪ การใช้กราฟเส้นในการนำไปสู่ตัวแบบในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	✓
▪ การหาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล	✓	×	✓
▪ การเขียนกราฟเส้นตรงโดยใช้การคาดเดา	✓	×	✓
▪ การเขียนกราฟเส้นตรงโดยใช้วิธี Median-Median fit Line	✓	✓	×
▪ การสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด	×	×	✓
▪ การสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ย	×	×	×
▪ การสร้างตัวแบบจากภูมิมาตรฐานของฟังก์ชัน	✓	✓	✓
การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การหาผลลัพธ์โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓
▪ การหาผลลัพธ์โดยการศึกษาแนวทางจากตัวอย่าง	✓	×	×
▪ การหาผลลัพธ์โดยใช้แนวคิดและวิธีการนอกเหนือไปจากพื้นฐานความรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	×	×	×
▪ การหาผลลัพธ์โดยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ	✓	✓	✓
การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ	×	×	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	✓	✓	✓
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการอื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากวิธีการที่แนะนำ	×	×	×
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลของการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	✓	✓	✓
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการสร้างครั้งแรก	✓	✓	✓
▪ การปรับปรุงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่	×	×	×

ตาราง 7 (ต่อ)

รายการ	กิจกรรมที่		
	1	4	7
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการปรับปรุง	×	×	×
การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการเชื่อมโยงในแต่ละประเด็นปัญหา	✓	✓	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง	✓	×	×
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล	✓	×	×
▪ การขยายความคิดของการเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา	×	×	✓

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงนักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น และเครื่องหมาย × หมายถึงนักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมนั้นในขณะปฏิบัติกิจกรรม

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 6 และ 7 ซึ่งเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น แสดงให้เห็นว่านักเรียน 6 กลุ่มในจำนวน 8 กลุ่ม ได้ค่าเฉลี่ยรวมของสามกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 75 และเมื่อดูคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนพบว่า นักเรียนทำคะแนนได้ดีที่สุดในขั้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริงโดยทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 94.8 รองลงมาได้แก่ขั้นการทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ขั้นการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 85.4 และ 84.4 ตามลำดับ สำหรับขั้นที่นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้น้อยที่สุดคือ ขั้นการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง (ร้อยละ 60.4) ถัดขึ้นมาเป็นขั้นการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (ร้อยละ 69.8) อย่างไรก็ตามขั้นที่นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้น้อย แต่ก็ไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 และจากการศึกษารายละเอียดของความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง นักเรียนส่วนใหญ่ทำการศึกษาสถานการณ์จริงร่วมกันในกลุ่มย่อย โดยอภิปรายและหาข้อสรุปตามคำถามนำและคำแนะนำที่ให้ไว้ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม และสามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องทำการศึกษา ตัวแปรที่สำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ถูกต้อง

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มด้วยการอภิปรายตามขั้นตอนที่ให้ไว้ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง ซึ่งมองในภาพรวมพบว่านักเรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้นได้ถูกต้อง แต่เมื่อลงไปศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 1 และ กิจกรรมที่ 4 ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สถานการณ์จริงมีจำนวนข้อมูลจริงค่อนข้างมากสำหรับสร้างกราฟ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ส่วนกิจกรรมที่ 7 ซึ่งสถานการณ์จริงมีจำนวนข้อมูลจริงค่อนข้างน้อยสำหรับสร้างกราฟ พบว่านักเรียนเพียง 4 กลุ่มเท่านั้นที่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง

ในการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนจะเริ่มด้วยการนำข้อมูลจริงไปเขียนแผนภาพการกระจาย เพื่อดูว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเป็นแบบใด ในการทำกิจกรรม 1 และ 7

นักเรียนได้ศึกษาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาแนวโน้มของความสัมพันธ์เพิ่มเติมจากการศึกษาแผนภาพการกระจายด้วย ซึ่งนักเรียนทุกกลุ่มสามารถตัดสินใจได้ถูกต้องว่า สิ่ง 2 สิ่งที่ทำการศึกษานั้นมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง จากนั้นจึงเขียนกราฟเส้นและสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยเลือกใช้การคาดเดาว่าเส้นตรงจะผ่านจุดใดบ้าง แล้วสร้างฟังก์ชันโดยใช้รูปทั่วไป $y - y_1 = m(x - x_1)$ สำหรับกิจกรรมที่ 1 และ 4 นักเรียนเลือกใช้วิธี Median – Median Fit Line ซึ่งเป็นความรู้ที่นักเรียนได้รับจากกิจกรรมปูพื้นฐานและเลือกใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square) กับกิจกรรมที่ 7 วิธีที่นักเรียนไม่เลือกใช้เลยคือการสร้างฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่เดิม เช่น ใช้การแทนค่า การอ่านค่าจากกราฟและการหาจุดตัดของกราฟ หาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ในภาพรวมความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมขั้นนี้ของนักเรียนยังไม่ค่อยดีนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อศึกษาในรายละเอียดจะพบได้อย่างชัดเจนว่า ในกิจกรรมที่ 4 ซึ่งต้องใช้ความรู้เรื่องการอ่านค่าจากกราฟพบว่านักเรียนทั้งหมดสามารถหาข้อสรุปได้ถูกต้องเพียงบางประเด็นเท่านั้น โดยข้อบกพร่องที่พบคือ การอ่านค่าจากกราฟคลาดเคลื่อนและ ในกิจกรรมที่ 7 ซึ่งการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์นักเรียนต้องใช้ความรู้เรื่องการอ่านค่าจากกราฟ และการหาจุดตัดของเส้นตรง พบว่ามีนักเรียนเพียง 2 กลุ่มเท่านั้นที่สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วนทุกประเด็น โดยข้อบกพร่องที่พบคือนักเรียนไม่สามารถหาจุดตัดของเส้นตรงได้ไม่ว่าจะเป็นการหาโดยอ่านค่าจากกราฟหรือใช้การคำนวณ

การทดสอบหรือขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมนักเรียนสามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้วิธีการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรมปูพื้นฐานและเมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 7 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และยืนยันความเป็นเส้นตรงด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ถูกต้อง ข้อบกพร่องที่พบในกลุ่มที่มีปัญหาคือกรณีที่มีการทดสอบพบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูง นักเรียนไม่กลับไปขัดเกลาหรือปรับปรุงตัวแบบเพื่อพยายามลดความคลาดเคลื่อนให้น้อยลง ส่วนในกิจกรรมที่ 1 และกิจกรรมที่ 4 พบว่ามีนักเรียน 4 ใน 8 กลุ่มที่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และสรุปผลของการทดสอบได้ถูกต้อง โดยมีข้อบกพร่องที่พบในกลุ่มที่ยังไม่ประสบความสำเร็จคือ การกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ซึ่งจะใช้เป็นตัวชี้ว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีความเหมาะสมเพียงพอแล้วหรือยัง นักเรียนยังกำหนดเกณฑ์ได้ไม่ชัดเจน

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ในภาพรวมนักเรียนมีการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยงแต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปอธิบาย และ/หรือ แปลความหมายไปสู่สถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ ข้อบกพร่องที่พบคือ การเชื่อมโยงของนักเรียนส่วนใหญ่ขาดการคำนึงถึงความเป็นจริง และ/หรือ ขาดความสมเหตุสมผลและเมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 1 มีนักเรียน 6 ใน 8 กลุ่มสามารถเชื่อมโยงได้แต่ขาดการคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง เช่นในการทำกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 1 เรื่อง ขจัดพลังงานส่วนเกิน นักเรียนหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ว่า “หากต้องการขจัดพลังงานส่วนเกินจำนวน 683 กิโลแคลอรี จะต้องออกกำลังกายโดยวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่ 10 กม. / ชม. เป็นระยะทาง 10.7236 กม.” จากข้อสรุปนี้ นักเรียนนำไปเชื่อมโยงสู่สถานการณ์จริงว่า “หากต้องการขจัดพลังงานส่วนเกินจำนวน 683 กิโลแคลอรี จะต้องออกกำลังกายโดยวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่ความเร็วคงที่ 10 กม. / ชม. เป็นระยะทาง 10.7236 กม.” การเชื่อมโยง

โดยใช้จำนวน 10.7326 ถือว่านักเรียนขาดการคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง เนื่องจากการปฏิบัติจริง เราไม่สามารถบอกระยะทางเป็น 10.7326 ได้แต่จะใช้ค่าที่สามารถเป็นไปได้จริงเช่น 10.7 หรือ 11 ในกิจกรรมที่ 4 มีนักเรียนเพียง 1 กลุ่มเท่านั้นที่สามารถเชื่อมโยงได้ถูกต้องสมบูรณ์ และกิจกรรมที่ 7 มีนักเรียนเพียง 1 กลุ่มที่สามารถเชื่อมโยงได้ แต่มีข้อบกพร่องคือขาดการคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง อย่างไรก็ตามในกิจกรรมนี้ มีนักเรียนกลุ่มหนึ่งที่สามารถขยายความคิดของการเชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาได้ดีคือนักเรียนกลุ่มที่ 7 โดยนอกเหนือจากการให้คำแนะนำว่าควรเลือกใช้บริการอินเทอร์เน็ตของบริษัทใดแล้วยังให้คำแนะนำเพิ่มเติมว่า ผู้ใช้บริการควรดูรายการโปรโมชั่นของแต่ละบริษัทประกอบการพิจารณาควบคู่ไปด้วย

2. เมื่อสถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันควอดราติก จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยของกิจกรรมที่ 2 , 8 และ 11 เป็น 2.78 , 3.23 และ 2.55 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดของคะแนนความสามารถและการคิดของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมดังแสดงในตาราง 8 และ 9 ต่อไปนี้

ตาราง 8 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันควอดราติก โดยใช้เกณฑ์ 0-4

ขั้นตอนการใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์	กลุ่มที่																ค่าเฉลี่ย	คิดเป็น ร้อยละ			
	1		2		3		4		5		6		7		8						
	กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่		กิจกรรมที่						
	2	8	11	2	8	11	2	8	11	2	8	11	2	8	11	2			8	11	
1. การทำความเข้าใจ สถานการณ์จริง	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3.75	93.8	
2. การเชื่อมโยง สถานการณ์จริงไปสู่ ตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์	3	3	2	4	3	2	3	3	2	3	3	4	2	4	3	4	3	2	2.88	71.9	
3. การหาข้อสรุปเชิง คณิตศาสตร์จาก ตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์	1	2	4	1	4	1	4	4	2	4	4	1	4	2	4	4	4	1	2.88	71.9	
4. การทดสอบและ ขัดเกลาตัวแบบเชิง คณิตศาสตร์	3	3	2	3	2	2	3	3	2	4	3	3	3	1	3	3	2	4	1	2.67	66.7
5. การเชื่อมโยง ข้อสรุปเชิง คณิตศาสตร์ไปสู่ สถานการณ์จริง	1	2	3	1	2	1	4	3	1	2	3	1	2	1	4	2	3	4	3	2.13	53.1
ค่าเฉลี่ย	2.20	2.80	2.80	2.40	3.20	2.00	3.40	3.40	2.20	3.40	3.40	2.40	3.20	2.00	3.80	3.20	3.60	3.00	1.80		
ค่าเฉลี่ยรวมของกลุ่ม	2.60		2.53		2.93		2.87		3.00		2.87		3.40		2.93		2.85				
คิดเป็นร้อยละ	65.0		63.3		73.25		71.8		75.0		63.3		85.0		73.3		71.3				

ตาราง 9 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมี
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันควอดราติก

รายการ	กิจกรรมที่		
	2	8	11*
การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา	✓	✓	×
▪ การอภิปรายเพื่อระบุตัวแปรที่สำคัญ	✓	✓	×
▪ การอภิปรายเพื่อระบุความสัมพันธ์เบื้องต้น	✓	✓	✓
การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การอภิปรายเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง	✓	×	✓
▪ การใช้แผนภาพการกระจายในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของกราฟเส้นหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	✓
▪ การใช้กราฟเส้นในการนำไปสู่ตัวแบบในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	×
▪ การหาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล	×	✓	×
▪ การเขียนพาราโบลา โดยใช้การคาดเดาจากแผนภาพการกระจาย	✓	✓	✓
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันควอดราติก โดยใช้วิธี "กำลังสองน้อยที่สุด"	×	×	×
▪ การสร้างตัวแบบจากรูปมาตรฐานของฟังก์ชัน ($y = ax^2 + bx + c$)	✓	✓	×
▪ การใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	×	×	✓
การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การหาข้อสรุปโดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓
▪ การหาข้อสรุปโดยการศึกษาแนวทางจากตัวอย่าง	✓	✓	✓
▪ การหาข้อสรุปโดยใช้แนวคิดและวิธีการนอกเหนือไปจากพื้นฐานความรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	×	×	×
▪ การหาข้อสรุปโดยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ	✓	✓	✓
การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ	×	×	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีการอื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากวิธีการที่แนะนำ	×	×	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	✓	✓	✓
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลของการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	✓	×	×
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการสร้างครั้งแรก	✓	✓	✓
▪ การปรับปรุงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่	×	×	×

ตาราง 9 (ต่อ)

รายการ	กิจกรรมที่		
	2	8	11*
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการปรับปรุง	×	×	×
การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง			
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการเชื่อมโยงในแต่ละประเด็นปัญหา	×	✓	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง	×	×	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล	×	✓	✓
▪ การขยายความคิดของการเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สิ่งที่เกี่ยวข้องกันกับประเด็นปัญหา	×	×	×

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงนักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น และเครื่องหมาย × หมายถึงนักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมนั้นในขณะปฏิบัติกิจกรรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 8 และ 9 ซึ่งเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันควอดราติก แสดงให้เห็นว่านักเรียน 2 กลุ่ม ในจำนวน 8 กลุ่มได้ค่าเฉลี่ยรวมของสามกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 75 อย่างไรก็ตามนักเรียน 6 กลุ่มที่ได้ค่าเฉลี่ยรวมของสามกิจกรรมน้อยกว่าร้อยละ 75 แต่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 และเมื่อดูคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรม ในแต่ละขั้นตอนพบว่านักเรียนทำคะแนนได้ดีที่สุดเฉพาะขั้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริงโดยทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 93.8 และขั้นการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงเป็นขั้นที่นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้น้อยที่สุด (ร้อยละ 53.1) ส่วนขั้นการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 71.9, 71.9 และ 66.7 ตามลำดับ และจากการศึกษารายละเอียดของความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่เริ่มต้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริงด้วยการอภิปรายของสมาชิกภายในกลุ่ม และสามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ตัวแปรที่สำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ถูกต้อง และเมื่อศึกษารายละเอียดพบว่า ข้อบกพร่องที่พบเป็นส่วนน้อยคือ การระบุความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรไม่ชัดเจน ระบุประเด็นที่ต้องการศึกษาได้ไม่ครบถ้วน และระบุประเด็นปัญหาไม่ชัดเจน

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ ด้วยการอภิปรายของสมาชิกภายในกลุ่มเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง จากตาราง 8 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสามกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 71.9 เมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 2 และ 8 มีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันควอดราติกได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ข้อบกพร่องที่พบคือนักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเขียนพาราโบลาจากแผนภาพการกระจาย โดยการคาดเดาจุดที่เส้นกราฟผ่านด้วยสายตา จากนั้นจึงสร้างตัวแบบจากรูปทั่วไป $y = ax^2 + bx + c$ ด้วยการแทนค่า

จุดที่พาราโบลาผ่าน จากนั้นจึงแก้สมการหาค่า a b และ c โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ ซึ่งการสร้างตัวแบบโดยวิธีนี้ความเหมาะสมของตัวแบบจะขึ้นอยู่กับจุดที่เลือกให้พาราโบลาผ่าน ส่วนในกิจกรรมที่ 11 ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ 2 ที่นักเรียนสามารถใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นในกิจกรรมนี้หลังจากนักเรียนเขียนแผนภาพการกระจายจากข้อมูลจริงที่กำหนดให้ และ / หรือ เขียนกราฟเส้นแล้ว นักเรียนจะต้องพิจารณาว่าแผนภาพการกระจายมีแนวโน้มเป็นอะไร จากนั้นจึงใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบ ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่เขียนแผนภาพการกระจายได้ แต่ไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ โดยข้อบกพร่องที่พบมีหลายประการเช่น การตัดสินใจสร้างตัวแบบที่ไม่ใช่ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด ขาดความรอบคอบในการคำนวณและนักเรียนยังขาดทักษะในการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ อย่างไรก็ตามในกิจกรรมที่ 2 มีนักเรียนบางกลุ่มแสดงวิธีการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นที่แปลกออกไปจากนักเรียนกลุ่มอื่นๆ คือนักเรียนกลุ่มที่ 8 ซึ่งใช้วิธี Median – Median Fit Line สร้างตัวแบบโดยนำมัธยฐานย่อยคู่ตรงกลางมาหามัธยฐานย่อยอีกครั้งหนึ่งแล้วจึงปรับเส้นตรงที่สร้างได้เข้าสู่มัธยฐานย่อยที่หาได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้ จากตารางแสดงจำนวนเสื้อที่สั่งกับต้นทุนที่ใช้ดังนี้

จำนวนเสื้อ (ตัว)	ราคาค่าผลิต (บาท)
100	12,500
250	28,750
500	55,000
700	73,500
1,000	100,000
1,500	142,500
2,000	180,000

นักเรียนต้องการสร้างฟังก์ชันเชิงเส้นที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเสื้อที่สั่งกับราคาค่าผลิต โดยใช้วิธี Median-Median Fit Line ซึ่งโดยกระบวนการจะต้องแบ่งข้อมูลทั้งหมดออกเป็น 3 เซต เซตละเท่า ๆ กัน จากนั้นจึงหามัธยฐานย่อย (sub-median) ของข้อมูลในแต่ละเซต แต่เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ไม่สามารถทำได้ (จำนวนข้อมูลไม่เพียงพอที่จะแบ่งออกเป็น 3 เซตเท่า ๆ กัน) จึงนำคู่ลำดับตรงกลาง 3 คู่ลำดับมาจับคู่หามัธยฐานย่อย จากนั้นจึงนำมัธยฐานย่อยที่หาได้มามัธยฐานย่อยอีกครั้งหนึ่ง ดังนี้

(100, 12500)	_____	(175, 20625)
(250, 28750)		
(500, 55000)	_____	(725, 75500)
(700, 73500)		
(1000, 100000)	(600, 64250)	(850, 86750)
(1500, 142500)	(850, 86750)	
(2000, 180000)	_____	(1750, 161250)

จากนั้นจึงใช้มาตรฐานย่อยที่ได้ทำการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น โดยฟังก์ชันที่นักเรียนสร้างได้คือ $C(x) = 89.2857x + 6922.63$ ซึ่งแนวคิดในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธี Median-Median Fit Line ของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นการนำความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมปูพื้นฐานมาพัฒนาเป็นแนวทางใหม่ที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการมีความคิดสร้างสรรค์ ดังจะเห็นได้จากการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ (TI-92) สร้างฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธี Median-Median Fit Line ซึ่งจะได้ฟังก์ชันเป็น $y = 89.285714x + 7000$ ใกล้เคียงกับฟังก์ชันที่นักเรียนสร้างได้มาก นอกจากนี้แนวคิดดังกล่าวยังเป็นแนวคิดที่แตกต่างไปจากแนวคิดในเรื่องเดียวกันนี้ของนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมขั้นนี้คือ การหาจุดยอดของพาราโบลาว่า การแก้สมการควอดราติก การหาค่าตัวไม่ทราบค่าโดยใช้การแทนค่า จากตาราง 8 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสามกิจกรรม ในขั้นนี้นักเรียนทำได้อ้อยละ 71.9 เมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่าในกิจกรรมที่ 2 มีนักเรียนส่วนน้อย ที่สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งในกิจกรรมนี้คือค่าสูงสุดของพาราโบลาว่าได้ถูกต้อง โดยข้อบกพร่องที่พบจะสืบเนื่องจากการปฏิบัติกิจกรรมขั้นที่ 2 คือการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนเลือกใช้วิธีสร้างตัวแบบ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง เช่นการสร้างตัวแบบจากพาราโบลาที่เขียนโดยใช้การคาดเดาด้วยสายตา แล้วนำตัวแบบดังกล่าวมาหาข้อสรุปจึงส่งผลให้ข้อสรุปมีความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย กิจกรรมที่ 8 เป็นกิจกรรมที่นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วนทุกประเด็น โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณ ส่วนกิจกรรมที่ 11 มีนักเรียน 4 ใน 8 กลุ่ม สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยข้อบกพร่องที่พบ คือ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นยังไม่ใช้ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด (ตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดคือตัวแบบที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันควอดราติก แต่นักเรียนเลือกสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นที่มีความเหมาะสมน้อยกว่า) และมีนักเรียนบางกลุ่มขาดความละเอียดรอบคอบเช่นการหาข้อสรุปของนักเรียนกลุ่มที่ 3 ดังนี้ นักเรียนหาจำนวนประชากรของประเทศไทยในปี พ.ศ.2555 โดยใช้ตัวแบบ $y = 611230x + (-1.498 \cdot 10^9)$ (ซึ่งเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมน้อย) ด้วยการแทนค่า x ด้วย 2555 ได้ $y = 63,692,650$ (ในขณะที่ข้อมูลกำหนดให้จำนวนประชากรของประเทศไทยในปี พ.ศ.2544 เท่ากับ 62,308,888 คน) ถ้านักเรียนมีความละเอียดรอบคอบ นักเรียนน่าจะรู้สึกได้ถึงความผิดปกติของผลลัพธ์ที่คำนวณได้ว่าเป็นไปไม่ได้หรือไม่ที่ในปี พ.ศ.2555 ซึ่งห่างจากปี พ.ศ.2544 ถึง 11 ปี จะมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นเพียง 1,383,763 คน ในสภาวะการณ์ของการเติบโตของจำนวนประชากรที่เป็นไปตามปกติ

การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยไม่มีการอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการที่จะใช้ทำการทดสอบ จากตาราง 8 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสามกิจกรรม ในขั้นนี้นักเรียนทำได้อ้อยละ 66.7 เมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 2 และกิจกรรมที่ 8 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้แต่มีข้อบกพร่องบางประการ เช่น ในกรณีที่ผลของการทดสอบพบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยค่อนข้างสูง ซึ่งหมายความว่ายังมีความเหมาะสมไม่มากพอ นักเรียนจะต้องนำตัวแบบนั้นไปปรับปรุง หรือถ้าจำเป็นอาจต้องสร้างตัวแบบใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากขึ้น จนอยู่ในระดับที่นักเรียนพอใจแต่ในการปฏิบัติกิจกรรมนี้ นักเรียนไม่ได้ปรับปรุง หรือสร้างตัวแบบใหม่ ส่วนกิจกรรมที่ 11 นักเรียน 3 ใน 8 กลุ่ม

สามารถใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยได้ แต่มีข้อบกพร่องบางประการ เช่น กำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่ชัดเจน

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนบางกลุ่มเริ่มปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ด้วยการอภิปรายของสมาชิกในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปของการเชื่อมโยงในแต่ละประเด็นปัญหา อย่างไรก็ตามจากตาราง 8 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งสามกิจกรรมในขั้นนี้นักเรียนทำได้ ร้อยละ 53.1 น้อยที่สุดในบรรดาขั้นตอนทั้งหมด และเมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดพบว่าในกิจกรรมที่ 2 ข้อผิดพลาดส่วนใหญ่ของการเชื่อมโยงอยู่ที่ตัวแบบที่สร้างขึ้นยังไม่เหมาะสม (มีความคลาดเคลื่อนสูง) หรือไม่ถูกต้อง หรือหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การเชื่อมโยงคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องไปด้วย กิจกรรมที่ 8 ข้อบกพร่องของการเชื่อมโยงอยู่ที่การขาดการคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง การเขียนอธิบายการเชื่อมโยงไม่ชัดเจน และในกิจกรรมที่ 11 ข้อบกพร่องคือเชื่อมโยงโดยขาดความสมบูรณ์ในรายละเอียดเช่น การใช้ตัวแบบทำนายจำนวนประชากรของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งนักเรียนเชื่อมโยงประเด็นนี้สั้นๆ เพียงว่า "ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยจะมีจำนวนประชากร 77,610,153 คน" การเชื่อมโยงในลักษณะนี้ถือว่าขาดความสมบูรณ์ เพราะจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนายนี้ควรอยู่ภายใต้สภาวะของการเจริญเติบโตของประชากรที่เป็นปกติ (ไม่มีเหตุการณ์พิเศษใดๆ ที่มากระทบกับจำนวนประชากรที่จะทำให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นหรือลงอย่างผิด)

3. เมื่อสถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเอกซโพเนนเชียล จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยของกิจกรรมที่ 3 , 6 , 9 , 10 และ 12 เป็น 3.65 , 3.45 , 3.30 , 2.93 และ 3.50 ตามลำดับ สำหรับรายละเอียดของคะแนนความสามารถและการคิดของนักเรียน ในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมดังแสดงใน ตาราง 10 และ 11 ต่อไปนี้

ตาราง 10 คะแนนความสามารถการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเอกซโพเนนเชียล โดยใช้เกณฑ์ 0 - 4

ขั้นตอนการใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์	กลุ่มที่												คิดเป็น ร้อยละ						
	1		2		3		4		5		6			7		คิดเป็น ร้อยละ			
	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่	กิจกรรมที่		กิจกรรมที่					
3	6	9	10	12	3	6	9	10	12	3	6	9	10	12	3	6	9	10	12
4	3	4	4	2	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4
4	3	3	1	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4
3	4	4	1	4	4	4	4	4	2	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4
4	4	2	2	3	1	2	3	2	4	4	2	2	3	3	1	3	4	2	4
3	4	3	2	3	4	4	4	3	2	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3
3	4	3	2	3	4	2	3	2	4	3	4	4	2	3	4	4	4	2	2
3	6	3	2	3	0	3	6	3	4	3	6	3	2	1	8	3	4	3	6
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0	8	5	0	7	6	0	7	6	0	7	7	0	8	8	0
3	0	8	5	0															

ตาราง 11 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมี
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

รายการ	กิจกรรมที่				
	3	6	9	10	12
การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง					
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุตัวแปรที่สำคัญ	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุความสัมพันธ์เบื้องต้น	✓	✓	✓	✓	✓
การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์					
▪ การอภิปรายเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การใช้แผนภาพการกระจายในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของกราฟเส้นหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	×	✓	✓
▪ การหาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล	✓	×	×	✓	✓
▪ การใช้กราฟเส้นในการนำไปสู่ตัวแบบในรูปของฟังก์ชัน	✓	✓	✓	✓	×
▪ การเขียนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้การคาดเดาจากแผนภาพการกระจาย	✓	✓	×	✓	×
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้วิธี “กำลังสองน้อยที่สุด”	×	×	×	✓	✓
▪ การสร้างตัวแบบจากรูปมาตรฐานของฟังก์ชัน	✓	✓	✓	×	✓
▪ การใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	×	×	×	✓	✓
การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์					
▪ การหาข้อสรุปโดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การหาข้อสรุปโดยการศึกษาแนวทางจากตัวอย่าง	✓	×	×	✓	✓
▪ การหาข้อสรุปโดยใช้แนวคิดและวิธีการนอกเหนือไปจากพื้นฐานความรู้ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	×	×	×	×	×
▪ การหาข้อสรุปโดยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์					
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ	×	×	×	×	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	✓	✓	✓	✓	✓

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการ	กิจกรรมที่				
	3	6	9	10	12
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีการอื่น ๆ ที่แตกต่างไปจากวิธีการที่แนะนำ	×	×	×	×	×
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลของการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมในการสร้างครั้งแรก	✓	✓	✓	×	✓
▪ การปรับปรุงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่	×	×	×	✓	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการปรับปรุง	×	×	×	✓	×
การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง					
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการเชื่อมโยงในแต่ละประเด็นปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง	✓	✓	✓	×	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงผลสมเหตุสมผล	✓	✓	✓	✓	✓
▪ การขยายความคิดของการเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา	×	×	×	×	✓

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงนักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น และเครื่องหมาย × หมายถึงนักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมนั้นในขณะปฏิบัติกิจกรรม

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 10 และ 11 ซึ่งเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล แสดงให้เห็นว่านักเรียนทุกกลุ่ม ได้ค่าเฉลี่ยรวมของห้ากิจกรรมมากกว่าร้อยละ 75 และเมื่อดูคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนพบว่า นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ย ในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมได้ดี โดยขั้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้สูงสุดคือร้อยละ 93.8 ส่วนขั้นการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 88.1, 86.3, 74.4 และ 78.1 ตามลำดับ และจากการศึกษารายละเอียดของความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่ทำการศึกษาศถานการณ์จริง โดยการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและสามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ตัวแปรที่สำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ถูกต้องสอดคล้องกับผลจากตาราง 10 ที่พบว่าในการปฏิบัติกิจกรรมขั้นนี้ คะแนนเฉลี่ยของทั้งห้ากิจกรรมสูงถึงร้อยละ 93.8 อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาในรายละเอียดพบข้อบกพร่องเล็กน้อย เช่นนักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ครบถ้วน เป็นต้น

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมจากตาราง 10 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งห้ากิจกรรมของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้สูงถึงร้อยละ 88.1 โดยการเชื่อมโยงส่วนใหญ่นักเรียนจะเริ่มด้วยการอภิปรายเพื่อหาแนวทางจากนั้นใช้การสร้างแผนภาพการกระจาย เขียนกราฟเส้น และสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่าในกิจกรรม ที่ 3 และกิจกรรมที่ 6 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้อย่างถูกต้อง โดยเริ่มจากการเขียนแผนภาพการกระจาย กราฟเส้น และสร้างตัวแบบจากรูปทั่วไป $y = Ca^x$ การหาค่า C และ a ในกิจกรรมที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีค้นหาแบบรูปของจำนวน (Number pattern) จากข้อมูลจริงที่มีอยู่ ส่วนกิจกรรมที่ 6 นักเรียนส่วนใหญ่หาค่า C ในฐานะที่เป็นค่าเริ่มต้นของ $y(x = 0)$ จากนั้นจึงหาฟังก์เตอร์ของการลดลง (a) ในกิจกรรมที่ 9 ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สถานการณ์จริงเขียนกราฟไว้ให้แล้ว พบว่ามีนักเรียนร้อยละ 50 สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จากรูปทั่วไป $y = Ca^x$ ได้ถูกต้อง โดยการหาค่า C และค่า a จากกราฟ ในกิจกรรมที่ 10 ซึ่งเป็นกิจกรรมแรกที่นักเรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟได้ พบว่ามีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ข้อบกพร่องที่พบคือ นักเรียนส่วนหนึ่งสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันอื่นเช่น ฟังก์ชันเชิงเส้น หรือฟังก์ชันควอดราติก ซึ่งมีความเหมาะสมน้อยกว่าตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล กิจกรรมที่ 12 เป็นกิจกรรมสุดท้าย และเป็นกิจกรรมที่สามซึ่งนักเรียนสามารถใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามมีความรู้บางอย่างเป็นปัญหาของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คือ การหาฟังก์เตอร์ของการลดลง การอ่านค่าจากกราฟ เป็นต้น

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมจากตาราง 10 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้งห้ากิจกรรมของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 86.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ได้ และจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 6 กิจกรรมที่ 9 และกิจกรรมที่ 12 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $y = Ca^x$ โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วนทุกประเด็น ส่วนกิจกรรมที่ 3 และกิจกรรมที่ 10 มีนักเรียน 4 ใน 8 กลุ่มที่สามารถหาข้อสรุปได้ถูกต้องสมบูรณ์และครบถ้วน โดยในกิจกรรมที่ 3 มีนักเรียนบางกลุ่มที่เลือกหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีอื่นๆ เช่น ใช้การคาดเดาจากกราฟหรือใช้ลอการิทึมเป็นต้น ข้อบกพร่องที่พบคือการอ่านค่าจากกราฟของนักเรียนมีความคลาดเคลื่อน อย่างไรก็ตามในกิจกรรมที่ 9 มีนักเรียนบางกลุ่มที่ศึกษาศถานการณ์จริงไม่ละเอียด มีผลทำให้เรื่องง่ายบางอย่างกลายเป็นเรื่องยาก เช่น ประเด็นปัญหาที่ถามว่า “ระยะเวลาที่ร่างกายใช้ในการขจัดยาพาราเซตามอลในร่างกายจนปริมาณยาที่เหลืออยู่จะไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกาย” การหาข้อสรุปของประเด็นปัญหานี้ นักเรียนกลุ่มที่ 7 ทำดังนี้

3.4 ระยะเวลาที่ร่างกายใช้กำจัดยาในร่างกายจนเหลือปริมาณของยาที่ไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกาย และปริมาณของยาที่เหลืออยู่นั้นเป็นกี่มิลลิกรัม

3.4.1 หาระยะเวลาที่ร่างกายใช้กำจัดยาพาราเซตามอลในร่างกายจนเหลือปริมาณยาที่ไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกาย

$$y = 500 \cdot 0.5^x \quad \text{จาก } y = 15.625$$

$$15.625 = 500 \times 0.5^x$$

$$\therefore x = 5$$

ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ซึ่งในสถานการณ์ปัญหาคำหนดข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณไว้อย่างชัดเจน และเพียงพอที่จะนำมาหาผลลัพธ์ของประเด็นปัญหาข้างต้นได้ดังนี้

“โดยทั่วไปยาที่รับประทานเข้าไปจะถูกขจัดออกจากร่างกายในเวลา 5 ระยะเวลาครึ่งชีวิต โดยปริมาณยาที่เหลืออยู่ไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกาย ดังนั้นถ้ายาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม 1 เม็ด มีระยะครึ่งชีวิตของยาเท่ากับ 2.5 ชั่วโมง จะได้ว่าเวลาที่ร่างกายจะขจัดยาออกจากร่างกายจนเหลือปริมาณยาที่ไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายคือ $5 \times 2.5 = 12.5$ ชั่วโมง”

การทดสอบและขีดเกล้าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมจากตาราง 10 พบว่าจะแนบเฉลี่ยของห้ากิจกรรมของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ คิดเป็นร้อยละ 74.4 ต่ำกว่าร้อยละ 75 เล็กน้อย แต่ก็อาจกล่าวได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการทดสอบและขีดเกล้าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 3 และกิจกรรมที่ 6 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และสรุปผลของการทดสอบ โดยแสดงรายละเอียดของการทดสอบด้วยวิธีหาความคลาดเคลื่อนได้อย่างถูกต้อง กิจกรรมที่ 9 และกิจกรรมที่ 10 มีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ข้อบกพร่องที่พบในกิจกรรมที่ 9 คือการย้ายค่าจากกราฟคลาดเคลื่อนและในกิจกรรมที่ 10 คือการระบุเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่ชัดเจน ส่วนกิจกรรมที่ 12 พบว่านักเรียนร้อยละ 50 สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยทำการคำนวณในเครื่องคำนวณเชิงกราฟได้อย่างถูกต้อง ข้อบกพร่องที่พบคือ การกำหนดเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไว้ค่อนข้างสูง ซึ่งจะทำให้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์มีความน่าเชื่อถือลดลง อย่างไรก็ตามมีข้อบกพร่องที่น่าสนใจ ในบางกิจกรรมเช่น ในกิจกรรมที่ 6 นักเรียนบางส่วนหาค่าคำนวณไม่ถูกต้อง ในกิจกรรมที่ 10 มีนักเรียนบางส่วนกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่ชัดเจน

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ในภาพรวม จากตาราง 10 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของทั้งห้ากิจกรรมของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 78.1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงได้และในการศึกษารายละเอียดพบว่า ในกิจกรรมที่ 6 และกิจกรรมที่ 12 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปอธิบาย และ/หรือ แปลความหมายไปสู่สถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ และครบถ้วน นอกจากนั้นในกิจกรรมที่ 12 ยังพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่สามารถขยายความคิดไปสู่เรื่องที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดีด้วยการให้ข้อเสนอแนะประกอบการตัดสินใจระหว่างการฝากเงินไว้กับธนาคารกับการนำเงินไปซื้อพันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติตั้งตัวอย่างการทำกิจกรรมของนักเรียนกลุ่มที่ 6 ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 5: การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง (15 นาที)

5.1 จะฝากเงินกับธนาคารใด

ตัดสินใจฝากเงินไว้กับธนาคาร ออมไทย

เพราะ ได้ผลตอบแทนมากกว่ากว่าธนาคารอื่น

5.2 จะฝากเงินกับธนาคารหรือนำเงินไปซื้อพันธบัตรออมทรัพย์

ตัดสินใจนำเงินไป ซื้อพันธบัตรออมทรัพย์

เพราะ จะได้ผลตอบแทนสูงกว่ากว่า ทบที่นำเงินไปฝากธนาคารเงินจะลดค่า ๗๕ บาท

5.3 จะฝากเงินกับธนาคารหรือซื้อพันธบัตรออมทรัพย์ ถ้าการซื้อพันธบัตรเป็นไปตาม

แผนที่กำหนดไว้ในประเด็นปัญหาที่ ๖ (จากใบกิจกรรมที่ ๑)

ตัดสินใจนำเงินไป ฝากธนาคาร

เพราะ ได้ผลตอบแทนสูงกว่ากว่า ทบที่นำเงินไปซื้อพันธบัตรออมทรัพย์ ๓๕ บาท

มีค่ามากกว่าเป็นส่วนตัวเงินทุกๆปี เราควรซื้อ พันธบัตรออมทรัพย์ เพราะ

ทบฝากเงินไปฝากธนาคาร จะลดค่าได้ก็ ๓๐ บาท ๓๖ บาท ๓๕ บาท

ซื้อ พันธบัตรออมทรัพย์ จะได้เงินทุกๆปี

ภาพประกอบ 17: ตัวอย่างการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงของนักเรียน

กิจกรรมที่ 3 มีนักเรียน 4 ใน 8 กลุ่มที่เชื่อมโยงได้ถูกต้อง ส่วนในกิจกรรมที่ 9 และกิจกรรมที่ 10 มีนักเรียนส่วนน้อยที่สามารถเชื่อมโยงได้ถูกต้อง โดยข้อบกพร่องที่พบคือการเชื่อมโยงโดยขาดการคำนึงถึงความเป็นจริงหรือข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์มีความคลาดเคลื่อน

4. เมื่อสถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในรูปของกราฟ จากตาราง 5 ค่าเฉลี่ยของกิจกรรมที่ 5 เป็น 2.80 สำหรับรายละเอียดของคะแนนความสามารถและการคิดของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรม ดังแสดงในตาราง 12 และ 13 ต่อไปนี้

ตาราง 12 คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมอยู่ในรูปของกราฟ โดยใช้เกณฑ์ 0-4

ขั้นตอนของการใช้รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์	กลุ่มที่								คิดเป็นร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง	3	4	4	4	4	4	3	4	93.8
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่รูปแบบเชิงคณิตศาสตร์	4	4	4	4	4	3	4	4	97.0
3. การหาคำอธิบายเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	4	2	2	2	3	2	2	2	59.0
4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	2	2	3	2	2	2	2	2	53.3
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง	3	1	1	2	2	2	2	2	47.0
ค่าเฉลี่ย	3.20	2.60	2.80	2.80	3.00	2.60	2.60	2.80	2.80
คิดเป็นร้อยละ	80.0	65.0	70.0	70.0	75.0	65.0	65.0	70.0	70.0

ตาราง 13 บันทึกแบบสำรวจรายการ การทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมี
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมอยู่ในรูปของกราฟ

รายการ	กิจกรรมที่ 5
การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง	
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุตัวแปรที่สำคัญ	✓
▪ การอภิปรายเพื่อระบุความสัมพันธ์เบื้องต้น	✓
การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	
▪ การอภิปรายเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง	✓
▪ การใช้แผนภาพการกระจายในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปกราฟ	✓
▪ การหาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล	✓
▪ การเขียนกราฟเส้นโดยใช้หลักการ “กำลังสองน้อยที่สุด”	×
▪ การเขียนกราฟเส้นโดยใช้การคาดเดา	✓
การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	
▪ การหาผลลัพธ์โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์	✓
การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ	×
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	✓
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิธีการอื่น ๆ ที่ แตกต่างไปจากวิธีการที่แนะนำ	×
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลของการทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	×
▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมในการสร้างครั้งแรก	×
▪ การปรับปรุงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่	✓
▪ การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์หลังการปรับปรุง	✓
การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง	
▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการเชื่อมโยงในแต่ละประเด็นปัญหา	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้จริง	✓
▪ การเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สถานการณ์จริงโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผล	×
▪ การขยายความคิดของการเชื่อมโยงข้อสรุปไปสู่สิ่งที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา	×

หมายเหตุ เครื่องหมาย ✓ หมายถึงนักเรียนแสดงพฤติกรรมนั้น และเครื่องหมาย × หมายถึงนักเรียนไม่แสดงพฤติกรรมนั้นในขณะปฏิบัติกิจกรรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 12 และ 13 ซึ่งเป็นการปฏิบัติกิจกรรมที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในรูปของกราฟ พบว่ามีนักเรียน 2 กลุ่มในจำนวน 8 กลุ่ม ได้ค่าเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 75 ขึ้นไป และเมื่อดูคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนพบว่า นักเรียนทำคะแนนได้ดี ในขั้นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง และขั้นการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 93.8 และ 97.0 ตามลำดับ ส่วนขั้นการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยได้ร้อยละ 59.0 , 53.3 และ 47.0 ตามลำดับ และจากการศึกษารายละเอียดของความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปได้ดังนี้

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ในภาพรวม นักเรียนสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริงได้ โดยร่วมกันศึกษาและอภิปรายหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ตัวแปรที่สำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ถูกต้อง ดังตาราง 12 ที่พบว่านักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ได้สูงถึงร้อยละ 93.8 อย่างไรก็ตามเมื่อศึกษาในรายละเอียดพบว่ามีนักเรียน 2 ใน 8 กลุ่มที่ระบุตัวแปรสำคัญได้ไม่ชัดเจน

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวม นักเรียนสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของกราฟได้ ดังตาราง 12 ที่พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ได้สูงถึงร้อยละ 97 และจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่านักเรียนเริ่มด้วยการอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยงจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนแผนภาพการกระจาย และหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล นักเรียนทุกกลุ่มสามารถตัดสินใจได้ว่ากราฟเส้นที่เหมาะสมกับข้อมูลไม่ใช่เส้นตรง มีนักเรียนบางกลุ่มแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมว่าอาจเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เป็นฟังก์ชันลด จากนั้นจึงร่วมกันแสดงความคิดเห็นว่าจะเขียนกราฟอย่างไร โดยนักเรียนทุกกลุ่มเลือกเขียนกราฟโดยใช้การคาดเดาด้วยสายตา

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่หาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบซึ่งอยู่ในรูปกราฟได้บ้าง เมื่อดูคะแนนเฉลี่ย จากตาราง 12 พบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 59 และจากการเข้าไปศึกษาในรายละเอียดพบว่าสิ่งที่น่าเป็นข้อผิดพลาดคือนักเรียนส่วนใหญ่อ่านค่าจากกราฟคลาดเคลื่อน หรือในบางกลุ่มอ่านได้ไม่ถูกต้องเช่น การอ่านค่าจากกราฟได้ละเอียดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่งซึ่งเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากสำหรับสเกลที่นักเรียนใช้

การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่ทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้บ้าง โดยคะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 53.3 และจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่าข้อบกพร่องในการทดสอบของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ที่การหาค่าทำนายจากตัวแบบซึ่งอยู่ในรูปของกราฟ โดยนักเรียนส่วนใหญ่อ่านค่าจากกราฟคลาดเคลื่อน จึงส่งผลให้ผลของการทดสอบคลาดเคลื่อนไปด้วย อย่างไรก็ตามพบว่ามีนักเรียนบางกลุ่มกลับไปขัดเกลาตัวแบบใหม่ (เขียนกราฟใหม่) เมื่อผลจากการทดสอบ มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่กำหนดไว้

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ในภาพรวม นักเรียนส่วนใหญ่หาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปอธิบายสถานการณ์จริงได้บ้างเป็นบางประเด็น โดยคะแนนเฉลี่ยของการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้คิดเป็นร้อยละ 47 ซึ่งเป็นคะแนนต่ำสุด และจากการศึกษาในรายละเอียดพบว่าข้อบกพร่อง

ของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องมาจากขั้นตอนของการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความคลาดเคลื่อนมาก่อน ดังนั้นการนำข้อสรุปที่คลาดเคลื่อนมาเชื่อมโยง ผลของการเชื่อมโยงจึงคลาดเคลื่อนตามไปด้วย

ตอนที่ 2 ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง

ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจากการทำแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกและความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ชนิดมาตราประเมินค่า 5 ระดับ สำหรับข้อคำถามในเชิงนิยามมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้ 1 : ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 : ไม่เห็นด้วย 3 : ไม่แน่ใจ 4 : เห็นด้วย 5 : เห็นด้วยอย่างยิ่ง ส่วนข้อคำถามในเชิงนิเสธมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้ 1 : เห็นด้วยอย่างยิ่ง 2 : เห็นด้วย 3 : ไม่แน่ใจ 4 : ไม่เห็นด้วย และ 5 : ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง นำค่าเฉลี่ยของข้อคำถามแต่ละข้อไปหาค่าเฉลี่ยรวม โดยการแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยรวมซึ่งเป็นผลของการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งฉบับใช้เกณฑ์ดังนี้

1.00 – 1.49	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.50 – 2.49	ไม่เห็นด้วย
2.50 – 3.49	ไม่แน่ใจ
3.50 – 4.49	เห็นด้วย
4.50 - 5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง จากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
1	คณิตศาสตร์ฝึกให้คิดอย่างมีระบบ	4.47	.57	เห็นด้วย
2	การเรียนรู้คณิตศาสตร์เข้าใจง่ายเพราะมีขั้นตอน	3.81	.47	เห็นด้วย
3	ฉันสนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	3.72	.81	เห็นด้วย
4	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ฉันมีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ	3.56	.84	เห็นด้วย
5	ฉันชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่น ๆ โดยเฉพาะวิชาที่ต้องท่องจำ	3.78	.66	เห็นด้วย
6	ฉันชอบหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทายความคิดอยู่เสมอ	3.16	.95	ไม่แน่ใจ
7	วิชาคณิตศาสตร์น่าเบื่อหน่าย	3.66	.87	ไม่เห็นด้วย

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
8	ฉันสามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้ รวดเร็วกว่าวิชาอื่น	3.09	.69	ไม่แน่ใจ
9	ฉันสามารถตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ดีกว่าวิชาอื่น	3.19	.78	ไม่แน่ใจ
10	คณิตศาสตร์ช่วยให้การทำงานมีขึ้นตอนดีขึ้น	4.03	.69	เห็นด้วย
11	ฉันไม่สนุกกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน	2.81	1.15	ไม่แน่ใจ
12	ฉันขยันทำแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์	3.16	.68	ไม่แน่ใจ
13	ฉันไม่ชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์	3.53	.92	ไม่เห็นด้วย
14	ฉันสบายใจเมื่อได้ทำกิจกรรมหรืองาน เกี่ยวกับคณิตศาสตร์	3.53	.80	เห็นด้วย
15	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนสนุก	3.78	.83	เห็นด้วย
16	ฉันชอบทำแบบฝึกหัดวิชาอื่นมากกว่าวิชา คณิตศาสตร์	2.97	.78	ไม่แน่ใจ
17	ฉันรู้สึกมั่นใจในการทำข้อสอบวิชา คณิตศาสตร์	2.97	.78	ไม่แน่ใจ
18	ฉันชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ คณิตศาสตร์อยู่เสมอ	3.59	.56	เห็นด้วย
19	คณิตศาสตร์ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมี เหตุผล	4.19	.74	เห็นด้วย
20	ฉันมีความมั่นใจมากเวลาคิดคำนวณทาง คณิตศาสตร์	3.06	.76	ไม่แน่ใจ
21	ฉันชอบคิดถึงสิ่งที่อยู่รอบตัวให้เกี่ยวข้องกับ กับคณิตศาสตร์อยู่เสมอ	3.50	.76	เห็นด้วย
22	ฉันอยากให้เพื่อน ๆ ทำการบ้านวิชา คณิตศาสตร์ได้	4.19	.78	เห็นด้วย
23	ฉันรู้สึกหนักใจเมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์	2.53	.92	ไม่แน่ใจ
24	ฉันคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน	3.53	.88	ไม่เห็นด้วย
25	ฉันรู้สึกประหม่าหรือกลัว เมื่อครูให้ออกไป ทำกิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน	2.87	.94	ไม่แน่ใจ
26	ฉันชอบตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์	3.59	.71	เห็นด้วย
27	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก ถ้าใช้ความ พยายาม	3.97	.69	เห็นด้วย

ตาราง 14 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
28	ฉันรู้สึกว่าคุณเมื่อพ่อ แม่ หรือครูถาม ปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์	3.53	.80	ไม่เห็นด้วย
29	คนเรียนเก่งคณิตศาสตร์ชอบถือความคิดเห็น ของตนเองเป็นใหญ่โดยไม่มีเหตุผล	3.53	1.16	ไม่เห็นด้วย
30	ฉันชอบนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ใน ชีวิตประจำวันเสมอ เช่น การคิดเงินทอน ฯลฯ	4.19	.59	เห็นด้วย
รวมทั้งฉบับ		3.52	.70	เห็นด้วย

จากตารางพบว่า ผลการประเมินเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อส่วนใหญ่ของข้อคำถามในเชิงนิมิต นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ เห็นด้วย และต่อส่วนใหญ่ของข้อคำถามในเชิงนิเสธ นักเรียนมีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ไม่เห็นด้วย และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยของผลการวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.52 แสดงว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และน่าสังเกตว่านักเรียนเห็นด้วยว่าคณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ ช่วยให้งานมีขั้นตอนดีขึ้น ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและชอบที่จะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำ ได้แก่ข้อความ ฉันรู้สึกหนักใจเมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์ และฉันไม่สนุกกับการคำนวณที่ซับซ้อน ซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับไม่แน่ใจ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐานและวิธีการดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมาย ในการวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ

1. ศึกษาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
2. ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม
2. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนทวีธาภิเศก จำนวน 32 คน แบ่งเป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ค011 ค012 และ ค013) อยู่ในระดับต่ำ (1.55 – 2.50) และระดับสูง (3.36 – 4.00) อย่างละ 8 คน และในระดับปานกลาง (2.51 – 3.35) 16 คน ใช้เวลาในการทดลองสำหรับกิจกรรมปูพื้นฐาน 6 ชั่วโมงและการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 36 ชั่วโมง รวม 42 ชั่วโมงนอกเวลาเรียนปกติ โดยมีผู้วิจัยและครูอาสาสมัครเป็นผู้สอนร่วมกัน

การทดลอง ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ประกอบด้วยกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ 12 กิจกรรมเป็นกิจกรรมที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น และฟังก์ชันควอดราติกอย่างละ 3 กิจกรรม เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล 5 กิจกรรม และมีตัวแบบที่เหมาะสมอยู่ในรูปกราฟ 1 กิจกรรม ใช้เวลาปฏิบัติกิจกรรมๆ ละ 3 ชั่วโมง โดยจัดกิจกรรมปูพื้นฐาน 4 กิจกรรม ให้นักเรียนก่อนเริ่มทำการทดลอง เครื่องมือที่ใช้เป็นตัวจัดกระทำประกอบด้วย แผนการสอน เอกสารสถานการณ์ปัญหา พร้อมเอกสารประกอบ แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม และเอกสารสำหรับครู โดยมีแบบรายงานผลปฏิบัติกิจกรรม แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ แบบสำรวจรายการ แบบสัมภาษณ์เพิ่มเติม และแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือจัดเก็บข้อมูลการวิจัย รูปแบบของการจัดกิจกรรมแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ (1) การปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่ : ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาร่วมกับนักเรียนและแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย 4 คน แบบวัดความสามารถ (2) การปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มย่อย : นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอน โดยบันทึกผลของการปฏิบัติกิจกรรมไว้ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม (3) การปฏิบัติกิจกรรมเป็นกลุ่มใหญ่ : นักเรียนส่งตัวแทนออกไปรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนที่เหลือร่วมแสดงความคิดเห็นและครูสรุปให้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอน คะแนนความสามารถของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมได้จากการตรวจให้คะแนนการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคที่เป็นความเห็นชอบร่วมกันของผู้วิจัยและ

ครูอาสาสมัคร สำหรับการศึกษาการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะทำการศึกษาจาก ร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรมในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมและข้อมูลจากแบบสำรวจรายการ เมื่อเสร็จสิ้น การทดลองให้นักเรียนตอบแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลไปวิเคราะห์ว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชา คณิตศาสตร์หลังการทดลองเป็นอย่างไร

เครื่องมือสำหรับจัดเก็บข้อมูลการวิจัย ประกอบด้วย

1. แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นเอกสาร สำหรับนักเรียนใช้รายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนต่าง ๆ จากสถานการณ์ ปัญหาที่กำหนดให้ โดยในแต่ละขั้นตอนมีคำถามนำ และ/หรือคำแนะนำให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ อย่างเป็นขั้นตอน

2. แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ใช้บันทึกคะแนน ความสามารถและข้อสังเกตในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนของนักเรียน แต่ละกลุ่มในแต่ละกิจกรรม

3. แบบสำรวจรายการ เป็นแบบบันทึกข้อมูลการสังเกตการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบ เชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน โดยมีรายการประเมินเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนปฏิบัติในแต่ละขั้นตอน

4. แบบสัมภาษณ์ ใช้ในการหาข้อมูลเพิ่มเติมที่พบในระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม การใช้ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

5. แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความรู้สึกและความ คิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 30 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในแต่ละขั้นตอน ของแต่ละกิจกรรมจากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมที่ตรวจให้คะแนนด้วยความเห็นชอบร่วมกันของผู้ วิจัยและครูอาสาสมัครโดยการเทียบความสามารถของนักเรียนจากการปฏิบัติกิจกรรมกับระดับความสามารถ 5 ระดับของเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric assessment) นำไปวิเคราะห์เชิงปริมาณหา

1.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรม ของนักเรียนแต่ละกลุ่มและร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

1.2 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

1.3 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน รวมทุกกลุ่ม ในแต่ละกิจกรรมและร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

ถ้ามีจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความ สามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม แสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2. คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอน ของกิจกรรมที่สถานการณ์มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเป็น ฟังก์ชันเชิงเส้น (กิจกรรมที่ 1 , 4 และ 7) ฟังก์ชัน ตรีโกณมิติ (กิจกรรมที่ 2 , 8 และ 11) ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล (กิจกรรมที่ 3 , 6 , 9 , 10 , 12) และกราฟ (กิจกรรมที่ 5) นำไปวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยการหา

2.1 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของการปฏิบัติกิจกรรมทุกกิจกรรมที่มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เป็นฟังก์ชันชนิดเดียวกันของนักเรียนแต่ละกลุ่มและร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

2.2 ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถและการคิดรวมของนักเรียนทุกกลุ่มในแต่ละขั้นตอน และ ร้อยละของค่าเฉลี่ยดังกล่าว

3. นำข้อมูลจากแบบสำรวจรายการและร่องรอยของการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนในแต่ละกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

4. นำข้อมูลจากแบบวัดเจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ไปวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนในกลุ่มทดลองไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 มีคะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวมซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานแสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

2. นักเรียนในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบวัดเจตคติเป็น 3.52 แสดงว่านักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองใช้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้

รายละเอียดของความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนสรุปได้ดังนี้

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง จากการศึกษารายละเอียดของการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่มจะเห็นได้ชัดเจนว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ระบุงบประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ตัวแปรที่สำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ถูกต้อง ข้อบกพร่องของนักเรียนส่วนน้อยที่พบคือ การระบุตัวแปรได้ไม่ชัดเจน เช่น ไม่ระบุหน่วยของตัวแปร เป็นต้น

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปฟังก์ชัน นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มต้นจากการเขียนแผนภาพการกระจาย มีบางที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลประกอบการตัดสินใจว่าความสัมพันธ์ของสิ่งของ 2 สิ่งที่กำลังศึกษานั้นเป็นอะไรระหว่างเส้นตรง พาราโบลา หรือ เอกซ์โพเนนเชียล โดยนักเรียนจะตัดสินใจได้ง่ายกรณีมีจำนวนข้อมูลค่อนข้างมากแต่จะมีนักเรียนบางส่วนที่มีปัญหาในการตัดสินใจกรณีมีข้อมูลค่อนข้างน้อยหรือแผนภาพการกระจายไม่แสดงแนวโน้มให้เห็นอย่างชัดเจน นักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเขียนกราฟจากแผนภาพการกระจายโดยใช้วิธีคาดเดาด้วยสายตา ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก หรือวิธี Median – Median Fit Line กรณีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง สำหรับการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่ทำได้ ในกรณีเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล แต่สำหรับการนิยามเป็นฟังก์ชันคออซายน์ นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาคือตัวแบบที่สร้างขึ้นมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยค่อนข้างสูง ซึ่งหมายความว่าตัวแบบมีความเหมาะสมกับข้อมูลจริงน้อย สาเหตุที่เป็นเช่นนี้สาเหตุหนึ่งมาจากนักเรียนใช้การเขียนกราฟเส้นจากการคาดเดาด้วยสายตาจึงได้กราฟที่ยังไม่เหมาะสม และการใช้

เครื่องคำนวณเชิงกราฟในการคิดคำนวณและสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในการทำกิจกรรมนี้ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากเครื่องคำนวณเชิงกราฟยังเป็นของใหม่สำหรับนักเรียน นักเรียนมีความคุ้นเคยน้อยทำให้มีปัญหาในการใช้อย่างสำหรับนักเรียนจำนวนหนึ่ง

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และ/หรือ จากประเด็นปัญหาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนสามารถใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ เช่น ใช้วิธีการแทนค่า การแยกแฟกเตอร์ การหาค่าเลขยกกำลัง การใช้ลอการิทึมและแอนติลอการิทึม หรือใช้ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมปูพื้นฐาน เช่น การใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันได้เป็นส่วนใหญ่ แต่นักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับการหาข้อสรุปจากตัวแบบที่อยู่ในรูปกราฟ กล่าวคือค่าที่นักเรียนอ่านได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง หรือเป็นค่าที่ไม่สามารถเป็นไปได้ เช่น การอ่านค่าจากกราฟได้ จำนวนที่เป็นทศนิยม 2 หรือ 3 ตำแหน่ง เป็นต้น

การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยซึ่งเป็นวิธีที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้มาจากกิจกรรมปูพื้นฐาน ปัญหาที่พบคือนักเรียนกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยไม่ชัดเจน เช่นนักเรียนกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยไม่ระบุว่าเป็นร้อยละของสิ่งใด หรือกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนไว้ค่อนข้างสูง ความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมขั้นนี้ประการหนึ่งที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่แสดงออกให้เห็นคือการขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในกรณีที่ผลของการทดสอบคือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่กำหนดไว้ นักเรียนควรนำตัวแบบที่สร้างขึ้นมาปรับปรุงเช่น ปรับเส้นกราฟและขัดเกลาตัวแบบใหม่ หรือสร้างตัวแบบใหม่ (ถ้าจำเป็น) แต่นักเรียนไม่ได้ทำ สิ่งที่นักเรียนเลือกทำคือ ปรับเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยใหม่ให้สูงขึ้นครอบคลุมค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่คำนวณได้จากนั้นจึงสรุปผลของการทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมดีแล้ว สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเกิดจากการกำหนดเวลา ในการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละขั้นไว้จำกัดทำให้นักเรียนกลัวว่าจะปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จไม่ทันในเวลาที่กำหนด

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง นักเรียนส่วนใหญ่หาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปอธิบาย และ/หรือ แปลความหมายไปสู่สถานการณ์จริงในลักษณะของการตอบคำถามอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นความเคยชินมาจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทในโรงเรียนโดยในระยะแรกของการปฏิบัติกิจกรรมการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปอธิบาย และ/หรือ แปลความหมายกลับไปสู่สถานการณ์จริงของนักเรียนมักไม่คำนึงถึงความเป็นไปได้จริง หรือในบางครั้งขาดความสมเหตุสมผล แต่การนำเสนอผลการปฏิบัติหน้าชั้นเรียนสามารถช่วยลดข้อบกพร่องดังกล่าวลงได้ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนน้อยมากที่สามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง โดยการแสดงความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงทั้งในทางกว้างและในทางลึก

การอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้พัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายชั้น และได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ผลของการทดลองพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 87.5 ได้คะแนนความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนรวม จากการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความ

สามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีประเด็นที่พึงสังเกตเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจเพิ่มเติมดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากการ

1.1 สถานการณ์จริงที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมเป็นสถานการณ์ที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนและนักเรียนคุ้นเคย มีทั้งสถานการณ์จริงที่กำหนดข้อมูลจริงมาให้และให้นักเรียนร่วมกันทำการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล มีความหลากหลายของสภาพแวดล้อมและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อดึงดูดความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนอยากหาคำตอบ สอดคล้องกับแนวคิดของทีเชนและคณะ (Thiessen, et al. 1989 : 38) เกี่ยวกับการเลือกสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ว่า ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ทำให้นักเรียนรู้สึกว่ามีประโยชน์ น่าสนใจ ทำทาย มีความหลากหลาย มีคุณค่าในเชิงนั้นทนทานการและนักเรียนรู้สึกสนุกกับหาคำตอบ โดยการจัดการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จริงซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาจะถือเป็นประสบการณ์ที่มีความหมายและมีความสำคัญต่อการเรียนรู้และทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตจริงได้ (Rey, Suydam & Lindquist. 1992 : 44)

1.2 กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมเริ่มจากการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง กำหนดแนวคิดในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และนำข้อสรุปกลับไปอธิบายหรือแปลความหมายสู่สถานการณ์จริง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก หนุนเวียนไปดูแลการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนตามกลุ่มต่าง ๆ ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดและแนะนำเท่าที่จำเป็น ซึ่งแนวทางการจัดกิจกรรมดังกล่าวนี้ ยุพิน พิพิธกุล (2543 : 1 - 10) และวิชัย วงศ์ใหญ่ (2542 : 22 - 32) กล่าวว่า เป็นแนวทางการจัดกิจกรรมที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอน โดยหนึ่งกลุ่มประกอบด้วยสมาชิก 4 คน เป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์อ่อนและเก่งอย่างละ 1 คน และปานกลาง 2 คน ปฏิบัติหน้าที่เป็นประธาน เลขานุการ ผู้สนับสนุน และผู้รายงาน หนุนเวียนกันไป ซึ่งแนวการจัดการเรียนรู้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันคิด ร่วมกันแก้ปัญหา ปรึกษาหารือ อภิปรายและแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผลซึ่งกันและกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 : 188) ทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาสอดคล้องกับผลการวิจัยของสมเดช บุญประจักษ์ (2540 : 98) ที่พบว่าการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือจะช่วยให้นักเรียนมีศักยภาพทางด้านการแก้ปัญหาสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของอดัมและแฮมม (Addam and Hamm. 1990 : 33) ที่กล่าวว่า การแก้ปัญหาาร่วมกันเป็นกลุ่มจะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จมากกว่าการแก้ปัญหาเพียงลำพังคนเดียว

1.4 กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่มีการนำเครื่องคำนวณเชิงกราฟมาใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และการทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติกิจกรรมในสองขั้นนี้ได้ภายในกรอบของเวลาที่กำหนดและสามารถปฏิบัติกิจกรรมบางกิจกรรมที่ข้อมูลจริงมีค่ามากได้สอดคล้องกับแนวคิดของแดนซ์และคณะ (Dance, et al. 1992 : 120 - 130) ที่กล่าวว่า เครื่องคำนวณเชิงกราฟจะช่วยให้ นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถศึกษาประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่สามารถเข้าถึงหรือเข้าถึงยากได้

1.5 กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมที่มีแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งมีคำแนะนำ และ/หรือคำแนะนำในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนให้นักเรียนใช้เป็นแนวทางสำหรับปฏิบัติกิจกรรมอาจเป็นวิธีที่ให้นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็นส่วนใหญ่ สอดคล้องกับแนวคิดของคอมเบอร์ (Comber, 1999 : 1) ที่กล่าวถึงแนวทางการสอนเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไว้ว่าการให้คำแนะนำสั้นๆ ในการปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่อขั้นจะเป็นผลดีต่อนักเรียนในการพยายามคิดด้วยตนเอง

2. ผลการวิจัยพบว่านักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและสังเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้นและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้ดี สามารถคิดหาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันและทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ สาเหตุที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ดี อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้กำหนดรูปแบบและแนวทางของปฏิบัติกิจกรรมไว้อย่างเหมาะสม เช่น รูปแบบของปฏิบัติกิจกรรมขั้นที่หนึ่งที่เริ่มด้วยครูนำเสนอสถานการณ์จริง สร้างแรงจูงใจให้นักเรียนเกิดความรู้สึกสนใจและต้องการแก้ปัญหา จากนั้นจึงร่วมกับนักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา จากรูปแบบดังกล่าวผนวกเข้ากับการปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้กระบวนการกลุ่มอาจทำให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ดี ส่วนสาเหตุที่นักเรียนสามารถสังเคราะห์ความรู้ที่เกี่ยวข้องมาสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้นและเอกซ์โพเนนเชียลได้ดี นอกเหนือจากความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้ว อาจเนื่องมาจากความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการจัดกิจกรรมปูพื้นฐานก่อนการทดลองการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มย่อยแบบละความสามารถ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันเชิงเส้นและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลมีตัวพารามิเตอร์เพียงสองตัว (ฟังก์ชันเชิงเส้นในรูป $y = mx + b$ ตัวพารามิเตอร์คือ m และ b ส่วนฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ในรูป $y = Ca^x$ ตัวพารามิเตอร์คือ C และ a) ทำให้นักเรียนใช้เวลาไม่มากนักในการหาค่าของตัวพารามิเตอร์ดังกล่าว ประกอบเข้ากับการให้คำแนะนำอย่างเป็นลำดับและมีขั้นตอนในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม อาจเป็นสาเหตุทำให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นและฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลได้ดี สำหรับสาเหตุที่นักเรียนสามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ นอกเหนือจากความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้ว อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีทางเลือกหลายทางในการหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในรูปแบบของใบกิจกรรม (ดูตัวอย่างในภาคผนวก ณ) และการนำเครื่องคำนวณเชิงกราฟมาใช้ในการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้นักเรียนสามารถหาข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ส่วนการที่นักเรียนสามารถทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ อาจเนื่องมาจากการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นนี้ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่เลือกใช้วิธีการทดสอบที่เรียกว่า “การหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย” และนักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วจากกิจกรรมปูพื้นฐานที่ผู้วิจัยจัดให้กับนักเรียนก่อนการทดลอง ประกอบกับในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมได้จัดให้มีคำแนะนำไว้อย่างเป็นขั้นตอน จึงอาจเป็นสาเหตุให้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้

อย่างไรก็ตามผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์ปัญหามีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันคออตาติก และการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นที่ห้าคือ การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงนักเรียนยังปฏิบัติได้ไม่ดีนัก โดยสาเหตุที่ทำให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมที่สถานการณ์ปัญหามีตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันคออตาติกได้ยังไม่ดีนัก อาจเนื่องมาจากการปฏิบัติกิจกรรมในขั้นการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่เลือกที่จะเขียน

พาราโบลาจากแผนภาพการกระจายโดยใช้การคาดเดาจุดที่พาราโบลาผ่านด้วยสายตา จากนั้นจึงสร้างตัวแบบจากรูปทั่วไป $y = ax^2 + bx + c$ ด้วยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟแก้สมการหาค่าของตัวพารามิเตอร์ a b และ c ซึ่งการสร้างตัวแบบโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายสำหรับนักเรียน แต่ตัวแบบที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยค่อนข้างสูง ซึ่งการปฏิบัติที่ควรจะเป็นคือนักเรียนต้องกลับไปขีดเส้นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบที่เหมาะสม (มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่กำหนดไว้) แต่นักเรียนไม่ได้ทำการขีดเส้นตัวแบบ สาเหตุอาจเนื่องมาจากเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมแต่ละขั้นตอนที่มีอยู่อย่างจำกัด หรือนักเรียนขาดความอดทนในการทำงาน เนื่องจากที่ผ่านมาการจัดการเรียนการสอนของครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการบรรยาย อธิบาย ให้ตัวอย่างและมีวิธีที่ได้รับการถ่ายทอดไปจากครูด้วยการทำแบบฝึกหัดท้ายบท (สมศักดิ์ ขจรเจริญกุล, 2539 : 1 - 3) ซึ่งเดวิสและชอนเฟล (Davis, 1996 : 23 ; Schoenfeld, 1992 : 343) กล่าวว่าจัดการเรียนการสอนโดยวิธีดังกล่าวอาจจะทำให้นักเรียนขาดความพยายามที่จะแก้ปัญหาหลังจากที่ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาในเวลาอันสั้น ส่วนการเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงที่ผลการวิจัยพบว่านักเรียนยังปฏิบัติได้ไม่ดีนัก อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำแบบฝึกหัดท้ายบทที่ส่วนใหญ่มีมุ่งเน้นไปที่การหาคำตอบเป็นสำคัญสอดคล้องกับที่พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์ (2544 : 21) กล่าวถึงการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ว่า การเรียนของนักเรียนมุ่งไปที่คะแนนเป็นหลักไม่ได้เรียนเพื่อนำสาระที่เรียนรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการวิจัยและประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาของไทยทำข้อสอบแบบเขียนตอบหรืออธิบายความและข้อสอบที่วัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ได้น้อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2540 : 2 - 39 - 4 - 17)

3. ผลการวิจัยพบว่าเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการทดลองปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี นอกเหนือจากเจตคติของนักเรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ก่อนการทดลองแล้ว การที่นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ภายหลังการปฏิบัติกิจกรรมอยู่ในเกณฑ์ดี อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นกิจกรรมที่นำสถานการณ์จริงมาให้นักเรียนปฏิบัติ ซึ่งทิเชสเซนและคณะ (Thiessen, et al. 1989 : 38) กล่าวว่ากรณีที่นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์จริง จะทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ รวมทั้งสามารถมองเห็นว่าคณิตศาสตร์สัมพันธ์กับการใช้ชีวิตประจำวันทั้งในทางตรงและในทางอ้อมอย่างไร นอกจากนี้การใช้กระบวนการกลุ่มในการปฏิบัติกิจกรรมซึ่งอดัมและแฮมม (Adam and Hamm, 1990 : 33) กล่าวว่าจะทำให้ให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา มากกว่าการให้นักเรียนแก้ปัญหาเพียงลำพังคนเดียวและการประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาจะสามารถนำนักเรียนไปสู่การมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้

4. ผลการวิจัยพบว่านักเรียนจำนวนหนึ่ง ได้แก่นักเรียนกลุ่มที่ 4 อาจต้องอาศัยเวลาในการพัฒนาความสามารถและการคิดเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ และ/หรือ ครูต้องให้คำแนะนำเพิ่มเติมเป็นกรณีพิเศษจากที่มีอยู่แล้วในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมและเป็นข้อนำสังเกตว่าเมื่อพบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แบบใดแบบหนึ่งเป็นครั้งแรกนักเรียนจะทำคะแนนได้ไม่ดี

ในภาพรวมจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น นอกจากจะเป็นกิจกรรมที่นักเรียนสามารถปฏิบัติได้และก่อให้เกิดผลดีต่อเจตคติของนักเรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์แล้ว ยังสอดคล้องและตอบสนองเป็นอย่างดีกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้สถานศึกษาและครูสอนคณิตศาสตร์สามารถจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับคุณภาพของผู้เรียนเมื่อ

จบช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6) ในหลายประการที่ได้รับไว้ว่า เมื่อผู้เรียนจบการศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในช่วงชั้นนี้ผู้เรียนควรมีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สามารถใช้ความสัมพันธ์และฟังก์ชันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้ สามารถสำรวจรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไปช่วยในการตัดสินใจบางอย่างได้ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลายและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม สามารถให้เหตุผล สื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอ มีความริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2545:5) นอกจากนี้แนวการสอนและการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ยังสอดคล้องกับมาตรฐานวิชาพีชคณิต ที่กำหนดไว้ใน Principles and Standards for School Mathematics ของสมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics) ที่ระบุไว้ว่า ประโยชน์สูงสุดประการหนึ่งของการนำคณิตศาสตร์มาใช้ก็คือการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ นักเรียนในทุกระดับชั้นควรมีโอกาสใช้ตัวแบบกับปรากฏการณ์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์อย่างหลากหลายและกว้างขวางให้เหมาะสมกับระดับชั้น โดยในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนควรสามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันชนิดต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ เช่น ตัดสินใจว่าเมื่อใดที่สถานการณ์ปัญหาหนึ่งจะแทนด้วยตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นหรือฟังก์ชันควอดราติกหรือสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้ โดยใช้การวิเคราะห์จากตัวแบบ (NCTM. 2000 : 39 - 40)

โดยสรุปผลจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงมีตัวแบบที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และอยู่ในรูปของกราฟได้ แม้การปฏิบัติกิจกรรมนี้ จะเป็นประสบการณ์แรกของนักเรียนแต่นักเรียนก็สามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ ดังนั้นถ้านักเรียนได้มีประสบการณ์เกี่ยวกับการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ นักเรียนน่าจะพัฒนาความสามารถได้ดีขึ้น นอกจากนี้กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ยังเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีความสุข มองเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์และเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้

1. เนื่องจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้กำหนดให้สถานการณ์จริงที่นำมาใช้ควรเป็นสถานการณ์ที่มีสภาพแวดล้อมเป็นที่รู้จักดีของนักเรียน ดังนั้นก่อนนำไปใช้จึงควรพิจารณาก่อนว่าสถานการณ์จริงนั้นๆ เป็นที่รู้จักของนักเรียนหรือไม่ ซึ่งถ้าครูผู้สอนสามารถพิจารณาสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นและมีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้จะเหมาะสมที่สุด
2. ผลจากการวิจัยพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมซึ่งกำหนดไว้กิจกรรมละ 3 ชั่วโมง เป็นเวลาที่นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้แล้วเสร็จภายในกำหนดแต่ไม่มีเวลาเหลือพอสำหรับประเด็นปัญหาเพิ่มเติม หรือถ้าสถานการณ์จริงที่นำมาใช้มีข้อมูลเป็นจำนวนที่มีค่ามากๆ หรือมีความซับซ้อนทำให้นักเรียนใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการปฏิบัติกิจกรรมบางขั้นตอนจึงอาจทำให้นักเรียนมีความกังวลในเรื่องของเวลาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้เพิ่มเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม เช่น ใช้เวลา 2 สัปดาห์ๆ ละ 2 - 3 ชั่วโมงต่อการปฏิบัติกิจกรรม 1 กิจกรรม ซึ่งการเพิ่มเวลาอาจทำให้นักเรียนมีความรู้สึกเป็นอิสระทางจิตเพิ่มขึ้น อาจทำให้

นักเรียนพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ การคิดริเริ่ม และการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดีขึ้น หรือจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในลักษณะของค่ายคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้เวลาได้มากขึ้น โดยกิจกรรมหนึ่งอาจใช้เวลา 2 วัน วันละ 3 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีเวลาปฏิบัติกิจกรรมที่เป็นประเด็นปัญหาเพิ่มเติม ซึ่งเป็น การขยายปัญหาที่มีคุณค่าต่อการเพิ่มประสบการณ์

3. ผลจากการวิจัยพบว่าความชำนาญในการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟในฐานะที่เป็นเครื่องคำนวณประสิทธิภาพสูง หรือเป็นเครื่องมือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งหากนักเรียนขาดความชำนาญ แทนที่จะทำให้เร็วขึ้นกลับทำให้ช้าลงอันเนื่องจากการคำนวณผิดพลาดหรือไม่สามารถสั่งให้เครื่องสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยขอแนะนำเพิ่มเติมว่านอกเหนือจากเครื่องคำนวณเชิงกราฟแล้ว ครูสามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ เช่นโปรแกรมสเปรดชีต (Spreadsheet) ในการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้

4. ก่อนที่จะนำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ไม่ว่าจะเป็นการใช้ในลักษณะของการสอดแทรกกับรายวิชาคณิตศาสตร์หรือใช้ในช่วงเวลาพิเศษนอกรายวิชาคณิตศาสตร์ก็ตาม ครูต้องศึกษาขั้นตอนของการปฏิบัติกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ บทบาทของครู คำถามกระตุ้นและคำแนะนำที่จะให้กับนักเรียนให้ชัดเจน

5. การนำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้ในชั้นเรียนครูผู้สอนควรเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับระดับและความรู้ของนักเรียนและควรจัดกิจกรรมปูพื้นฐานให้กับนักเรียนก่อน ในกรณีนี้เห็นว่าความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังไม่เพียงพอสำหรับการทำกิจกรรม

6. เนื่องจากการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถเชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวางเช่น เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ ฯลฯ ดังนั้นครูผู้สอนวิชาดังกล่าวและครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ สามารถจัดกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับวิชาต่างๆ ให้กับนักเรียนได้มีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างสาขาวิชาและเกิดประโยชน์ทางด้านการนำไปใช้หรือการค้นพบความรู้ใหม่

7. กิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ซึ่งมีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล รวมทั้งตัวแบบในรูปของกราฟ ควรนำไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีพื้นฐานความรู้เรื่อง ฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติก ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และในกรณีที่ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นเช่น การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธี Median – Median fit Line วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีหาค่าเฉลี่ยหรือการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ของนักเรียนยังมีไม่เพียงพอ ครูควรจัดกิจกรรมปูพื้นฐานให้กับนักเรียนก่อน

ข้อเสนอแนะสำหรับนักพัฒนาหลักสูตรและผู้บริหารโรงเรียน

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ควรได้รับการจัดให้เป็นประสบการณ์กับนักเรียน ในรูปแบบต่างๆตามความเหมาะสมเช่น แทรกอยู่ในรายวิชาคณิตศาสตร์ แต่ละรายวิชาหรือพัฒนาขึ้นเป็นหลักสูตรและใช้ร่วมกันในเขตการศึกษาหนึ่ง เนื่องจากในเขตการศึกษาหนึ่งจะมีสถานการณ์จริงที่มีบริบทที่เหมาะสมกับนักเรียนแตกต่างกัน จึงไม่ควรนำสถานการณ์จริงที่มีบริบทซึ่งนักเรียนไม่คุ้นเคยมาให้นักเรียนปฏิบัติ นอกจากนี้การพัฒนาหลักสูตร ต้องการความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่ายทั้งนักพัฒนาหลักสูตร ครูคณิตศาสตร์ และผู้บริหารโรงเรียนที่ต้องมองเห็นความสำคัญและให้การสนับสนุน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สถานการณ์จริงสามารถแทนได้ด้วยตัวแบบชนิดอื่นๆ เช่น ตัวแบบเกี่ยวกับสถิติ ตัวแบบเกี่ยวกับความน่าจะเป็น ตัวแบบเรขาคณิต
2. ควรมีการพัฒนากิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนในวงชั้นอื่นๆที่เหลือ เช่น ชั้นที่ 3 , 2 และชั้นที่ 1 เนื่องจากกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาขึ้นได้ตามความเหมาะสมของแต่ละระดับชั้น
3. ควรมีการศึกษาถึงความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). *การประเมินผลจากสภาพจริง*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- เดชา นุ่นพันธ์. (2525). *ผลของการสอนโดยกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความภูมิใจในตนเอง และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- ทศพร จันทร์คง. (2544). "Mathematical Model", ใน *Modelling and Simulation*. หน้า 1. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ. เอกสารโรเนียว.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2545). *พันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติ*. กรุงเทพฯ : ธนาคารแห่งประเทศไทย
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2544). *กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- พงษ์เทพ บุญศรีโรจน์. (2544). "สอนให้คิด," ใน *วทร. ครั้งที่ 11 วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีกับการปฏิรูปการศึกษา*. หน้า 19 – 24 นครศรีธรรมราช: อักษรการพิมพ์.
- พรณี ข.เจนจิต. (2538). *จิตวิทยาการเรียนรู้การสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร : ดันอ้อ แกรมมี
- พิชากร แปลงประสพโชค. (2540). *การพัฒนาหลักสูตรพิเศษทางเรขาคณิตเสริมสำหรับนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์*. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2546). "การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์," ใน *วารสารคณิตศาสตร์ฉบับพิเศษ*. หน้า 1 – 10. กรุงเทพฯ : สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). *พลังการเรียนรู้ในกระบวนการทัศน์ใหม่*. กรุงเทพฯ : เอสอาร์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2540). *รายงานการวิจัยและประเมินผลวิชา คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 (ฉบับสังเคราะห์)*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ. เอกสารโรเนียว.
- _____. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : คุรุสภา.
- สมพร แมลงภู. (2541). *การพัฒนารูปแบบเพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์ ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ*. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.
- สมศักดิ์ ขจรเจริญกุล (2539, มกราคม - กันยายน). "สภาพการจัดการเรียนรู้การสอนของครูคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2538". *วารสารวิจัยการศึกษา*. 26(1 – 3) : 72 – 78.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). *การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ*. ปรินิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สุภางค์ จันทวานิช. (2540). *วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2541). "ตัวแปรสำหรับการวิจัย : การคัดเลือก การวัดและการควบคุม," ใน *รวมบทความทางวิธีวิทยาการวิจัยเล่ม 2*. บรรณาธิการโดยสมหวัง พริยานุวัณณ์ หน้า 37 – 56. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัปสร มีสิงห์. (2534, มกราคม – มีนาคม). "บทบาทของครูกับหลักสูตรฉบับปรับปรุง", ใน *สารพัฒนาหลักสูตร*. 10 (104) : 12 – 13.
- Adams , Dennis M. and Hamm , Mary E. (1990). *Cooperative Learning : Critical Thinking and Collaboration across the Curriculum*. Illinois : Charles C. Thomas.
- Batschelet, Edward. (1971). *Introduction to Mathematics for Life Scientists*. 2nd ed. New York: Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Comber, G. (1999). *Introduction and Teaching Mathematical Modelling*. (Hand out). Edith Cowan University Perth Western Australia. Copy.
- Cooney, Thomas J. (1999). *Developing New Strategies for Teaching Mathematics*. (Hand out) University of Georgia. Copy.
- Cruikshank, Douglas E. and Sheffield, Linda J. (1992). *Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics*. New York: Macmillan.
- Dance, R. et al. (1992). "Using Graphing Calculators to Investigate a Population – Growth Model," in *Calculators in Mathematics Education 1992 Yearbook*. P.120 -- 130. Reston, Virginia : National Council of Teachers of Mathematics.
- Davidson, N. (1990). "Small Group Cooperative Learning", in *Teaching & Learning Mathematics in The 1990s. 1990 Yearbook*. P.52 – 61. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- Davis, Robert B. (1996, January). "One Very Complete View of How Children Learn Mathematics", *Journal for Research in Mathematics Education*. 27(1): 23.
- Dossey, John A. (1996). "Modeling with Function", in *Mathematics, Pedagogy, and Secondary Teacher Education*. P.221 – 280. Portsmouth, NH: Heinemann.
- English, C. (1999). "Modelling for the New Millenium," in *Rethinking the Mathematics Curriculum*. Edited by Celia Hoyles and others. P.118 – 129. Great Britain: Biddles.
- Fraenkel, Jack R. and Wallen, Norman E. (1990). *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York : Mc Graw – Hill.
- Giordano, F.R. and Weir, M.D. (1985). *A First Course in Mathematical Modeling*. California: Brooks cole.
- Good, Carter V. (1963). *Dictionary of Education*. New York : Mc Graw – Hill.
- Goodrich, H. (1997, January). "Understanding Rubrics," *Education Leadership (Teaching for Authentic Student Performance)*. 54 (4): 14 – 17.

- Hillgard, Ernest R. (1967). *Introduction to Psychology*. New York : Harcourt, Brace and world.
- Hodgson, T. (1995, November). "Secondary Mathematics Modeling: Issues and Challenges", *School Science and Mathematics*. 95(7): 351 – 358.
- Johnson, David w. and Johnson, Roger T. (1989). "Cooperative Learning in Mathematics Education," in *New Directions for Elementary School Mathematics*. 1989 Yearbook. P.234 – 245. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Kelley, T. (2000). Mathematical Modeling. (online). Available: / MATH FORUM INTERNET MATHEMATICS LIBRARY: <http://mathforum.com/>
- Kerr, Jr., Donald R. and Maki, Daniel (1979). "Mathematical Models to Provide Applications in the Classroom" in *Application in School Mathematics 1979 Yearbook*. P.1 – 7. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Kime, Linda Almgren and Clark, Judy. (1998). *Explorations in College Algebra*. New York: John Wiley & Sons.
- Kinoshita, T. (2000). "Where Do You Put the Light Fixture? _Solving Real World Problems with Graphing Calculator", in *ICME9 : The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P326. Tokyo / Makuhari, Japan.
- Kitazawa, Y and others. (2000). "Curriculum Development to Enhance Mathematical Modeling Ability," in *ICME9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P86. Tokyo / Makuhari, Japan.
- Kubo, Y. (2000). "Approaching Real – World Problem through Mathematical Modeling: Graphing of the Move of Trains," in *ICME9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki.
- Lovitt, Charles. (1991). *Maths Problem Solving & Modeling for Year 12*. Melbourne: Thomas Nelson Australia.
- Matsuda, E. (2000). "Promoting Students' Thinking through Mathematical Writing," in *ICME9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P.216. Tokyo / Makuhari, Japan.
- Meyer, Walter J. (1985). *Concept of Mathematical Modeling*. Mc Graw-Hill.
- Moscardini, Alfredo O. (1994). "The Teaching of Mathematical Modelling" in *Mathematical Modelling Course for Engineering Education*. Edited by Yasar Ersoy and Alfredo O. Moscardini. P17 – 32. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- Moscardini, Alfredo O. and Cross, M. (1985). "The Art of Mathematical Modelling II – an Approach to the Teaching of Mathematical Modelling," in *Learning the Art of Mathematical Modelling*. P74 – 90. Ellis Horwood.
- Nakano, K. and other. (2000). "Teaching Materials of Mathematical Modeling in Current Realistic Situation", in *ICME 9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P85. Tokyo / Mahubari, Japan.

- National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (2000) *Principles and Standards for School Mathematics 2000*. Reston, Virginia : National Council of Teachers of Mathematics.
- Nickerson, R. (1988). "On Improving Critical Thinking through Instruction," in *Review of Research in Education*. Washington, D.C. : American Educational Research Association.
- Norris, S.P. (1985, October). "Synthesis of Research on Critical Thinking," *Educational Leadership*. 42(8) : 70 – 75.
- Popham, W.J. (1997, October). "What's wrong – and what's right with rubrics," *Educational Leadership (School as Safe Havens)*. 55 (2): 72 - 78.
- Randall, C et al. (1987). *How to Evaluate Progress in Problem Solving*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Rey, Robert E. et al. (1992). *Helping Children Learn Mathematics*. Boston : Allyn and Bacon.
- Rogers, C.R. (1972). "Toward a Theory of Creativity," in *A Source Book for Creative Thinking*. S.J. Parnes and H.F. Harding (Eds) New York : Scribners.
- Schoenfeld, Alan H. (1992). "Learning to Think Mathematically : Problem Solving, Metacognition, And Sense Making in Mathematics, " in *Handbook of Research on Mathematics Teaching And Learning*. Edited by D.A. Grouws. P334 – 370. New York : Macmillan.
- Seino, T. (2000). "Teaching of Mathematical Usefulness in School Mathematics: Focusing on the Process of Mathematical Modeling," in *ICME9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P196. Tokyo / Makuhari, Japan.
- Sharron, Sidney and Reys, Robert E. (1979). *Application in School Mathematics 1979 Yearbook*. Reston: the National Council of Teachers of Mathematics.
- Swetz, Frank and Hartzler, J.S. (1991). *Mathematical Modeling in the Secondary School Curriculum*. Reston: The National Council of Teachers of Mathematics.
- The SIMMS curriculum. (1997) Systemic Initiative for Montana Mathematics and Science. (online) Available: / <http://www.montana.edu/www.simms>.
- Thiessen, D et al. (1993). *Elementary Mathematical Method*. New York : Mocomillan.
- Thurstone, L.L. (1967), *Attitude Theory Measurement*. New York: John Wiley and Sons.
- Verschaffer, L and Corte, Erik D (1997). "Teaching Realistic Mathematical Modeling in the Elementary School : A Teaching Experiment with Fifth Graders," in *Journal for Research in Mathematics Education*. P577 – 601 Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Wang, Shangzhi and Ye Qixiao. (2000). "Mathematical Modelling In Middle School Education of China," in *ICME9: The 9th International Congress on Mathematical Education*. Edited by Eizo Nagasaki. P124 – 125. Tokyo / Makuhari, Japan.
- Zellman, G.L. and Sears, D.O. (1971, January). "Childhood Origins of Tolerance for Dissent," *Journal of Social Issue*. 27(9) : 109 - 136.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและครูอาสาสมัคร

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหาและความเหมาะสมด้านการจัดกิจกรรม

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ปรีชา เนาว์เย็นผล | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช |
| 2. อาจารย์บุษบา ประเคนรี | หมวดวิชาคณิตศาสตร์
โรงเรียนมัธยมวัดมกุฏกษัตริย์ |

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเหมาะสมและความเที่ยงตรงของเครื่องมือจัดเก็บข้อมูล

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.ปรีชา เนาว์เย็นผล | คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช |
| 2. อาจารย์บุษบา ประเคนรี | หมวดวิชาคณิตศาสตร์
โรงเรียนมัธยมวัดมกุฏกษัตริย์ |

รายชื่อครูอาสาสมัครและผู้ช่วยวิจัยในการจัดกิจกรรม

- | | |
|----------------------------|---|
| อาจารย์จิตติษฐ์ ละออปักษิณ | นิสิตปริญญาเอกสาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
|----------------------------|---|

ภาคผนวก ข
เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด

เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค (Rubric Assessment)

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง

- ระดับ 4 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริงได้อย่างชัดเจนโดยสามารถระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรสำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างตัวแปรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
- ระดับ 3 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริงได้ โดยสามารถระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรสำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างตัวแปรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 2 ใน 3
- ระดับ 2 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริงได้บ้าง โดยสามารถระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรสำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน 1 ใน 3
- ระดับ 1 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทำความเข้าใจสถานการณ์จริงได้ โดยระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรสำคัญและความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรได้ไม่ถูกต้อง
- ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นใด ๆ

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- ระดับ 4 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง โดยสามารถเขียนแผนภาพกระจายหรือ กราฟเส้นและ / หรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
- ระดับ 3 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยสามารถเขียนแผนภาพการกระจายหรือกราฟเส้นและ / หรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ถูกต้อง แต่ขาดความครบถ้วนหรือมีข้อบกพร่องในบางประการ
- ระดับ 2 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้บ้าง โดยสามารถเขียนแผนภาพการกระจายหรือกราฟเส้นได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถสร้างสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลได้
- ระดับ 1 นักเรียนแสดงให้เห็นว่า ไม่สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยเขียนแผนภาพการกระจายหรือกราฟเส้นและ / หรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ไม่ถูกต้อง
- ระดับ 0 นักเรียนไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- ระดับ 4 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยสามารถหาผลลัพธ์จากกราฟ หรือจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน หรือจากประเด็นปัญหาได้ถูกต้องและสมบูรณ์ครบถ้วนทุกประเด็น
- ระดับ 3 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยสามารถหาผลลัพธ์จากกราฟหรือจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันหรือจากประเด็นปัญหาได้ถูกต้องทุกประเด็นแต่ยังขาดความสมบูรณ์ครบถ้วนหรือมีข้อบกพร่องในบางประการ
- ระดับ 2 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้บ้าง โดยสามารถหาผลลัพธ์จากกราฟหรือจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันหรือจากประเด็นปัญหาได้ถูกต้องบางประเด็น
- ระดับ 1 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยหาผลลัพธ์จากกราฟหรือจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชันหรือจากประเด็นปัญหาได้ไม่ถูกต้อง
- ระดับ 0 นักเรียนไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- ระดับ 4 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง โดยสามารถทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ สรุปผลของการทดสอบและปรับปรุงหรือสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใหม่ (ถ้าจำเป็น) ได้อย่างถูกต้อง
- ระดับ 3 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยสามารถทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบได้ถูกต้อง แต่การสรุปผลของการทดสอบยังไม่สมบูรณ์และไม่สามารถขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ (ถ้าจำเป็น)
- ระดับ 2 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้บ้าง โดยสามารถทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบได้ แต่มีข้อบกพร่อง ในการทดสอบบางประการหรือไม่สามารถสรุปผลของการทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ (ถ้าจำเป็น)
- ระดับ 1 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ โดยทำการทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ สรุปผลของการทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ไม่ถูกต้อง
- ระดับ 0 นักเรียนไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง

- ระดับ 4 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้อง โดยสามารถอธิบายหรือแปลความหมายจากผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ครบถ้วนทุกประเด็น
- ระดับ 3 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้ โดยสามารถอธิบายหรือแปลความหมายจากผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้ถูกต้องทุกประเด็นแต่ยังขาดความสมบูรณ์ครบถ้วนในบางประการ
- ระดับ 2 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้บ้าง โดยสามารถอธิบายหรือแปลความหมายจากผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้ ถูกต้องบางประเด็น
- ระดับ 1 นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้ โดยอธิบายหรือแปลความหมายจากผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์กลับไปสู่สถานการณ์จริงได้ไม่ถูกต้อง
- ระดับ 0 นักเรียนไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

ภาคผนวก ค
แบบสำรวจรายการ

แบบสำรวจรายการ

กิจกรรมที่ _____ ชื่อกิจกรรม _____

กลุ่มที่ _____ สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

1. _____ ประธานกลุ่ม
2. _____ เลขานุการกลุ่ม
3. _____ ผู้สนับสนุน
4. _____ ผู้รายงาน

.....

การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง

- | | มี | ไม่มี | |
|--|--------------------------|--------------------------|---|
| ▪ การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา | ☐ | ☐ | 1 |
| ▪ การอภิปรายเพื่อระบุตัวแปรที่สำคัญ | ☐ | ☐ | 2 |
| ▪ การอภิปรายเพื่อระบุความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปร | ☐ | ☐ | 3 |

การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

- | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|----|
| ▪ การอภิปรายเพื่อหาแนวทางของการเชื่อมโยง | ☐ | ☐ | 4 |
| ▪ การใช้แผนภาพการกระจายในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของกราฟเส้นหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน | ☐ | ☐ | 5 |
| ▪ การใช้กราฟเส้นในการนำไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปของฟังก์ชัน | ☐ | ☐ | 6 |
| ▪ การหาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากอัตราการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล | ☐ | ☐ | 7 |
| ▪ การเขียนกราฟเส้นตรงโดยใช้การคาดเดา | ☐ | ☐ | 8 |
| ▪ การเขียนกราฟเส้นโดยใช้หลักการของ "กำลังสองน้อยที่สุด" | ☐ | ☐ | 9 |
| ▪ การเขียนกราฟเส้นตรงโดยใช้วิธี Median – Median fit Line | ☐ | ☐ | 10 |
| ▪ การเขียนพาราโบลา โดยใช้การคาดเดาจากแผนภาพการกระจาย | ☐ | ☐ | 11 |
| ▪ การเขียนกราฟของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลโดยใช้การคาดเดาจากแผนภาพการกระจาย | ☐ | ☐ | 12 |
| ▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธี "กำลังสองน้อยที่สุด" | ☐ | ☐ | 13 |
| ▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันควอดราติก โดยใช้วิธี "กำลังสองน้อยที่สุด" | ☐ | ☐ | 14 |
| ▪ การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยใช้วิธี "กำลังสองน้อยที่สุด" | ☐ | ☐ | 15 |
| ▪ การสร้างตัวแบบที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้นโดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย | ☐ | ☐ | 16 |
| ▪ การสร้างตัวแบบจากรูปมาตรฐานของฟังก์ชัน | ☐ | ☐ | 17 |
| ▪ การใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟในการสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ | ☐ | ☐ | 18 |

ภาคผนวก ง
แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

แบบบันทึกความสามารถเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

กิจกรรมที่ _____

ขั้นตอนของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์	กลุ่มที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง								
2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์								
3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์								
4. การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์								
5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง								
คะแนนรวม								
คะแนนเฉลี่ย								

ข้อสังเกต _____

ภาคผนวก จ
แบบสัมภาษณ์

แบบสัมภาษณ์

กิจกรรมที่ _____ ชื่อกิจกรรม _____

กลุ่มที่ _____ สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

1. _____ ประธานกลุ่ม
2. _____ เลขานุการกลุ่ม
3. _____ ผู้สนับสนุน
4. _____ ผู้รายงาน

.....
ประเด็นคำถาม _____

.....
ผลการสัมภาษณ์ _____

.....
ผู้สัมภาษณ์ _____

วัน - เดือน - ปี _____

สถานที่ _____

ภาคผนวก จ
แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

แบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้ต้องการให้นักเรียนแสดงความคิดหรือความเห็น ที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความเห็นดังกล่าวของนักเรียนเป็นความคิดเห็นเฉพาะบุคคล ไม่มีถูกหรือผิด ฉะนั้นขอให้ตรงกับความรู้สึกของนักเรียนที่สุด

2. ในแต่ละข้อจะมีข้อความกำหนดให้ ขอให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจ แล้วแสดงความคิดเห็นที่มีต่อข้อความด้วยการกาเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องหนึ่งที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน ดังตัวอย่างการตอบดังนี้

ตัวอย่าง

ข้อที่	ข้อความ	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1.	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่จำเป็น สำหรับการเรียนต่อ		✓			

แสดงว่าผู้ตอบ เห็นด้วย กับข้อความที่กล่าวว่า “คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่จำเป็นสำหรับการเรียนต่อ”

ข้อที่	ข้อความ	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1	คณิตศาสตร์ฝึกให้คนคิดอย่างมีระบบ					
2	การเรียนรู้คณิตศาสตร์เข้าใจง่ายเพราะมีขั้นตอน					
3	ฉันสนุกกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
4	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ฉันมีความกระตือรือร้นใน การค้นคว้าหาความรู้อยู่เสมอ					
5	ฉันชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่นๆ โดยเฉพาะวิชาที่ต้องท่องจำ					
6	ฉันชอบหาคำตอบของโจทย์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ที่ยากและท้าทายความคิดอยู่เสมอ					
7	วิชาคณิตศาสตร์น่าเบื่อหน่าย					
8	ฉันสามารถเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ได้รวดเร็วกว่า วิชาอื่น					
9	ฉันสามารถตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่า วิชาอื่น					
10	คณิตศาสตร์ช่วยให้การทำงานมีขั้นตอนดีกว่า วิชาอื่น					
11	ฉันไม่สนุกกับการคิดคำนวณที่ซับซ้อน					
12	ฉันขยันท่าแบบฝึกหัดวิชาคณิตศาสตร์					
13	ฉันไม่อยากทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์					
14	ฉันสบายใจเมื่อได้ทำกิจกรรมหรืองานเกี่ยวกับ คณิตศาสตร์					
15	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนสนุก					
16	ฉันชอบทำแบบฝึกหัดวิชาอื่นมากกว่าวิชา คณิตศาสตร์					
17	ฉันรู้สึกมั่นใจในการทำข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์					
18	ฉันชอบเข้าร่วมกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับ คณิตศาสตร์อยู่เสมอ					
19	คณิตศาสตร์ฝึกให้คนตัดสินใจอย่างมีเหตุผล					
20	ฉันมีความมั่นใจมากเวลาคิดคำนวณทาง คณิตศาสตร์					
21	ฉันชอบคิดถึงสิ่งที่ยู่อรอบตัวให้เกี่ยวข้องกับ คณิตศาสตร์อยู่เสมอ					
22	ฉันอยากให้เพื่อนๆ ทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ได้					
23	ฉันรู้สึกหนักใจเมื่อเข้าสอบวิชาคณิตศาสตร์					
24	ฉันคิดว่าควรลดชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์และ เพิ่มชั่วโมงเรียนวิชาอื่นแทน					
25	ฉันรู้สึกประหม่าหรือกลัว เมื่อครูให้ออกไปทำ กิจกรรมคณิตศาสตร์หน้าชั้นเรียน					
26	ฉันชอบตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์					
27	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ไม่ยาก ถ้าใช้ความพยายาม					

ภาคผนวก ข

**เอกสารสถานการณ์ปัญหา (เรียกใบกิจกรรมที่ 1) พร้อมเอกสารประกอบ
และประเด็นปัญหาเพิ่มเติมของกิจกรรมทั้งหมด (12 กิจกรรม)**

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “จัดพลังงานส่วนเกิน”

โดยทั่วไปน้ำหนักตัวที่เหมาะสมของคนแต่ละคนควรจะสัมพันธ์กับส่วนสูงของคนๆ นั้น เช่น คนที่สูง 169 ซม. น้ำหนักตัวที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 64.8 กก. และเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการมีน้ำหนักตัวมากเกินไปไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพของร่างกาย ดังนั้นการควบคุมน้ำหนักให้มีความเหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น การควบคุมน้ำหนักสามารถทำได้หลายวิธี และวิธีที่แพทย์แนะนำวิธีหนึ่งคือการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการวิ่งเหยาะๆ (Jogging) ก็เป็นการออกกำลังกายที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่ง เนื่องจากมีความสะดวกสามารถทำได้ทั้งกลางแจ้งและในห้องออกกำลังกาย เอกออกกำลังกายโดยการวิ่งเหยาะๆ บนลู่วิ่งไฟฟ้า Cateye Fitness EC – T220 ในห้องออกกำลังกาย โดยวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 10 กม. / ชม. และได้บันทึกระยะทางที่วิ่งพร้อมกับจำนวนพลังงานที่ถูกเผาผลาญออกไป ดังตารางต่อไปนี้

ระยะทางที่วิ่งและจำนวนพลังงานที่ถูกเผาผลาญ

ระยะทาง (กม.)	จำนวนพลังงานที่ถูกเผาผลาญ (กิโลแคลอรี / วินาที)
0.5	37
3.0	191
5.0	318
7.0	446
10.5	670
12.0	764

ในช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ ครอบครัวของนักเรียนได้เดินทางไปพักผ่อนที่สวนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยเลือกพักค้างคืนที่โรงแรมแห่งหนึ่ง ซึ่งทางโรงแรมจัดอาหารไว้บริการทั้งเช้า กลางวันและเย็น โดยจัดเป็นรายการอาหารชุดไว้ให้เลือก 2 ชุดคือ รายการอาหารชุด A กับรายการอาหารชุด B ดังต่อไปนี้

รายการอาหารชุด A			
อาหารเช้า			
ข้าวแกงเขียวหวานไก่	1	จาน	(น้ำหนัก 318 กรัม)
เงาะโรงเรียน	10	ผล	(น้ำหนัก 125 กรัม)
นมสด (ไขมันต่ำ)	1	แก้ว	
อาหารกลางวัน			
ข้าวราดหน้าไก่ผัดใบกระเพรา	1	จาน	(น้ำหนัก 293 กรัม)
ขนมผักกาดใส่ไข่	1	จาน	(น้ำหนัก 298 กรัม)
มะละกอสุก	1	จาน	(น้ำหนัก 250 กรัม)
ลอดช่องน้ำกะทิ	1	ถ้วย	(น้ำหนัก 300 กรัม)
อาหารเย็น			
ข้าวหมกไก่	1	จาน	(น้ำหนัก 316 กรัม)
ส้มเขียวหวาน	2	ผล	(น้ำหนัก 200 กรัม)

รายการอาหารชุด B			
อาหารเช้า			
ข้าวผัดหมูใส่ไข่	1	จาน	(น้ำหนัก 315 กรัม)
ลำไย	15	ผล	(น้ำหนัก 100 กรัม)
นมสด (ไขมันต่ำ)	1	แก้ว	
อาหารกลางวัน			
ข้าวคลุกกะปิ	1	จาน	(น้ำหนัก 196 กรัม)
ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กแห้งหมู	1	จาน	(น้ำหนัก 235 กรัม)
ทุเรียนหมอนทอง	1	พู	(น้ำหนัก 150 กรัม)
ชาหริ่ม	1	ถ้วย	(น้ำหนัก 150 กรัม)
อาหารเย็น			
ข้าวขาหมู	1	จาน	(น้ำหนัก 189 กรัม)
กล้วยน้ำว้า	2	ผล	(น้ำหนัก 125 กรัม)

1. จากรายการอาหารข้างต้น ให้นักเรียนเลือกรับประทานอาหารชุดใดชุดหนึ่ง
2. จากรายการอาหารที่นักเรียนเลือกรับประทานในข้อ 1 นั้น นักเรียนควรออกกำลังกาย ในห้องออกกำลังกายของโรงเรียนด้วยการวิ่งเหยาะๆ บนลู่วิ่งไฟฟ้า Cateye Fitness EC – T220 ที่ความเร็ว 10 กม. / ชม. เป็นระยะทางเท่าใด จึงจะสามารถจัดพลังงานส่วนที่เกินให้หมดไปได้

เอกสารสำหรับประกอบสำหรับค้นคว้า

1. ตารางแสดงจำนวนพลังงาน โปรตีน แคลเซียม และ วิตามินซีที่ร่างกายควรได้รับใน 1 วัน
2. ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่ออาหาร 100 กรัม
3. ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่อผลไม้ 100 กรัม
4. ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่อขนมหวาน 100 กรัม

ตารางแสดงจำนวนพลังงาน โปรตีน แคลเซียมและวิตามินซีที่ร่างกายควรได้รับใน 1 วัน

	ชาย อายุ 11 – 14 ปี	ชาย อายุ 15 – 18 ปี	หญิง อายุ 11 – 14 ปี	หญิง อายุ 15 – 18 ปี
พลังงาน (Kcal)	1600	2000	1600	2000
โปรตีน (mg)	45	56	46	46
แคลเซียม (mg)	1200	1200	1200	1200
วิตามินซี (mg)	50	60	50	60

หมายเหตุ นมสด (ไขมันต่ำ) 1 แก้ว ให้พลังงาน 145 kcal โปรตีน 10.3 mg แคลเซียม 352 mg และ วิตามินซี 2 mg

ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่ออาหาร 100 กรัม

Food ID	Nutrient Composition per 100 g. Edible Portion	Energy	Water	Protein	Fat	Carbohydrate	Dietary fibre (Crude fiber)	Ash	Calcium	Phosphorus	Iron	Retinol	Beta-carotene	Total Vit. A	Vitamin E	Thiamin	Riboflavin	Niacin	Vitamin C
		Kcal	grams						milligrams			mcg.		RE		milligrams			
1	กระเพาะปลาปรุงสำเร็จ Cooked fish maw	83	85.0	7.3	5.2	1.7	(tr.)	0.7	85	63	2.5	164	14	166	-	0.01	0.32	1.6	0
2	ก๋วยเตี๋ยวแวก (ก๋วยเตี๋ยวแกง) Rice noodles with curried beef	130	75.0	6.6	7.4	9.1	(0.3)	1.6	59	63	0.4	0	22	4	-	0.12	0.86	1.6	tr.
3	ก๋วยเตี๋ยวเนื้อสับ Rice noodles with chopped beef	110	76.2	3.5	4.1	14.8	(0.4)	1.0	41	42	0.2	0	13	2	-	0.07	0.61	1.3	1
4	ก๋วยเตี๋ยวผัดไทยสไตล์ Fried rice noodles, Thai style	237	53.8	7.7	12.3	23.8	(0.6)	1.9	150	109	2.0	0	79	13	-	0.07	0.76	1.7	1
5	ก๋วยเตี๋ยวเส้นเล็กหมู Rice noodles with pork	226	57.1	8.2	12.2	20.7	(0.4)	1.3	147	128	0.8	575	28	580	-	0.08	0.54	2.5	1
6	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ผัดจืดสไตล์ Wide rice noodles with pork, egg and soysauce	194	61.6	6.3	9.7	20.3	(0.3)	1.7	177	95	1.0	0	230	38	-	0.09	-	2.1	2
7	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เย็นตาโฟน้ำ Wild rice noodles with fish ball, swamp cabbage	71	84.2	2.8	2.7	9.0	(0.2)	1.1	98	18	0.5	0	7	1	-	0.03	0.40	0.7	1
8	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ราดหน้ากุ้ง Wide rice noodles with shrimps chinese kale and gravy place on top	83	81.6	2.4	2.7	12.3	(0.2)	0.9	122	34	0	0	240	40	-	0.01	0.08	0.2	1
9	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ราดหน้าไก่ Wide rice noodles with chicken, chinese kale and gravy place on top	109	78.8	3.0	5.7	11.3	(0.2)	1.0	30	33	0	0	222	37	-	tr.	0.15	0.2	1
10	ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ราดหน้าหมู Wide rice noodles with pork, chinese kale and gravy place on top	112	77.7	2.9	5.4	13.0	(0.1)	0.9	-	31	0	0	225	38	-	0.01	0.06	0.1	1
11	ก๋วยเตี๋ยว Northeastern style cooked chopped beef	100	72.4	15.8	1.4	6.0	(1.4)	3.0	20	161	1.0	543	192	575	-	0.02	1.98	6.1	0

12	ข้าวแกงเขียวหวานไก่ Chicken green curry on rice	152	67.3	4.7	5.1	21.8	- (0.4)	0.7	114	117	0.1	20	7	21	-	0.07	0.13	1.9	1
13	ข้าวราดหมู Fresh ham on rice	152	68.1	6.7	5.7	18.4	- (0.2)	1.0	236	43	0.1	0	33	6	-	0.08	0.21	1.0	0
14	ข้าวคลุกกะปิ Chicken green curry on rice	208	56.5	6.9	8.2	26.6	- (0.2)	1.6	43	86	0.3	0	4	1	-	0.08	0.27	1.4	tr.
15	ข้าวผัดหมูใส่ไข่ Fried rice with pork and egg	177	55.2	4.8	8.4	20.4	- (0.2)	0.9	103	62	0.5	0	124	21	-	0.02	0.25	1.9	0
16	ข้าวมันไก่ Chicken with rice cooked in chicken broth	199	59.3	6.5	8.2	24.6	- (0.2)	1.2	122	59	1.2	0	14	2	-	0.01	0.03	1.0	0
17	ข้าวต้มผักกาด Rice with assorted vegetable served with Budu sauce	131	58.4	3.8	3.5	21.2	- (0.8)	2.3	69	63	1.3	0	24	4	-	0.01	0.22	1.0	2
18	ข้าวผัดหน้าไก่ผัดในกระเทียม Chicken green curry on rice	188	50.3	5.6	7.3	25.2	- (0.4)	1.2	172	66	0.4	0	131	22	-	0.07	0.19	2.5	0
19	ข้าวหมกไก่ Rice cooked with chicken and curry powder	169	61.5	6.7	4.2	26.0	- (0.2)	1.3	282	69	tr.	0	24	4	-	tr.	-	2.3	0
20	ข้าวหมูแดง Rice with red pork	169	53.3	6.2	5.6	23.3	- (0.2)	1.4	352	72	0.2	0	61	10	-	0.02	-	1.3	0
21	ขนมจีนน้ำยากะทิ ภาคกลาง Round noodles with coconut cream	119	74.9	2.5	4.6	17.0	- (0.1)	0.9	143	43	0.9	0	4	1	-	tr.	0.20	1.0	0
22	ขนมจีนน้ำยาราดเผือก ภาคเหนือ Northern style, round noodles with sweet and sour sauce	75	82.7	4.8	2.6	8.1	- (0.5)	1.8	99	31	0.6	0	36	6	-	0.01	0.53	1.0	0
23	ขนมจีนน้ำยาราดกุ้ง ภาคกลาง Round noodles with sweet shrimp sauce	135	70.4	3.1	4.6	20.4	- (0.3)	1.2	28	46	1.2	0	78	13	-	tr.	0.19	1.2	0
24	ขนมจีนน้ำยา ภาคกลาง Round noodles with curried fish sauce	76	82.1	3.0	2.2	11.2	- (0.2)	1.4	171	32	0.1	0	55	9	-	tr.	0.25	0.8	0
25	ขนมจีนน้ำยา ปักษ์ใต้ Southern style round noodles with curried fish sauce	84	81.2	3.9	3.0	10.3	- (0.3)	1.2	134	43	0.8	0	70	12	-	tr.	0.12	1.8	0
26	ขนมปังคุดไส้ไก่ Chicken green curry on rice	195	54.3	4.3	11.5	18.7	- (0.3)	1.0	19	61	0.5	-	63	10	-	0.01	0.18	1.1	1

27	รูปหน่อไม้ กรุงเทพฯ Northeastern style cooked young bamboo shoot	37	88.5	2.5	0.8	5.0	- (1.0)	2.2	251	31	1.3	0	95	16	-	tr.	0.08	0.4	1.3
28	รูปหน่อไม้ อีสาน Northeastern style cooked young bamboo shoot	19	92.4	2.1	0.4	1.8	- (0.9)	2.4	163	29	0	0	36	6	-	tr.	0.32	0.9	1
29	เนื้อวัวคั้นมันทอด beef, medium fat, fried	410	18.7	46.1	21.9	7.1	- (0.3)	5.8	-	372	1.9	0	85	14	-	0.01	-	4.8	-
30	ลาบเลือดอีสาน Northeastern style cooked ox-blood	95	73.9	15.7	1.2	5.4	- (1.1)	2.8	9	141	1.8	364	149	389	-	0.12	1.36	3.8	-
31	ลาบอีสาน(ลาบเนื้อ) Northeastern style cooked chopped beef	119	72.9	12.4	4.6	6.9	- (0.9)	2.3	98	126	2.6	199	251	241	-	0.01	0.18	3.1	1
32	ส้มตำปู-กุ้ง Papaya salad with crab and dried shrimps	79	77.8	3.7	2.1	11.3	- (1.6)	3.6	71	64	0	-	53	9	-	0.01	0.75	1.8	3
33	ส้มตำอีสาน Northeastern style papaya salad	24	90.4	1.8	0.3	3.6	- (0.9)	3.0	94	44	0	0	49	8	-	0.01	0.05	0.7	3
34	เส้นหมี่ลูกชิ้นเนื้อวัว, น้ำ Beefball rice noodles	50	87.1	2.7	0.9	7.9	- (0.1)	1.3	79	50	0.2	0	0	0	-	0.02	0.18	1.0	tr.
35	ไส้กรอกอีสาน, สุก Northeastern style, sausage	395	36.3	17.3	30.5	12.8	- (0.7)	2.4	70	124	0	0	0	0	-	0.08	0.45	2.6	0
36	หมี่กรอบ Crispy fried rice noodles	504	9.1	2.9	29.4	56.9	- (0.2)	1.5	6	47	0.6	-	81	14	-	0.08	-	2.0	2
37	หมี่กะทิ Rice noodles with coconut milk	171	63.3	3.9	6.6	24.0	- (0.5)	1.7	12	64	0.7	-	51	8	-	0.10	0.88	0.9	1
38	หอยแมลงภู่วัดใส่ไข่ Fried Sea Mussel	217	61.6	8.0	14.1	14.7	- (0.4)	1.2	121	194	0.4	0	103	17	-	0.08	0.53	1.8	1

ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่อผลไม้ 100 กรัม

Food ID	Nutrient Composition per 100 g. Edible Portion	Energy	Water	Protein	Fat	Carbohydrate	Dietary fibre (Crude fibre)	Ash	Calcium	Phosphorus	Iron	Retinol	Beta-carotene	Total Vit. A	Vitamin E	Thiamin	Riboflavin	Niacin	Vitamin C
		Kcal	grams						milligrams			mcg.	RE		milligrams				
1	กล้วยไข่ banana	140	62.8	1.5	0.2	32.9	1.9 (0.4)	0.7	4	23	1.0	-	492	82	-	0.03	0.05	1.4	2
2	กล้วยน้ำว้า banana	139	62.6	1.1	0.2	33.1	2.3 (0.3)	0.7	7	43	0.8	-	54	9	-	0.04	0.02	1.4	11
3	กล้วยหอม banana	125	66.3	0.9	0.2	29.8	1.9 (0.3)	0.9	26	46	0.8	-	99	17	-	0.04	0.07	1.0	27
4	กล้วยหินนก banana	112	71.2	1.2	0.2	26.3	- (0.4)	0.7	7	48	0.8	-	-	-	-	0.08	0.11	0.8	1
5	ทุเรียน Jackfruit	113	70.3	1.3	0.4	26.1	- (1.0)	0.9	20	22	1.0	-	-	-	-	0.10	0.01	0.4	88
6	เงาะ Rambutan	63	82.9	0.9	0.1	14.5	- (1.1)	0.5	3	6	1.8	-	-	-	-	0.04	0.05	0.6	31
7	เงาะโรงเรียน Rambutan	70	81.0	1.0	0.3	15.7	1.6 (0.6)	0.3	29	20	0.3	-	-	-	-	tr.	0.13	1.3	2
8	เงาะสีชมพู Rambutan	77	80.4	1.1	0.4	17.1	0.6 (0.6)	0.3	37	18	0.3	-	-	-	-	0.01	0.15	1.1	3
9	ชมพูแก้มแหม่ม Java apple, Waxapple	15	95.7	0.3	0	3.4	- (0.4)	0.2	7	4	0.3	-	-	-	-	0.14	0.02	0.8	35
10	ชมพูชวด	26	93.1	0.6	0	5.8	- (0.4)	0.1	5	18	0.2	-	-	-	-	0.76	0.03	0.3	24
11	ชมพูภาค Roseapple	20	94.7	0.3	0	4.6	- (0.3)	0.1	2	10	0.8	-	-	-	-	0.01	0.02	0.1	25
12	ชมพูเมืองเพชร	24	92.8	0.5	0	5.5	1.1 (0.4)	0.1	2	18	0.3	-	53	9	-	0.02	0.18	0.6	32
13	ชมพูสาหมวก Malay-apple	28	91.7	0.3	0.1	6.5	- (1.0)	0.4	2	8	0.6	-	-	-	-	0.01	0.04	0.3	20
14	ชมพูสีลาด	19	94.6	0.4	0	4.4	- (0.4)	0.2	2	14	0.4	-	-	-	-	0.09	0.05	0.2	36
15	แตงไทย Water melon	12	96.5	0.2	0	2.8	- (0.3)	0.2	1	17	0.3	-	-	-	-	0.07	0.03	0.3	56
16	แตงโมสุก Water melon	6	98.0	0.3	0	1.3	0.3 (0.1)	0.1	3	1	0.2	-	122	20	-	0.16	0.04	0.1	49

17	ทุเรียนกระดุม Durian	129	70.9	3.3	4.3	19.3	- (1.2)	1.0	49	27	2.0	-	-	-	-	-	0.11	1.0	-
18	ทุเรียนก้านยาว Durian	181	57.3	2.5	4.1	33.7	- (1.7)	1.0	18	36	0.8	-	134	22	-	0.22	0.18	2.8	34
19	ทุเรียนชะนี Durian	139	67.3	2.5	4.4	22.3	- (2.4)	1.1	8	35	1.1	-	244	41	-	0.15	0.18	3.1	28
20	ทุเรียนฆราว Durian	157	64.6	2.7	4.6	26.3	- (0.7)	1.1	41	48	1.4	-	-	-	-	-	0.12	2.1	-
21	ทุเรียนหมอนทอง Durian	156	62.5	2.1	3.3	29.6	- (1.4)	0.9	29	34	1.1	-	46	8	-	0.16	0.23	2.5	35
22	น้อยหน่า Custard apple	87	75.2	1.4	0.2	19.9	27 (1.2)	0.6	7	27	0.4	-	0	0	-	0.09	0.09	1.0	tr.
23	ฝรั่งพันธุ์กลมสี Cuava	34	89.0	0.6	0.1	7.8	29 (-)	0.5	2	12	0.4	-	21	3	-	0.05	0.11	1.3	187
24	พุทราไทย Jujube	85	77.7	1.7	0.8	17.8	- (1.0)	1.1	11	8	0.4	-	19	3	-	0.01	0.63	1.3	44
25	พุทราแปดปลี Jujube	41	87.0	1.0	0.1	9.1	22 (0.5)	0.6	14	6	0.4	-	31	5	-	0.01	0.21	1.1	32
26	มะกอกฝรั่ง Hog plum	48	86.3	0.8	0	11.1	- (1.2)	0.6	20	2	1.2	-	-	-	-	0.06	0.02	0.4	70
27	มะขามเทศ Madras thorn, Manila tamarind	73	78.9	3.5	1.0	12.6	3.4 (0.8)	0.6	53	52	tr.	-	0	0	-	0.14	0.75	1.5	44
28	มะขามป้อม Embae myrabolan, Malaceatree	62	82.2	0.3	0.1	14.9	- (2.1)	0.4	18	4	0.5	-	21	4	-	0.02	0	0.8	19
29	มะขามหวาน Tamarind	314	12.4	2.9	0	75.6	- (4.7)	4.4	141	165	0.9	-	-	-	-	0.46	0.01	1.3	75
30	มะเฟือง Carambola	34	90.0	0.4	0.1	7.8	- (0.9)	0.8	9	15	0.9	-	-	-	-	0.02	0.17	0.8	28
31	มะไฟ Rambai	44	88.2	0.7	0.3	9.6	- (0.9)	0.3	2	20	-	-	-	-	-	0.03	0.09	0.8	55
32	มะปรางลูก Gandaria	47	86.6	0.4	0	11.3	1.5 (0.3)	0.2	9	4	0.3	-	230	39	-	0.11	0.05	0.5	100
33	มะม่วงแก้วดิบ Mango, unripe	67	81.0	0.5	0.2	15.7	2.4 (0.5)	0.2	14	2	tr.	-	219	37	-	0.05	0.02	0.2	35
34	มะม่วงแก้วสุก Mango, ripe	87	76.7	0.6	0.1	20.8	1.6 (0.7)	0.2	34	10	tr.	-	1945	295	-	0.05	0.06	1.1	28

35	มะม่วงเขียวเสวยดิบ Mango, unripe	60	84.3	0.7	0.1	14.0	- (0.4)	0.5	4	16	0.1	-	-	-	-	0.16	0.07	0.2	75
36	มะม่วงทองคำดิบ Mango, unripe	102	74.0	0.8	0.4	23.9	- (0.7)	0.2	30	2	0.3	-	-	-	-	0.01	0.12	0.3	25
37	มะม่วงทราหมณ์สุก Mango, ripe	47	87.5	0.6	0.1	11.0	- (0.4)	0.4	1	15	0.4	-	-	-	-	0.04	0.05	0.8	-
38	มะม่วงทิมเสนดิบ Mango, unripe	84	77.5	1.0	0.5	18.9	1.8 (0.7)	0.3	25	14	tr.	-	148	25	-	0.04	0.03	0.6	31
39	มะม่วงทิมเสนสุก Mango, ripe	62	83.9	1.0	0.2	14.1	- (0.5)	0.3	25	12	tr.	-	-	-	-	0.09	0.05	0.8	13
40	มะม่วงแปดดิบ Mango, unripe	44	87.1	0.4	0.1	10.4	1.8 (0.5)	0.2	1	1	0.1	-	46	7	-	0.12	0.02	0.2	9
41	มะม่วงพริกนางวันสุก Mango, ripe	81	79.3	0.5	0.2	19.2	- (0.5)	0.3	25	15	tr.	-	-	-	-	0.11	0.09	0.8	53
42	มะม่วงแก้วดิบ Mango, unripe	71	81.7	0.7	0.1	16.9	- (0.4)	0.2	3	17	0.1	-	-	-	-	0.12	0.06	0.3	70
43	มะม่วงอกร่องสุก Mango, ripe	74	80.1	0.9	0.2	17.2	1.1 (0.5)	0.5	29	19	0.2	-	59	10	-	0.04	0.06	1.1	13
44	มะละกอ, ค่อนช้างสุก, อุบลฯ Papaya, half ripe	12	96.6	0.2	0	2.7	- (0.3)	0.2	18	1	0.3	-	-	-	-	0.03	0.10	0.2	58
45	มะละกอ,ดิบ Papaya, unripe	20	93.1	0.6	0.1	4.2	- (0.9)	1.1	3	10	0.3	-	0	0	-	0.03	0.10	0.2	44
46	มะละกอ,สุก Papaya, ripe	51	86.9	0.8	0.3	11.3	- (0.5)	0.2	12	22	2.5	-	-	-	-	0.04	0.03	0.3	78
47	มะละกอ,สุก,อุบลฯ Papaya, ripe	23	94.8	0.2	0.8	3.7	- (0.3)	0.2	4	3	0.5	-	-	-	-	0.08	0.10	0.3	58
48	มังคุด Mangosteen	76	79.2	0.5	0	18.4	1.7 (0.3)	0.2	11	17	0.9	-	0	0	-	0.09	0.06	0.1	0
49	ละมุดไทย Chico	71	77.3	0.3	0.8	15.6	5.6 (2.5)	0.4	15	6	0.6	-	22	4	-	0	0.01	0.6	47
50	ละมุดมะกอก	32	91.4	0.2	0.2	7.3	- (0.7)	0.2	1	79	0.2	-	-	-	-	0.11	0.50	0.2	26
51	ลูกตาลอ่อน Sugar-palm	47	88.5	0.5	1.0	9.0	- (0.5)	0.5	6	20	1.7	-	-	-	-	0.03	0.01	0.5	2
52	ลูกท้าว Jambolan	57	84.7	0.9	0.1	13.2	- (0.4)	0.7	41	4	0.9	-	-	-	-	-	-	1.9	56
53	ลำยราง Lang-sat	66	82.9	0.9	0.1	15.3	- (0.3)	0.5	5	35	0.7	-	-	-	-	0.08	0.04	1.7	24

54	ลิ้นจี่ Litchi, Ly-chee	57	85.2	0.9	0.1	13.1	- (0.1)	0.6	7	41	1.3	-	-	-	-	0.11	0.04	0.3	-
55	ลำไย Longan	109	72.4	1.0	0.5	25.2	- (0.4)	0.5	2	6	0.3	-	-	-	-	0.04	0.07	0.6	8
56	ลำไยกะโหลก Longan	61	80.2	0.9	0.1	14.0	- (0.2)	4.6	4	3	0.4	-	-	-	-	0.06	0.07	0.6	1
57	ลำไยเบี้ยวเขียว Longan	61	83.4	1.1	0.1	14.0	1.1 (0.2)	0.3	1	12	0.5	-	-	-	-	0.07	0.08	0.9	11
58	ส้มเกลี้ยง Orange, sour	52	86.8	0.5	0	12.4	- (0.2)	0.1	33	23	0.4	-	-	-	-	0.04	0.04	1.8	71
59	ส้มเขียวหวาน Orange	37	89.9	0.6	0.4	7.8	1.3 (0.5)	tr.	30	24	0.8	-	82	13	-	0.04	0.04	0.4	42
60	ส้มโอขาวแตงกวา Pomelo	53	86.7	0.5	0	12.7	- (0.1)	tr.	22	17	0.7	-	-	-	-	0.01	0.01	0.4	45
61	ส้มโอทองคำ Pomelo	41	89.2	0.5	0.4	8.8	0.7 (0.2)	0.4	9	21	tr.	-	26	4	-	0.07	0.02	0.4	60

ตารางแสดงคุณค่าโภชนาการต่อขนมหวาน 100 กรัม

Food ID	Nutrient Composition per 100 g. Edible Portion	Energy	Water	Protein	Fat	Carbohydrate	Dietary Fiber (Crude Fiber)	Ash	Calcium	Phosphorus	Iron	Retinol	Beta-carotene	Total Vit. A	Vitamin E	Thiamin	Riboflavin	Niacin	Vitamin C
		Kcal	grams					milligrams				mcg.	RE	milligrams					
1	ขนมฉ่ำ Kanomchunt	273	41.1	0.8	8.2	49.2	0.5 (-)	0.2	2	16	tr.	-	9	2	-	0.01	0.05	0.1	-
2	ขนมลูกชุบ Mock Fruits	268	36.6	6.6	6.6	45.5	4.0 (-)	0.7	18	80	tr.	-	3	tr.	-	0	0.35	0.5	-
3	ขนมหม้อแกงไข่ Egg custard, baked	193	58.1	6.3	7.9	24.0	2.8 (-)	0.9	5	60	tr.	16	0	16	-	0.04	0.22	1.0	-
4	ขนมหม้อแกงถั่ว Mungbean custard, baked	199	54.2	5.9	7.2	27.7	4.2 (-)	0.9	9	72	tr.	8	0	8	-	0.05	0.18	0.8	-
5	ข้าวเหนียวมุล Glutinous Rice Steeped in coconut milk	278	35.8	3.1	6.3	52.2	1.7 (-)	0.9	1	18	tr.	-	0	0	-	tr.	0.03	0.3	-
6	ข้าวหริ่ม Sa-Rim	158	65.0	0.2	4.5	29.0	1.2 (-)	0.1	7	6	tr.	-	0	0	-	0.01	0	0.1	-
7	ตะโก้หัว Taco, Coconut puding	127	71.6	0.7	5.7	18.3	3.0 (-)	0.8	5	19	tr.	-	11	2	-	0	0	0.2	-
8	ทองหยอด Thong Yod (Golden drops)	337	31.4	4.3	13.4	49.8	0.6 (-)	0.4	52	92	0.2	83	0	83	-	0.19	0.26	0.5	-
9	ทองหยิบ Thong Yip (Golden flowers)	393	24.5	7.9	19.7	45.9	1.3 (-)	0.7	66	107	0.3	201	0	201	-	0.24	0.31	0.1	-
10	บัวลอยเผือก Taro balls in coconut milk	145	66.2	0.8	4.1	26.4	1.7 (-)	0.9	4	24	tr.	-	2	tr.	-	tr.	0	0.3	-
11	ฝอยทอง Foi Thong (Golden silk threads)	423	23.5	13.5	25.8	34.2	1.9 (-)	1.1	91	205	0.6	307	0	307	-	0.39	0.38	0.8	-
12	เมล็ดขนุน Mock Jack Fruit Seeds	360	28.0	9.8	17.9	39.8	3.6 (-)	0.9	116	210	0.3	20	13	22	-	0.18	0.36	0.2	-
13	ลอดช่องน้ำกะทิ Lod-Chong in coconut milk	127	70.9	0.8	3.7	22.5	1.5 (-)	0.5	4	19	tr.	-	56	9	-	0.02	0	0.6	-
14	เจลลี่ใบเตย Jelly with coconut cream and pandanus leaf flavor	133	72.8	0.6	5.4	20.4	0 (-)	0.7	1	18	tr.	-	10	2	-	0	0	0.1	-
15	สังขยาไข่ Egg custard, steamed	161	60.5	6.9	4.5	23.3	3.8 (-)	1.0	160	39	0.6	0	10	2	-	0.03	0.15	1.1	-

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากรายการอาหารที่กำหนด ให้นักเรียนเลือกรับประทานอาหารเช้า กลางวัน และเย็นที่นักเรียนชอบ จากนั้นให้ใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น หาค่าที่ต้องวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้าเป็นระยะทางเท่าใด จึงจะสามารถขจัดพลังงานส่วนเกินให้หมดไปได้

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “พ่อค้าจำเป็น”

ในแต่ละปีโรงเรียนต้องจัดทำเสื้อยืด จำหน่ายให้กับนักเรียนเพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ของโรงเรียน เช่น กิจกรรมพลศึกษา หรือกิจกรรมที่โรงเรียนต้องการความเป็นระเบียบและความพร้อมเพรียง ถ้าในปีนี้โรงเรียนมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 1760 คน และได้มอบหมายให้นักเรียนพร้อมด้วยสมาชิกซึ่งเป็นคณะกรรมการนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องของเสื้อยืดทั้งหมดตั้งแต่การสำรวจความต้องการของนักเรียน การสืบราคา การสั่งทำเสื้อ การกำหนดราคาขาย ไปจนถึงการประชาสัมพันธ์ โดยผลกำไรที่ได้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะมอบให้กับโรงเรียน สำหรับเป็นทุนการศึกษาสำหรับนักเรียนที่เรียนดีแต่ฐานะยากจน ส่วนที่สองจะนำไปมัดจำในการจัดทำทุนที่ระลึกของนักเรียน นักเรียนจะขายเสื้อยืดที่สั่งทำมา ในราคาตัวละเท่าใด จึงจะได้กำไรสูงสุด ถ้าโรงเรียนกำหนดเงื่อนไขของการขายเสื้อเอาไว้ว่าเสื้อที่จัดทำมานั้นจะต้องขายให้กับนักเรียนเท่านั้นและนักเรียนแต่ละคนจะสามารถซื้อเสื้อได้เพียงคนละ 1 ตัวเท่านั้น

ข้อมูลจากร้านผลิตเสื้อยืดจากการกำหนดแบบและชนิดของผ้าแล้วผู้ผลิตเสื้อกำหนดราคาไว้ดังนี้

จำนวนเสื้อที่สั่งทำ (ตัว)	ราคา (บาท)
100	12,500
250	28,750
500	55,000
700	73,500
1000	100,000
1500	142,500
2000	180,000

ใบแทรกที่ 1

ผลการสำรวจความต้องการในการซื้อเสื้อ

จากผลการสำรวจความต้องการในการซื้อเสื้อของนักเรียนในชั้นจำนวน 32 คน ตามราคาของเสื้อ 5 ราคาได้ผลดังตารางต่อไปนี้

นักเรียนคนที่	ราคา (บาท)				
	80	160	240	320	400
1	✓	✓	✓	×	×
2	✓	✓	✓	×	×
3	✓	✓	✓	✓	×
4	✓	×	✓	×	×
5	✓	×	×	✓	×
6	✓	✓	✓	×	×
7	×	✓	×	✓	×
8	✓	✓	✓	×	×
9	✓	×	✓	✓	×
10	✓	✓	×	×	×
11	✓	×	✓	✓	✓
12	✓	✓	×	×	✓
13	✓	✓	×	✓	✓
14	✓	✓	✓	×	✓
15	×	✓	×	✓	×
16	✓	✓	×	×	×
17	✓	✓	×	✓	×
18	✓	×	×	×	×
19	✓	✓	✓	✓	×
20	✓	✓	✓	×	×
21	✓	✓	×	✓	×
22	✓	✓	×	×	×
23	✓	×	×	×	×
24	✓	✓	×	×	×
25	✓	×	✓	×	×
26	✓	✓	✓	×	×
27	✓	×	×	×	×
28	✓	✓	×	×	×
29	✓	✓	×	×	×
30	✓	×	×	×	×
31	✓	×	✓	×	×
32	✓	✓	×	×	×
รวม	30	22	14	10	4

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

ในการหาจำนวนเงินที่ได้จากการขายเสื้อ นอกเหนือจากวิธีที่นักเรียนใช้ในข้อ 2.1 แล้ว ยังมีวิธีอื่นที่แตกต่างออกไปอีกหรือไม่

จากความสัมพันธ์

จำนวนเงินที่ได้จากการขายเสื้อได้ = ราคาเสื้อ $\times$ จำนวนเสื้อที่ขาย

ถ้าให้ $R_1(p)$ แทนจำนวนเงินที่ได้จากการขายเสื้อที่ราคา p และ p คือราคาเสื้อ

$n(p)$ คือ จำนวนเสื้อที่ขายในราคาตัวละ p ซึ่งก็คือ จำนวนนักเรียนที่พอใจจะซื้อเสื้อที่ราคา p นั้นเอง

1. ให้นักเรียนสร้างฟังก์ชัน $R_1(p)$ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น

2. เปรียบเทียบค่าของ $R(p)$ กับ $R_1(p)$ ตามค่าของ p ที่อยู่ในตารางต่อไปนี้

ราคาเสื้อ (p) (บาท)	$R(p)$	$R_1(p)$
80		
160		
240		
320		
400		

3. จาก $P = R(p) - C[n(p)]$ ให้นักเรียนสร้างฟังก์ชัน P ใหม่โดยการแทน $R(p)$ ด้วย $R_1(p)$ จากนั้นให้หาว่าจะต้องขายเสื้อในราคาตัวละเท่าใด จึงจะได้กำไรสูงสุด นำผลที่ได้ไปอภิปรายเปรียบเทียบกับราคาขายของเสื้อที่ทำให้ได้กำไรสูงสุดครั้งแรก

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “สระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย”

การว่ายน้ำเป็นได้ทั้งการทำให้คลายร้อน การพักผ่อนหย่อนใจและการออกกำลังกายการว่ายน้ำสามารถทำได้ ในหลายสถานที่แล้วแต่ความสะดวกเช่น ในแม่น้ำ – ลำคลอง สถานที่พักผ่อนชายทะเลและในสระว่ายน้ำ เป็นต้น การว่ายน้ำเป็นสิ่งที่ดีแต่สถานที่สำหรับที่จะไปว่ายน้ำเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง ในบางสถานที่เช่นในหนองน้ำหรือในบ่อน้ำที่ไม่มีการถ่ายเทของน้ำ อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ แม้กระทั่งในสระว่ายน้ำที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งเรานิยมไปว่ายน้ำก็อาจเป็นอันตรายได้ หากสระว่ายน้ำเหล่านั้นไม่ได้รับการดูแลรักษาในสระให้มีความสะอาดอย่างเพียงพอ จากการศึกษาและวิจัยพบว่ามีแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนที่ยกไปว่ายน้ำในสระถ้าเจ้าของสระปล่อยให้แบคทีเรียขยายตัวจนมีจำนวนมากจนถึงขั้นที่เป็นอันตราย ตัวอย่างของแบคทีเรียที่พบเช่น พีเคิลโคไลฟอร์มแบคทีเรีย และซูโคโมนาส แอจิโนซาแบคทีเรีย นอกจากนี้ยังพบเชื้อไวรัส ที่เป็นอันตรายเช่น ไวรัสตับอักเสบนชนิด A ไวรัสโปลิโอ อดีโนไวรัสชนิด 3 และ 4 ซึ่งเป็นไวรัสกลุ่ม DNA ซึ่งทำให้เกิดโรคตาและทางเดินหายใจ และกลุ่มของไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ เป็นต้น

สมมตินักเรียนเป็นผู้ดูแลสระว่ายน้ำแห่งหนึ่ง ได้รับรายงานจากนักวิชาการที่มาตรวจสอบสระว่ายน้ำว่า จากการนับจำนวนแบคทีเรียในสระเมื่อเวลา 08.00 น. ของเช้าวันจันทร์พบจำนวนแบคทีเรีย 1500 ตัวต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยแบคทีเรียดังกล่าวจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าในแต่ละวันนับจากวันที่พบ

1. นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าเมื่อถึงเวลา 14.00 น. ของวันพฤหัสบดี จะมีจำนวนแบคทีเรียเป็นจำนวนเท่าใด ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ถ้าข้อกำหนดทางด้านสุขภาพกำหนดไว้ว่าจะยังถือว่าสระว่ายน้ำยังคงมีความปลอดภัย ถ้ามีจำนวนแบคทีเรียไม่เกิน 200,000 ตัวต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นสระว่ายน้ำแห่งนี้ควรจะปิดสระเพื่อทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำในสระกี่วันต่อครั้งจึงจะทำให้ในสระมีความปลอดภัยและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของสระไปด้วยพร้อมๆ กัน

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างได้

1. ให้คำนวณหาผลต่างของจำนวนแบคทีเรีย ในแต่ละข้อต่อไปนี้ พร้อมทั้งอธิบายผลลัพธ์ที่ได้ว่าเกี่ยวข้องกับจำนวนแบคทีเรียในสระว่ายน้ำแห่งนี้หรือไม่อย่างไร

1.1 $f(1) - f(0)$

1.2 $f(2) - f(1)$

1.3 $f(5) - f(4)$

2. ผลต่างที่คำนวณได้ข้างต้นกล่าวถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับจำนวนของแบคทีเรีย ในแต่ละช่วงเวลาที่ผ่านมาหรือไม่อย่างไร

3. จากประเด็นปัญหาที่ 2 จะเกิดอะไรขึ้น ถ้าจำนวนแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันนั้น เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า แทนที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์จำลองเรื่อง การทดสอบสะพานกระดาษ

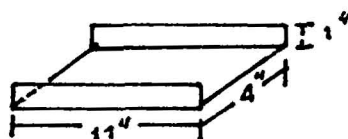
สะพานเป็นสิ่งก่อสร้างที่เราสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ส่วนจะมีรูปร่างเป็นแบบใด ใช้วัสดุและเทคโนโลยีใดในการก่อสร้างนั้นอาจขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานตลอดจนงบประมาณที่มีอยู่ เช่น สะพานข้ามคลอง สะพานลอยข้ามถนน สะพานต่างระดับ และสะพานข้ามแม่น้ำต่างๆ สะพานแต่ละสะพาน แม้จะถูกสร้างอย่างแข็งแรงแต่หากรับน้ำหนักมากเกินไป อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือถึงขั้นพังลงมาได้ ดังนั้นแต่ละสะพานจึงมีข้อกำหนดของน้ำหนักที่สามารถรับได้ ซึ่งโดยทั่วไปน้ำหนักที่สะพานสามารถรับได้จะสัมพันธ์กับความหนาของเหล็กที่ใช้ทำสะพานและการออกแบบของวิศวกร ในสถานการณ์จำลองต่อไปนี้ นักเรียนจะได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการรับน้ำหนักของสะพานที่มีความหนาต่างๆ โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

อุปกรณ์

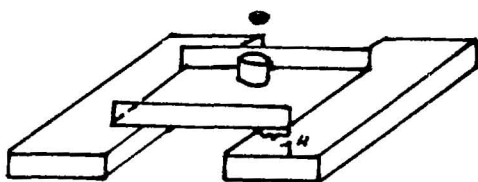
1. กระดาษ เอ 4 กว้าง 4 นิ้ว ยาว 11 นิ้ว จำนวน 15 แผ่น
2. หนังสือที่มีความหนาเท่ากัน 2 เล่ม
3. ถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก 1 ใบ
4. เหรียญ 1 บาท จำนวน 50 เหรียญ

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. สร้างสะพานกระดาษ จากกระดาษ เอ 4 ที่เตรียมไว้ โดยการพับขอบทั้ง 2 ข้าง ตามความยาว ขึ้นมาข้างละ 1 นิ้ว ดังภาพ



2. พาดสะพานกระดาษไว้ระหว่างหนังสือ 2 เล่ม ที่มีความหนาเท่ากัน โดยให้ปลายทั้ง 2 ด้านของสะพานพาดอยู่บนหนังสือด้านละ 1 นิ้ว วางถ้วยพลาสติกตรงจุดกึ่งกลางของสะพานดังรูป



3. ใส่เหรียญบาทลงไปในถ้วยครึ่งละ 1 เหรียญ จนกระทั่งสะพานหักงอลงมา บันทึกความหนา (จำนวนชั้นของสะพานกระดาษ) และน้ำหนัก (จำนวนเหรียญ) ที่ทำให้สะพานหักงอลง

4. ทำการทดลองในลักษณะเดียวกับข้อ 3 โดยให้สะพานมีความหนาเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มกระดาษที่ใช้แทนสะพานเข้าไปที่ละแผ่นจนครบ 5 แผ่น ผลที่ได้บันทึกไว้ในตาราง

ความหนา (จำนวนชั้น)	1	2	3	4	5
น้ำหนัก (จำนวนเหรียญ) ที่ทำให้สะพานหักงอ					

1. จากการทดลองข้างต้น ถ้านักเรียนเป็นวิศวกรผู้ควบคุมและออกแบบการสร้างสะพาน กำลังพิจารณาตัดสินใจว่าจะสร้างสะพานที่ความหนา 6 หรือ 7 ชั้น

• ให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเขียนแผนภาพการกระจายเขียนกราฟเส้นที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นให้ใช้กราฟเส้นที่ได้หาค่าน้ำหนักสูงสุดที่สะพานหนา 6 ชั้น และ 7 ชั้นสามารถรับได้โดยสะพานไม่หักงอ

• ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของกราฟเส้นที่สร้างได้ข้างต้น จากนั้นให้หาว่าที่ความหนาของสะพาน 6 ชั้น และ 7 ชั้น จะสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดเท่าใดโดยสะพานไม่หักงอ

• ให้นักเรียนทำการทดลองโดยใช้สะพานหนา 6 ชั้น และ 7 ชั้นเพื่อหาว่าที่ความหนาดังกล่าว สะพานจะสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดโดยสะพานไม่หักงอเป็นเท่าใด

• ผลที่ได้จากกราฟ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์และการทดลอง ให้นักเรียนอภิปรายและหาข้อสรุปว่า สะพานหนา 6 ชั้น และ 7 ชั้น จะสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดโดยสะพานไม่หักงอเป็นเท่าใด

• ถ้ากำหนดเงื่อนไขของการที่จะตัดสินใจสร้างสะพาน 6 หรือ 7 ชั้นว่า “จะคือน้ำหนักที่สะพานสามารถรับได้สูงสุดโดยสะพานไม่หักงอ เป็นเกณฑ์ คือ ถ้าน้ำหนักสูงสุดที่สะพานหนา 6 ชั้น และ 7 ชั้นสามารถรับได้โดยสะพานไม่หักงอ มีความแตกต่างกันตั้งแต่ 5 เหรียญขึ้นไป จะตัดสินใจสร้างสะพานหนา 7 ชั้น แต่ถ้าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขนี้จะตัดสินใจสร้างสะพานหนา 6 ชั้น” จากเงื่อนไขดังกล่าวนักเรียนจะตัดสินใจสร้างสะพาน 6 ชั้น หรือ 7 ชั้น

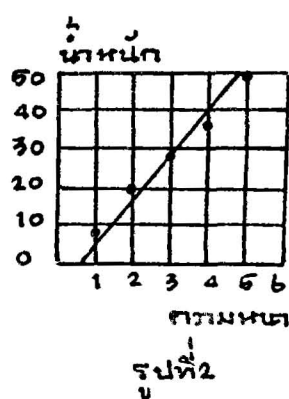
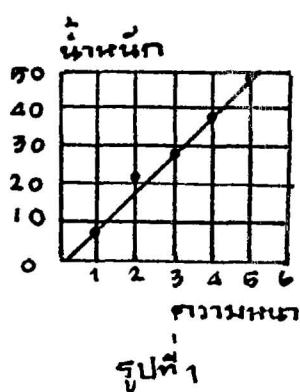
2. จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ถ้านักเรียนต้องการสร้างสะพานที่สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 75 เหรียญ สะพานที่จะสร้างจะต้องหนากี่ชั้น จึงจะเป็นการเพียงพอและประหยัดค่าใช้จ่ายสูงสุด

3. สมมติว่านักเรียนสามารถใช้กระดาษที่มีความหนาเป็นครึ่งชั้นมาสร้างสะพานได้ น้ำหนักสูงสุดของสะพานที่มีความหนา 7.5 ชั้นจะสามารถรับได้เป็นเท่าใด

4. ถาลดความยาวของสะพานลงเหลือ 8 นิ้ว แทนที่จะเป็น 11 นิ้ว จะเกิดอะไรขึ้น

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

1. ค่าของ m และ b จากฟังก์ชันที่นักเรียนสร้างได้ บอกอะไรกับนักเรียนเกี่ยวกับกราฟ และความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของสะพานและน้ำหนักที่จะทำให้สะพานหักงอ
2. เป็นสิ่งที่ไม่น่าเป็นไปได้ที่ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองจะเป็นเส้นตรงพอดี กราฟข้างล่างนี้เป็นความพยายามของนักเรียน 2 กลุ่ม ที่จะเขียนกราฟเส้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลของกลุ่มตนเอง



2.1 กราฟรูปใดที่สามารถทำนายน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอที่ความหนาของสะพานต่างๆ ได้ดีกว่ากัน

2.2 จากกราฟที่นักเรียนเลือกในข้อ 2.1 นักเรียนจะมีคำแนะนำให้กับกลุ่มที่เขียนกราฟนั้นอย่างไร จึงจะทำให้กราฟนั้นสามารถทำนายน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอที่ความหนาของสะพานต่างๆ ได้ดีขึ้น

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “การทดสอบสะพานกระดาษที่มีความยาวแตกต่างกัน”

จากสถานการณ์จำลองในกิจกรรมที่ 4 นักเรียนได้ทำการทดสอบการรับน้ำหนักของสะพานที่มีความหนาต่าง ๆ และพบว่าสะพานที่มีความหนามากกว่าจะมีความแข็งแรงมากกว่าสะพานที่มีความหนาน้อยกว่า โดยความหนาของสะพานกับน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักมีความสัมพันธ์เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น นักเรียนคิดว่านอกเหนือจากความหนาของสะพานแล้วยังมีสิ่งอื่นอีกหรือไม่ ที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักอยู่ในสถานการณ์จำลองต่อไปนี้

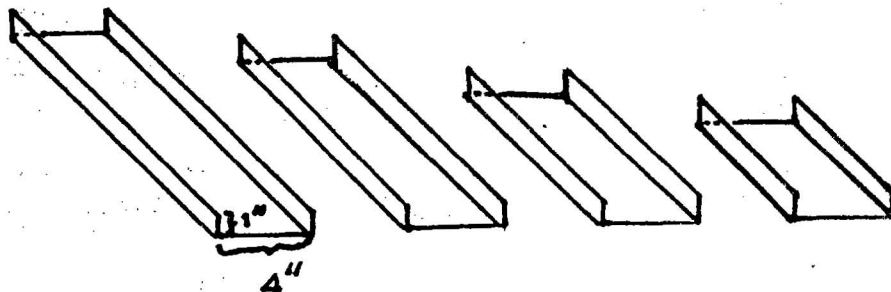
นักเรียนจะได้ทำการทดลองกับสะพานกระดาษที่มีความยาวแตกต่างกัน นักเรียนคิดว่าความยาวของสะพานสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักหรือไม่และสัมพันธ์กันเป็นแบบใด และนักเรียนคิดว่าสะพานที่มีความยาวมากกว่าจะมีความแข็งแรงมากหรือน้อยกว่าสะพานที่มีความยาวสั้นกว่า และถ้าเราต้องการให้สะพานสามารถรับน้ำหนักได้สูงที่สุดตามที่เราต้องการ ความยาวของสะพานควรจะเป็นเท่าใด

อุปกรณ์

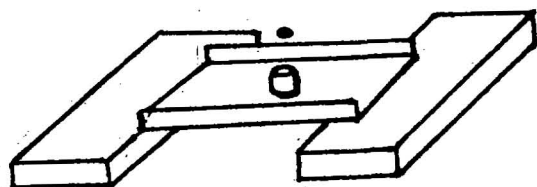
1. กระดาษห่อ 4 ขนาดกว้าง 4 นิ้ว ยาว 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 และ 11 นิ้ว และที่มีความยาวอื่นตามต้องการ
2. หนังสือที่มีความหนาเท่ากัน 2 เล่ม
3. ถ้วยพลาสติกขนาดเล็ก 1 ใบ
4. เหรียญบาท จำนวน 80 เหรียญ

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. สร้างสะพานกระดาษจากกระดาษที่เตรียมไว้ให้โดยการพับขอบทั้ง 2 ข้าง ตามความยาวขึ้นมาข้างละ 1 นิ้วดังภาพ



2. พาดสะพานกระดาษไว้ระหว่างหนังสือ 2 เล่ม โดยให้ปลายทั้ง 2 ด้านของสะพานพาดอยู่บนหนังสือด้านละ 1 นิ้ว แล้ววางด้วยพลาสติกตรงจุดกึ่งกลางของสะพานดังภาพ



3. ใส่เหรียญบาทลงไปในถ้วยครึ่งละ 1 เหรียญ จนกระทั่งสะพานหักงอแล้วบันทึกความยาวของสะพานและน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอโดยใช้ความยาวของสะพานเป็น 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 นิ้ว ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดลอง บันทึกไว้ในตารางที่กำหนดให้

ความยาวของสะพาน (นิ้ว)	4	5	6	7	8	9	10	11			
น้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอ (เหรียญ)											
น้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอ (กรัม)											

หมายเหตุ 1. เหรียญบาท 1 เหรียญมีน้ำหนักเท่ากับ 3.39 กรัม

2. ความยาวของสะพานนับทั้งส่วนของสะพานที่พาดอยู่บนหนังสือทั้ง 2 เล่มด้วย

1. ให้นักเรียนเขียนแผนภาพการกระจายของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จากนั้นให้สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของกราฟที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใด นักเรียนจึงคิดว่ากราฟที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นเหมาะสมกับข้อมูลดีแล้ว

2. ให้นักเรียนใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งอยู่ในรูปของกราฟที่นักเรียนสร้างขึ้น ทำนายหาน้ำหนักที่ทำให้สะพานยาว 4.5, 5.5 และ 6.5 นิ้วหักงอ จากนั้นให้นักเรียนทดสอบว่าผลการทำนายดังกล่าวนี้มี ความน่าเชื่อถือมาก – น้อย เพียงใด โดยการเปรียบเทียบผลของการทำนายกับผลของการทดลองที่สะพานยาว 4.5, 5.5 และ 6.5 นิ้ว

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของสะพานและน้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอ ในสถานการณ์ปัญหานี้ เหมือนกันหรือแตกต่างกันกับความสัมพันธ์ที่นักเรียนค้นพบในการทำกิจกรรมที่ 3 (ตอบพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ)

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

1. ถ้านักเรียนทำการทดลองโดยใช้ความยาวของสะพานเป็น 12 , 13 และ 14 นิ้ว นักเรียนคาดว่าผลลัพธ์จะเป็นเช่นไร ให้เหตุผลประกอบด้วยว่าเพราะเหตุใด นักเรียนจึงคาดหวังเช่นนั้น
2. น้ำหนักที่ทำให้สะพานหักงอจะเป็นเช่นไร ถ้าสะพานมีความยาว 3 นิ้ว

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “ค่าของเงินที่เปลี่ยนไป”

นักเรียนเคยสังเกตบ้างหรือไม่ว่าของบางอย่างที่เราเคยซื้อได้ด้วยเงินจำนวนหนึ่งเมื่อปีที่แล้วอาจไม่สามารถซื้อได้ด้วยเงินจำนวนเดียวกันในปีนี้ นักเรียนทราบหรือไม่ว่าเป็นเพราะเหตุใด โดยทั่วไปการที่เราต้องใช้เงินเพิ่มขึ้น ในการซื้อสินค้าชนิดเดียวกับที่เคยซื้อในอดีต เช่นในปี พ.ศ. 2513 เราสามารถซื้อทองรูปพรรณได้ ในราคาบาทละ 400 บาท แต่ในปัจจุบัน ราคาทองรูปพรรณที่น้ำหนักเท่ากันนี้ เราต้องใช้เงิน 4,500 บาท สิ่งนี้บอกให้เราทราบว่ามูลค่าของเงินลดลง จึงทำให้อำนาจการซื้อของเราลดลงไปด้วยและสิ่งที่จะบอกว่ามูลค่าของเงินลดลงมากหรือน้อยเท่าใด ได้แก่ อัตราเงินเฟ้อ(Inflation rate) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดทางด้านเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง ถ้าสมมติว่าอัตราเงินเฟ้อของประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2545 เป็นต้นไปจะอยู่ที่ 5 % ซึ่งนำมาอธิบายเกี่ยวกับมูลค่าของเงินที่แท้จริงได้ดังนี้

สินค้าที่ซื้อได้ในราคา 100 บาทในปี พ.ศ. 2545 จะต้องใช้เงิน 105 บาท ซื้อในปี พ.ศ. 2546

$$\text{ดัชนีแฟกเตอร์การลดลงของเงิน} = \frac{100}{105} = 0.9524$$

ดังนั้นเงิน 100 บาท ในปี พ.ศ. 2546 จะมีมูลค่าที่แท้จริง

$$= 100 \times 0.9524 = 95.24 \text{ บาท}$$

และในปี พ.ศ. 2547 เงิน 100 บาท จะมีมูลค่าที่แท้จริง

$$= 100 \times (0.9524)^2 = 90.71 \text{ บาท}$$

สมมติว่านักเรียนโชคดีถูกรางวัลที่หนึ่งของสลากกินแบ่งรัฐบาลได้รับเงินจำนวน 3,000,000 บาท

ในวันที่ 1 กรกฎาคม 2545

1. ถ้านักเรียนเก็บเงินจำนวนนี้ไว้ที่บ้าน ซึ่งด้วยอัตราเงินเฟ้อ 5 % ต่อปี มูลค่าที่แท้จริงของเงิน 3,000,000 ในบางปี แสดงดังตาราง

วัน – เดือน – ปี	จำนวนปี (n)	มูลค่าที่แท้จริงของเงิน
1 ก.ค. 45	0	3,000,000
1 ก.ค. 46	1	2,857,200
1 ก.ค. 48	3	2,591,700
1 ก.ค. 50	5	2,350,800
1 ก.ค. 52	7	2,132,400
1 ก.ค. 54	9	1,934,100
1 ก.ค. 55	10	1,842,000

เมื่อถึงวันที่ 1 กรกฎาคม 2559 มูลค่าที่แท้จริงของเงิน 3,000,000 บาท จะเป็นเท่าใด และมูลค่าที่ได้นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเงิน 3,000,000 บาท แล้วเป็นอย่างไร

2. ถ้านักเรียนนำเงิน 3,000,000 บาทไปฝากธนาคาร เมื่อวันที่ 1 ก.ค. 2545 แบบฝากประจำ 12 เดือน อัตราดอกเบี้ยทบต้น 5% ต่อปี ถ้านักเรียนไม่ถอนดอกเบี้ยออกมาใช้เลย จำนวนเงินในบัญชีของนักเรียนในบางปีแสดงดังตาราง

วัน – เดือน – ปี	จำนวนปี (t)	จำนวนเงินที่ได้รับ
1 ก.ค. 45	0	3,000,000
1 ก.ค. 46	1	3,150,000
1 ก.ค. 48	3	3,472,875
1 ก.ค. 50	5	3,828,844.69
1 ก.ค. 52	7	4,221,300.59
1 ก.ค. 54	9	4,653,983.90
1 ก.ค. 55	10	4,886,683.80

2.1 เมื่อถึงวันที่ 1 ก.ค. 2559 นักเรียนจะมีเงินอยู่ในบัญชีเป็นจำนวนเท่าใด

2.2 ที่อัตราเงินเฟ้อ 5% ต่อปี จำนวนเงินในบัญชี ณ วันที่ 1 ก.ค. 2559 จะมีมูลค่าที่แท้จริงเป็นเท่าใด และมูลค่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับเงินจำนวน 3,000,000 บาท แล้วเป็นอย่างไร

3. ให้นักเรียนอภิปรายหาข้อสรุปเกี่ยวกับผลที่ได้รับจากการฝากเงินไว้กับธนาคาร กรณีอัตราดอกเบี้ยของธนาคารเท่ากับอัตราเงินเฟ้อ

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากสถานการณ์ปัญหาเรื่อง “ค่าของเงินที่เปลี่ยนไป” ในใบกิจกรรมที่ 1 จำนวนเงินที่นักเรียนมี คือ 3,000,000 บาท อัตราเงินเฟ้อที่ 5% ต่อปี

1. ถ้าธนาคารให้ดอกเบี้ยทบต้น 3.5% ต่อปี การฝากเงินจำนวน 3,000,000 บาท แบบฝากประจำ 12 เดือน เมื่อวันที่ 1 ก.ค. 2545 จำนวนเงินในบัญชี ณ วันที่ 1 ก.ค. 59 จะเป็นเท่าใด ถ้านักเรียนไม่ถอนดอกเบี้ยออกมาใช้เลย และจำนวนเงินดังกล่าวจะมีมูลค่าแท้จริงเท่าใด

2. ในทำนองคล้ายกันกับข้อ 1 ถ้าธนาคารให้ดอกเบี้ยทบต้น 7% จำนวนเงินในบัญชี ณ วันที่ 1 ก.ค. 59 จะเป็นเท่าใด และมีมูลค่าที่แท้จริงเป็นอย่างไร

3. ให้นักเรียนอภิปรายหาข้อสรุป กรณีอัตราเงินเฟ้อต่ำกว่าอัตราดอกเบี้ยของธนาคารและอัตราเงินเฟ้อสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “การใช้บริการอินเทอร์เน็ตอย่างชาญฉลาด”

อินเทอร์เน็ต (Internet) หรือไซเบอร์สเปซ (Cyberspace) เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่เชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลกเข้าด้วยกัน จึงทำให้เราสามารถใช้บริการจากอินเทอร์เน็ตได้อย่างกว้างขวาง เช่น การรับ – ส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) การสืบค้นข้อมูล การพูดคุยกันระหว่างผู้ใช้อินเทอร์เน็ต โดยใช้การพิมพ์ข้อความโต้ตอบกัน (Chat) การพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (E-commerce) และการให้ความบันเทิง เป็นต้น ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตของคนไทยเพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดธุรกิจการให้บริการอินเทอร์เน็ตขึ้นหลายบริษัท ซึ่งเป็นผลดีต่อผู้ใช้ที่จะได้มีโอกาสเลือกใช้บริการที่ตนเองพอใจ ข้อมูลที่นักเรียนเมื่ออยู่เป็นค่าบริการของการใช้อินเทอร์เน็ตซึ่งได้จากโฆษณาการใช้อินเทอร์เน็ตของบริษัท ซี เอส อินเทอร์เน็ต (CS Internet) และบริษัทเอเนท อินเทอร์เน็ต (ANET Internet)

1. ถ้าให้นักเรียนเป็นผู้จัดการฝ่ายวางแผนการผลิตของบริษัท ซีเอส อินเทอร์เน็ต และบริษัท เอเนท อินเทอร์เน็ตและนักเรียนเห็นว่าทั้งสองบริษัทควรจะเปิดให้บริการที่เวลา 300 ชั่วโมง นักเรียนจะกำหนดราคาค่าใช้บริการที่เวลา 300 ชั่วโมง ของแต่ละบริษัทเท่ากับเท่าใด

2. ถ้าให้นักเรียนอยู่ในสถานภาพของผู้ใช้บริการและนักเรียนต้องการใช้บริการที่เวลา 350 ชั่วโมง และสมมติว่าทั้ง 2 บริษัทเปิดให้บริการที่เวลา 350 ชั่วโมง นักเรียนจะตัดสินใจเลือกใช้บริการของบริษัทใด

3. ถ้ามีเพื่อนๆ มาขอคำแนะนำกับนักเรียนเกี่ยวกับการใช้บริการจากทั้ง 2 บริษัทนี้ ให้นักเรียนให้คำแนะนำกับเพื่อนๆ เมื่อใดจึงจะเลือกใช้บริการของบริษัท ซี เอส อินเทอร์เน็ต และเมื่อใดจึงจะเลือกใช้บริการของบริษัทเอเนท อินเทอร์เน็ต

CS INTERNET

WE CARE FOR ALL ACCESSSES



= Home = Engli

- ▶ Current Customers
- ▶ New Customers
- ▶ Support
- ▶ General Information

CS Net เป็นบริการพร้อมใช้ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องเสียค่าบริการรายเดือน เหมาะสำหรับผู้ที่มีภาระงานน้อย และ ไม่แน่นอนเพราะ ไม่มีการจำกัดการใช้งานในแต่ละวัน
ด้วยอายุการใช้งานถึง 1 ปี

■ CS Package (No Monthly Fee)

บริการ	ชั่วโมงการใช้งาน (ชั่วโมง)	ค่าบริการ (บาท)	ราคาค่าชั่วโมง (บาท)	ระยะเวลาใช้งาน (เดือน)
CS Pac 50	50	650	13	12
CS Pac 100	100	1,300	13	12
CS Pac 200	200	2,400	12	12
CS Pac 500	500	6,000	12	12
Cafe 720 hr/mt	720	5,000	6.94	1

หมายเหตุ

1. การให้บริการจะหมดอายุหลังจากครบชั่วโมงใช้งาน หรือสิ้นสุดระยะเวลา โดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องแจ้งก่อน
2. การต่ออายุการใช้งาน สามารถทำได้โดยซื้อบริการใหม่ หรือสมัครบริการแบบรายเดือน

สมัครเป็นสมาชิกกับเรา

● 1-2-3 Steps

- ตัวอย่างจำหน่าย

A NET INTERNET

► PACKAGE ANET ►►►

แพคเกจอินเทอร์เน็ต



กล่องเน็ตเต็มอิ่ม
พร้อมฟรี E-mail

สนุกสุดกับสำหรับ
นักท่องเน็ตด้วย



มอริเตอร์
ทั่วโลก
ไม่จำกัดชั่วโมง



ยิ่งเล่น ยิ่งประหยัด
ในเวลากลางวัน



● วิธีการชำระเงิน ●



Smart Zone
(กล่องเน็ตเต็มอิ่ม พร้อมฟรี e-mail)

เป็นการให้บริการในรูปแบบเดียวกับผู้ที่เริ่มใช้งาน คิดต่อง่าย ไม่ยุ่ง
ยาก ต้องการใช้อีเมล จึงมีเนื้อที่รับ-ส่ง 5 MB. ไม่ต้องเสียค่าบริการ
แรกเข้า และไม่ต้องลงทะเบียน สามารถใช้ได้เฉพาะกรุงเทพฯ และ
ปริมณฑล

ราคา Smart Zone

25 ชั่วโมง	50 ชั่วโมง	100 ชั่วโมง
330 บาท	600 บาท	1,050 บาท
13.20 บาท / ชั่วโมง	12.00 บาท / ชั่วโมง	10.50 บาท / ชั่วโมง

Smart Zone Promotion *

- 25 ชั่วโมง รับฟรี 10 ชั่วโมง ราคาเพียง 330 บาท.
- 50 ชั่วโมง รับฟรี 25 ชั่วโมง ราคาเพียง 600 บาท.
- 100 ชั่วโมง รับฟรี 50 ชั่วโมง ราคาเพียง 1,050 บาท.

ANET Internet

[Home](#)

[Chairman Message](#)

[About Us](#)

[Our Products & Prices List](#)

[Our Services](#)

[Our Support](#)

[Makeorder](#)

[Email Browser](#)

[Download Software](#)

[Jobs](#)

[Guide to ANET](#)

[Start to](#)

[Questionnaire](#)

[Look for our Shops ?](#)

[New Membership ?](#)

[Renewal ?](#)

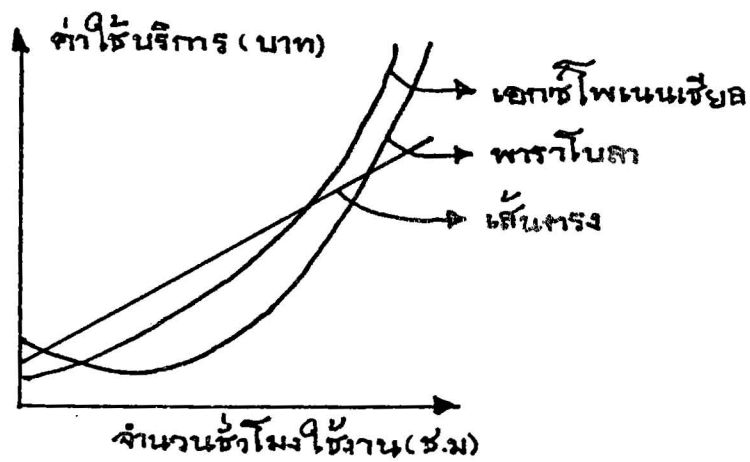
[Q & A?](#)

[Mapsite](#)

[Comment](#)

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั่วโมงการใช้งานกับค่าบริการซึ่งอยู่ในรูปเส้นตรง พาราโบลาและเอกซ์โพเนนเชียลข้างล่างนี้ ให้นักเรียนอภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปพร้อมเหตุผลสนับสนุนว่า ในมุมมองของผู้บริโภค ค่าใช้บริการกับจำนวนชั่วโมงของการใช้งาน ควรมีความสัมพันธ์เป็นกราฟใด ระหว่างเส้นตรง พาราโบลา และเอกซ์โพเนนเชียล



ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “สุขภาพดีช่วยชาติได้”

ปัจจุบันรัฐบาลได้จัดให้มีโครงการประกันสุขภาพให้กับประชาชน ภายใต้โครงการชื่อ “30 บาท รักษาทุกโรค” เพื่อให้คนไทยทุกคนได้รับบริการสุขภาพที่จำเป็นและมีคุณภาพดี ในขณะเดียวกันเพื่อให้ประชาชนมีสุขภาพดีและเป็นการดำเนินการป้องกันที่ต้นเหตุ รัฐบาลโดยกระทรวงสาธารณสุข จึงได้จัดโครงการ “รวมพลังสร้างสุขภาพ” ควบคู่ไปด้วยโดยประกาศให้ 3 ปี นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นปีแห่งการสร้างสุขภาพ เพื่อให้ประชาชนพึ่งตนเองด้านสุขภาพได้มากขึ้น โดยถือว่า “สุขภาพ” เป็นเรื่องของประชาชนทุกคนและเพื่อประชาชนทุกคน กรุงเทพฯ เป็นเมืองใหญ่ที่มีประชากรเป็นจำนวนมาก ในแต่ละปีรัฐบาลต้องจัดสรรงบประมาณเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการดูแลสุขภาพของประชากรกรุงเทพฯ โดยงบประมาณส่วนนี้ จะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังจะเห็นได้จากข้อมูลในตารางต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายเพื่อการดูแลสุขภาพและจำนวนประชากรของกรุงเทพมหานคร
ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2544

ปี (พ.ศ.)	ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)	จำนวนประชากร * (คน)
2535	72.2	5,546,937
2536	76.9	5,550,591
2537	82.3	5,562,141
2538	89.4	5,572,712
2539	102.5	5,570,743
2540	112.1	5,584,963
2541	123.0	5,604,772
2542	138.7	5,647,799
2543	151.7	5,662,499
2544	169.2	5,680,380

* ข้อมูลของกรุงเทพมหานคร จากการสำรวจเพื่อเตรียมการเลือกตั้งสมาชิกผู้แทนราษฎร

ในฐานะที่นักเรียนเป็นส่วนหนึ่งของประชากรของกรุงเทพมหานคร จึงควรมีส่วนร่วมในการประหยัดงบประมาณด้วยการดูแลสุขภาพของตนเองให้ดี เช่น ออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ เลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์และคุณค่าต่อร่างกายเป็นต้น เพราะจากข้อมูลในตารางข้างต้นมีแนวโน้มว่างบประมาณในส่วนนี้ของกรุงเทพมหานครจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี

1. ถ้าแนวโน้มของงบประมาณเพื่อการดูแลสุขภาพของประชากรในกรุงเทพมหานครยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอีก 10 ปีข้างหน้านับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 รัฐบาลจะต้องจัดสรรงบประมาณเพื่อการนี้ให้กับกรุงเทพมหานครเป็นจำนวนเท่าใด และประชากรของกรุงเทพมหานครในปีดังกล่าว จะได้รับค่าใช้จ่ายเพื่อการดูแลสุขภาพเฉลี่ยคนละเท่าใด

2. งบประมาณเพื่อการดูแลสุขภาพของประชากรในกรุงเทพมหานครจะเพิ่มขึ้นไปถึง 500 ล้านบาท ในเวลาอีกกี่ปี นับจากปี พ.ศ. 2545

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากสถานการณ์ปัญหาเรื่อง “สุขภาพดีช่วยชาติได้” ที่นักเรียนได้ทำการศึกษามาแล้วนั้น ให้นักเรียน และสมาชิกในกลุ่มร่วมกันศึกษา และ/หรืออภิปรายเพื่อหาข้อสรุปประเด็นปัญหาต่อไปนี้

ให้นักเรียนใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ทำนายจำนวนงบประมาณที่รัฐบาลจะต้องจัดสรรให้กับ กรุงเทพมหานครเพื่อการดูแลสุขภาพของประชากรกรุงเทพมหานคร ในอีก 50 ปีข้างหน้านับจากปี พ.ศ.2545 พร้อมทั้งหาว่าประชากรของกรุงเทพมหานครในปีดังกล่าวจะได้รับค่าใช้จ่ายเพื่อการดูแลสุขภาพเฉลี่ยคนละเท่าใด จากนั้นให้ร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของผลลัพธ์ที่คำนวณได้ในด้านความเป็นไปได้ ความสมเหตุสมผล และประสิทธิภาพของการทำนายของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “ใช้ยาพาราเซตามอลอย่างไรให้ปลอดภัย”

“อโรคยา ปรมาลาภา : ความไม่มีโรคเป็นลาภอันประเสริฐ” โดยทั่วไปเราจะดูแลสุขภาพของตนเองอย่างสม่ำเสมอ แต่กระนั้นก็ตามโอกาสที่เราจะเจ็บป่วยก็เกิดขึ้นได้เสมอ ซึ่งเมื่อป่วยเราควรไปพบแพทย์เพื่อรักษา แต่การเจ็บป่วยบางอย่างเช่น ปวดศีรษะ ตัวร้อน ท้องเสีย อาการเหล่านี้ หากเป็นไม่มากนัก เรามักดูแลตัวเองด้วยการรับประทานยาตามอาการป่วยนั้น นักเรียนทราบหรือไม่ว่ายาที่นักเรียนรับประทานเข้าไปนั้นจะอยู่ในร่างกายของเรานานเท่าใด ตามปกติร่างกายของเราจะขจัดยาที่รับประทานเข้าไปโดยกระบวนการที่เรียกว่า “เมตาบอลิซึม (Metabolism)” และจากการขับถ่ายของเสียออกจากร่างกาย ซึ่งในทางการแพทย์เรียกกระบวนการนี้ว่า “ครึ่งชีวิตของยา” (Half-life) ของยา เช่นยาเมเฟนามิคแอซิดแคปซูล 250 มิลลิกรัม มีครึ่งชีวิตของยา ($t_{1/2}$) 2 ชั่วโมงหมายความว่า หลังจากรับประทานยาเข้าไปแล้ว 2 ชั่วโมงจะมีปริมาณยาเหลืออยู่ในร่างกาย 125 มิลลิกรัม และในอีก 2 ชั่วโมงต่อไปปริมาณยาในร่างกายจะลดลงเหลือ 62.5 มิลลิกรัม ยาโดยทั่วไปจะระบุครึ่งชีวิตไว้ในใบกำกับการใช้ยาดังใบกำกับการใช้ยาเมเฟนามิคแอซิดแคปซูลต่อไปนี้

เมเฟนามิกแอซิดแคปซูล

ยาต้านอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์

ส่วนประกอบ

ใน 1 แคปซูล ประกอบด้วยตัวยา เมเฟนามิก แอซิด 250 มิลลิกรัม

คุณสมบัติทางเภสัชวิทยา

เมเฟนามิก แอซิด เป็นยาต้านอักเสบชนิดที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ในกลุ่มของกรดแอสทรีนิก มีฤทธิ์บรรเทาอาการปวด อาการอักเสบและลดไข้ ยานี้ออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างพรอสตาแกลนดินโดยรบกวนการทำงานของเอนไซม์ออกซิเจเนส นอกจากนี้ยังสามารถต้านฤทธิ์ของพรอสตาแกลนดินที่ถูกสร้างขึ้นแล้วได้ด้วย โดยเมเฟนามิก แอซิด จะแย่งพรอสตาแกลนดินในการจับกับ receptor

เมเฟนามิก แอซิด ถูกดูดซึมได้ดีจากทางเดินอาหาร ระดับยาในเลือดจะสูงสุดหลังรับประทานยา 2-4 ชั่วโมง และขึ้นสู่ระดับคงที่ใน 2 วัน ยาจับกับพลาสมาโปรตีนได้ดีและมีระยะครึ่งชีวิตในร่างกายนาน 2 ชั่วโมง ถูกแปรรูปที่ตับ ประมาณ 67% ของยาที่รับประทานจะถูกขับออกทางปัสสาวะ และ 25% ถูกขับออกทางอุจจาระ เมเฟนามิก แอซิด สามารถผ่านรกและถูกขับออกทางน้ำนมได้เล็กน้อย

ข้อบ่งใช้

1. บรรเทาอาการปวดและอักเสบที่ไม่รุนแรง เช่น หลังการผ่าตัดทำฟัน การผ่าตัดคลอดบุตร ผ่าตัดกระดูก กล้ามเนื้ออักเสบจากการเคล็ด ขัดขอก
2. บรรเทาอาการปวดและอาการผิดปกติอื่นๆ เนื่องจากมีประจำเดือน

ขนาดและวิธีใช้

ผู้ใหญ่ รับประทานครั้งแรก 2 แคปซูล (500 มก.) ต่อไปรับประทานครั้งละ 1 แคปซูล (250 มก.) ทุก 6 ชั่วโมง ตามความจำเป็น

- หมายเหตุ**
1. ไม่ควรรับประทานยานี้ติดต่อกันนานเกิน 7 วัน
 2. ควรรับประทานพร้อมอาหารหรือหลังอาหารทันทีเพื่อป้องกันการระคายเคืองกระเพาะอาหาร

คำเตือนและข้อควรระวัง

1. ห้ามใช้ในผู้ที่แพ้ยา และในผู้ที่มีอาการหอบหืด เยื่อจมูกอักเสบ angioedema หรือลมพิษ เนื่องจากแพ้ยาแอสไพรินหรือยาต้านอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์อื่นๆ
2. ไม่ควรใช้ยานี้ในหญิงมีครรภ์ ระยะให้นมบุตร เด็กอายุต่ำกว่า 14 ปี และผู้ที่เป็นแผลในกระเพาะอาหาร
3. ระวังการใช้ในผู้ที่เคยเป็นโรคของทางเดินอาหารส่วนต้น มีเลือดออกง่าย เป็นโรคตับ โรคไต ผู้ป่วยหัวใจทำงานไม่ดี โรคความดันเลือดสูง และผู้สูงอายุ

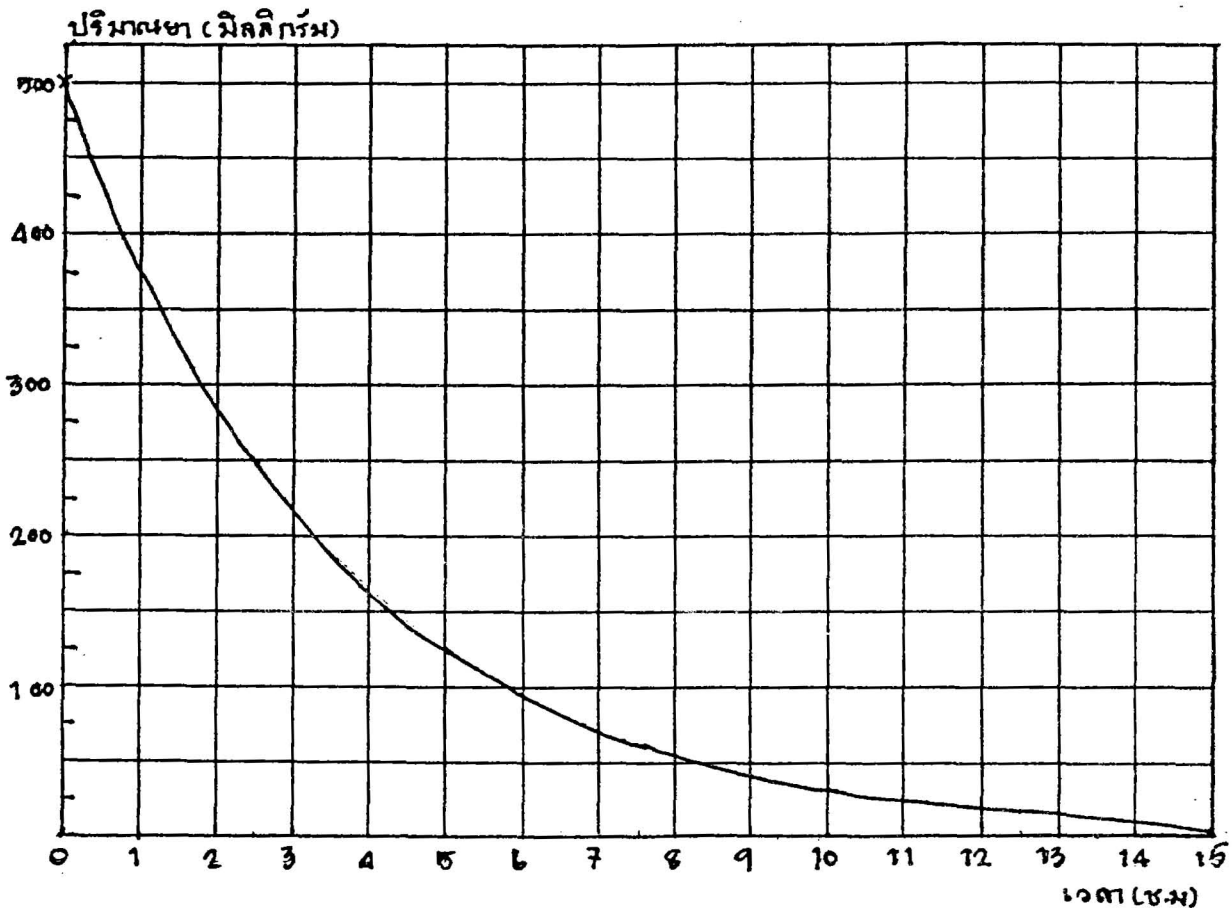
อาการข้างเคียง

อาการที่พบบ่อย คือ ท้องเสีย นอกจากนี้อาจพบอาการผื่นคันตามผิวหนัง ปวดท้อง คลื่นไส้ เป็นผลที่เยื่อทางเดินอาหาร จนถึงมีเลือดออกหรือกระเพาะลำไส้ทะลุ และเลือดจาง ควรหยุดใช้ยาในกรณีดังกล่าว

ขนาดบรรจุ

ขวดละ 500 แคปซูล

โดยทั่วไป ร่างกายของเราสามารถขจัดยาที่รับประทานเข้าไปได้เกือบหมดในเวลา 5 ระยะเวลาครึ่งชีวิต โดยปริมาณของยาที่ยังคงเหลืออยู่ในร่างกาย จะมีอยู่เพียง 3.125% ของปริมาณยาที่รับประทานเข้าไปทั้งหมด ซึ่งถือได้ว่ามีปริมาณน้อยมากจนไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกาย



ข้อมูลจาก Handbook of CLINICAL DRUG DATA ปี ค.ศ. 1994

กราฟแสดงปริมาณยาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม ในร่างกาย

1. ระยะครึ่งชีวิตของยาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม เป็นเท่าไร

2. สมมตินักเรียนป่วยมีไข้ จึงรับประทานยาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม ไป 1 เม็ด โดยที่ใบ

กำกับการใช้ยาระบุว่า ยานี้สามารถรับประทานได้ทุกๆ 6 ชั่วโมง

2.1 เมื่อครบ 6 ชั่วโมง จะมีปริมาณยาเหลืออยู่ในตัวนักเรียนกี่มิลลิกรัม

2.2 จะต้องใช้เวลาที่ระยะครึ่งชีวิต จึงจะมียาเหลืออยู่ในตัวนักเรียนเพียง 1 มิลลิกรัม

2.3 จะต้องใช้เวลานานเท่าใด ปริมาณยาที่เหลืออยู่ในตัวนักเรียนจะเป็นปริมาณที่น้อยมากจนไม่เป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายและเหลืออยู่เป็นปริมาณกี่มิลลิกรัม

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากกราฟแสดงปริมาณของยาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม ที่อยู่ในร่างกายขณะเวลาต่างๆ และ
ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

1. มีความเป็นไปได้หรือไม่ที่นักเรียนจะใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นทำนายจำนวนระยะครึ่งชีวิต
ของยาที่ร่างกายจะสามารถขจัดยาที่เหลืออยู่ให้หมดจากร่างกายได้โดยสิ้นเชิง ถ้าได้ ให้หาว่าต้องใช้เวลากี่
ระยะครึ่งชีวิต ถ้าไม่ได้ ให้แสดงเหตุผล

2. ถ้าสมมติว่านักเรียนป่วยมีอาการตัวร้อน จึงได้รับประทานยาพาราเซตามอล 500 มิลลิกรัม 1 เม็ด
โดยที่ฉลากข้างขวดยาเขียนไว้ว่า ยานี้รับประทานได้วันละ 3 – 4 ครั้ง ถ้าหลังจากรับประทานยาเม็ดแรกเข้าไป
อาการไข้ทุเลาลงแต่ยังไม่หายขาด นักเรียนควรรับประทานยาคครั้งที่สองโดยมีระยะห่างจากครั้งแรกกี่ชั่วโมง
และปริมาณยาทั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกายของนักเรียนจะเป็นเท่าใด

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “ถ้วยใบไหนดีที่สุด”

นักเรียนเคยสังเกตบ้างหรือไม่ว่า เวลาที่นักเรียนดื่มชาหรือโอวัลตินร้อนที่อยู่ในถ้วยที่มีฉนวนกันความร้อน ความร้อนของเครื่องดื่มในถ้วยจะลดลงเรื่อยๆ เหนืออุณหภูมิของห้อง นักเรียนคาดเดาได้หรือไม่ว่า อุณหภูมิของชาหรือโอวัลตินที่มีอยู่ในถ้วยกับเวลา จะมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างไร



ให้กลุ่มย่อยที่ 1 – 3 ไปรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ที่ 1 กลุ่มย่อยที่ 4 – 6 ไปรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ที่ 2 และกลุ่มย่อยที่ 7 – 8 ไปรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ที่ 3 จากนั้นให้แต่ละกลุ่มใหญ่เลือกประธาน 1 คน ก่อนทำการทดลองให้ประธานกลุ่มใหญ่จัดสมาชิกในกลุ่มไปทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

1. จัดสมาชิก 2-3 คน (ตัวแทนจากแต่ละกลุ่มย่อย) ไปบันทึกผลการทดลองของอีก 2 กลุ่มใหญ่
2. จัดเตรียมสมาชิกในกลุ่มทำหน้าที่ต่างๆ ในการทดลองดังนี้
 - 2.1 ชงโอวัลติน (1 คน)
 - 2.2 วัดอุณหภูมิของห้องและอุณหภูมิของโอวัลติน (2 คน)
 - 2.3 ประกาศผลของการวัดอุณหภูมิแต่ละครั้ง (2 คน)
 - 2.4 จดบันทึกผลของการทดลอง (2 คน)
 - 2.5 เก็บอุปกรณ์เมื่อการทดลองเสร็จเรียบร้อย (2 คน)

การทดลอง

ให้ใช้ถ้วยที่เตรียมไว้ให้ชงโอวัลตินร้อน 1 ถ้วย โดยให้ทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของห้อง (T_m) แล้วบันทึกอุณหภูมิที่วัดได้ไว้ในใบแทรกที่ 1
2. เทโอวัลตินสำเร็จรูปใส่ถ้วย นำไปเติมน้ำร้อนแล้วใช้ช้อนคนให้เข้ากันโดยเร็ว

3. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของโอวัลตินในถ้วย เก็บข้อมูลทุกๆ 2 นาที เริ่มตั้งแต่ 0 (เมื่อคนโอวัลตินเรียบร้อยแล้วเริ่มวัดอุณหภูมิครั้งแรก) ถึง 20 นาที

4. บันทึกเวลาที่วัดอุณหภูมิ (t) และอุณหภูมิของโอวัลตินที่วัดได้ (T) พร้อมทั้งผลต่างของอุณหภูมิของโอวัลตินที่วัดได้กับอุณหภูมิของห้อง ($T - T_m$) ไว้ในตารางตามใบแทรกที่ 1

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองและได้ผลการทดลอง โดยใช้ถ้วยทั้ง 3 ชนิดครบถ้วนแล้ว ให้กลับไปกลุ่มย่อยเดิม เพื่อทำการศึกษาระเบิดปัญหาต่างๆ ต่อไปนี้

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ถ้วยเซรามิก

1. ถ้ากฎของนิวตันเกี่ยวกับการเย็นตัว กล่าวไว้ว่า “อัตราการลดอุณหภูมิของวัตถุแปรผันตรงกับผลต่างระหว่างอุณหภูมิของวัตถุกับอุณหภูมิภายนอกที่ล้อมรอบวัตถุนั้นอยู่” ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าความร้อนของโอวัลตินที่อยู่ในถ้วยเซรามิกมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นไปตามกฎของนิวตันหรือไม่ เพราะเหตุใด ถ้าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนของโอวัลตินในถ้วยเซรามิกไม่เป็นไปตามกฎของนิวตัน ดังที่กล่าวมาข้างต้น...ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งอยู่ในรูปของฟังก์ชันที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ทำการวัดอุณหภูมิ (t) กับผลต่างระหว่างอุณหภูมิของโอวัลตินที่วัดได้กับอุณหภูมิของห้อง ($T - T_m$) ที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุดจะเป็นฟังก์ชันชนิดใดระหว่างฟังก์ชันเชิงเส้น ฟังก์ชันควอดราติกหรือฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

2. ถ้าจากการทดลองพบว่าหากผลต่างของอุณหภูมิของเครื่องดื่มร้อนในถ้วยเซรามิกกับอุณหภูมิของห้องต่างกันประมาณ 23 องศาเซลเซียส จะเป็นช่วงเวลาที่เครื่องดื่มนั้นมีอุณหภูมิเหมาะสมต่อการดื่ม (ไม่ร้อนหรือเย็นเกินไป) ภายใต้สมมติฐานที่ได้จากการทดลองข้างต้นโอวัลตินร้อนในถ้วยเซรามิกของนักเรียนจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการดื่มเมื่อใด

3. ถ้าเปลี่ยนถ้วยที่ใช้ชงโอวัลตินจากถ้วยเซรามิกมาเป็นถ้วยพลาสติกและถ้วยกระดาษ ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จะยังเป็นฟังก์ชันชนิดเดียวกันกับการใช้ถ้วยเซรามิกหรือไม่ เพราะเหตุใด

ใบแทรกที่ 1

ตารางแสดงอุณหภูมิของโอวัลตินร้อนในถ้วยเซรามิก ทุก ๆ 2 นาที

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของโอวัลติน	อัตราการเปลี่ยนแปลงของ	$T - T_m$
(t)	(T)	อุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที	
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			

อุณหภูมิของห้อง (T_m) = _____ องศาเซลเซียส

ใบแทรกที่ 2

ตารางแสดงอุณหภูมิของโอวัลตินร้อนในถ้วยพลาสติก ทุก ๆ 2 นาที

เวลา (นาที) (t)	อุณหภูมิของโอวัลติน (T)	อัตราการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที	$T - T_m$
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			

อุณหภูมิของห้อง (T_m) = _____ องศาเซลเซียส

ใบแทรกที่ 3

ตารางแสดงอุณหภูมิของโวลต์อินร้อนในถ้วยกระดาษ ทุก ๆ 2 นาที

เวลา (นาที) (t)	อุณหภูมิของโวลต์อิน (T)	อัตราการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิทุก ๆ 2 นาที	$T - T_m$
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			

อุณหภูมิของห้อง (T_m) = _____ องศาเซลเซียส

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปว่า ระหว่างการใช้ถ้วยเซรามิก ถ้วยพลาสติก และถ้วยกระดาษ ในการชงโอวัลติน ถ้วยชนิดใดจะเป็นถ้วยที่สามารถเก็บรักษาความร้อนได้ดีที่สุด เพราะเหตุใด

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับจำนวนประชากรของประเทศไทย”

โดยทั่วไปจำนวนประชากรของประเทศใดประเทศหนึ่ง หรือของทวีปใดทวีปหนึ่งรวมไปถึงจำนวนประชากรโลก ย่อมมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ในสภาวะของความเป็นจริงจะมีการตายควบคู่ไปกับการเกิดอยู่ตลอดเวลา แต่ก็ไม่ได้ทำให้ประชากรลดลง นั้นหมายความว่ามนุษย์เรามีอายุยืนยาวขึ้น มนุษย์มีการดูแลสุขภาพของคนที่เพิ่มขึ้น สำหรับประเทศไทยข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติที่ได้จากการทำสำมะโนประชากรและการเคหะ ตั้งแต่ พ.ศ. 2452 พบว่าจำนวนประชากรของประเทศไทยเพิ่มขึ้นโดยลำดับดังตารางต่อไปนี้

จำนวนประชากรในประเทศไทย พ.ศ.2452-2543

พ.ศ.	จำนวนประชากร
2452	8,149,487
2462	9,207,355
2472	11,506,207
2480	14,464,105
2490	17,442,689
2503	26,257,916
2513	34,397,374
2523	44,824,540
2533	54,548,530
2543	60,606,947

แหล่งข้อมูล: สำมะโนครัว พ.ศ. 2452 2462 2472 2480 และ 2490 ของกระทรวงมหาดไทย

สำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2503 -2543 สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

หมายเหตุ จากการสอบถามสำนักงานสถิติแห่งชาติเพิ่มเติมพบว่า ในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีจำนวนประชากร 62,308,887 คน และมีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็น 2.5% ต่อปี

จากข้อมูลแสดงจำนวนประชากรของประเทศไทยข้างต้น

1. ให้เขียนแผนภาพการกระจาย เพื่อดูแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (พ.ศ.) กับจำนวนประชากร จากนั้น

1.1 ใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ที่เป็นฟังก์ชันเชิงเส้น และใช้ตัวแบบที่สร้างได้ทำนายจำนวนประชากร ในปี พ.ศ. 2544 จากนั้นให้หาความคลาดเคลื่อนระหว่างจำนวนประชากรที่ได้จากตัวแบบกับจำนวนประชากรจริงในปี พ.ศ. 2544 ในรูปร้อยละของจำนวนประชากรจริง

1.2 ใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันควอดราติกและใช้ตัวแบบที่สร้างได้ ทำนายจำนวนประชากร ในปีพ.ศ.2544 จากนั้นให้หาความคลาดเคลื่อนระหว่างจำนวนประชากรที่ได้จากตัวแบบกับจำนวนประชากรจริงในปี พ.ศ. 2544 ในรูปร้อยละของจำนวนประชากรจริง

2. จากทฤษฎีของมัลธัส (Malthus's Theory) ซึ่งกล่าวว่า "การเจริญเติบโตของประชากรจะเป็นไปในลักษณะของความก้าวหน้าเรขาคณิต" ดังนั้น

ถ้าให้ P_y	=	จำนวนประชากรในปี พ.ศ. y
P_0	=	จำนวนประชากรเริ่มต้น
R	=	อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรต่อปี (ในรูปทศนิยม)
t	=	จำนวนปีจาก พ.ศ. เริ่มต้นถึงปี พ.ศ. y

และจะได้ว่า

$$P_y = P_0 + (1 + R)^t$$

จากทฤษฎีของมัลธัสข้างต้น

ให้นักเรียนสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้แล้วใช้ตัวแบบที่ได้ทำนายจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2544 จากนั้น ให้หาความคลาดเคลื่อนระหว่างจำนวนประชากรที่ได้จากตัวแบบกับจำนวนประชากรจริง ในปี พ.ศ. 2544 ในรูปร้อยละของจำนวนประชากรจริง

3. จากการศึกษา ในข้อ 1 , 2 และ 3 ให้นักเรียนอภิปรายและหาข้อสรุปว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ใดเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุด พร้อมทั้งให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใด นักเรียนจึงคิดว่าตัวแบบนั้นเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสม

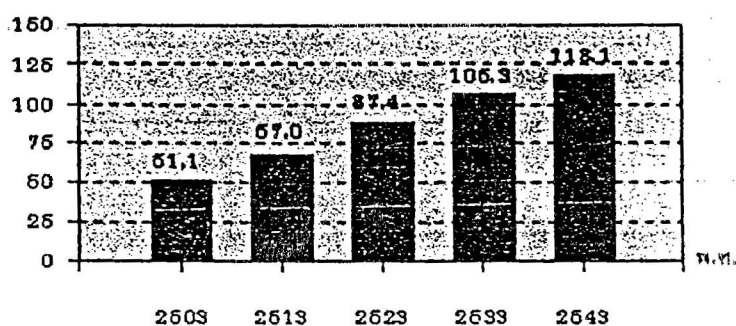
4. ให้นักเรียนใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่สรุปได้ ในข้อ 3 ทำนายจำนวนประชากรของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2555

ประเด็นปัญหาเพิ่มเติม

จากการที่จำนวนประชากรของประเทศไทยเพิ่มขึ้นแต่ขนาดของประเทศไทยไม่ได้เพิ่มขึ้นตาม จึงมีผลทำให้จำนวนประชากรโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตรเพิ่มขึ้นโดยลำดับ ดังแผนภูมิต่อไปนี้

แผนภูมิแสดงความหนาแน่นของประชากร
ของประเทศไทย พ.ศ. 2503 – 2543

ความหนาแน่นของประชากร
(ต่อ ตร.กม.)



แหล่งข้อมูล : สำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ.2503-2543

สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

ถ้าการเพิ่มของประชากรเป็นไปตามสภาวะปกติและสมมติว่าสำนักงานสถิติแห่งชาติกำหนดให้การทำสำมะโนประชากรและเคหะ ในปี พ.ศ. 2553 ในปีดังกล่าวประเทศไทยจะมีจำนวนประชากรเท่าใดและความหนาแน่นของประชากรต่อตารางกิโลเมตรเป็นเท่าใด (ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 513,120 ตารางกิโลเมตร)

ใบกิจกรรมที่ 1

สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “จะตัดสินใจเลือกอะไรดี”

ในสถานการณ์ปัจจุบันจะพบว่าเงินฝากอยู่ในระบบธนาคารเป็นจำนวนมาก แม้ว่าธนาคารจะให้อัตราดอกเบี้ยค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมาก่อนหน้านี้ แต่ประชาชนก็ยังไม่ต้องการถอนเงินไปลงทุนทำธุรกิจใด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเศรษฐกิจที่ซบเซาอันเนื่องจากโรค “ตัมยาคุง” ที่เกิดขึ้นเมื่อไม่นานนี้

สมมตินักเรียนทะเลิตกมโชวิททางสถานีโทรทัศน์รายการหนึ่งได้รับเงินจำนวน 1,000,000 บาท และยังไม่มีความจำเป็นต้องใช้เงินในขณะนี้ แต่ต้องการเก็บเงินจำนวนนี้ไว้เป็นทุนการศึกษาในระยะยาว ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอัตราดอกเบี้ยของธนาคารต่างๆ ได้แก่ ธนาคารกรุงไทย ธนาคารกรุงเทพ ธนาคารกสิกรไทย และธนาคารไทยพาณิชย์ พบว่าสำหรับการฝากประจำ 36 เดือน อัตราดอกเบี้ยทบต้นที่แต่ละธนาคารกำหนดไว้ คือ 4% ต่อปี โดยมีระยะเวลาของการจ่ายดอกเบี้ยแตกต่างกันดังตาราง

ตารางแสดงระยะเวลาการจ่ายดอกเบี้ย

ธนาคาร	ระยะเวลาจ่ายดอกเบี้ย (เดือน)
ธนาคารกรุงไทย	1
ธนาคารกรุงเทพ	3
ธนาคารกสิกรไทย	6
ธนาคารไทยพาณิชย์	12

ตารางต่อไปนี้เป็นตารางแสดงจำนวนเงินที่ได้รับในบางปี จากการฝากเงินจำนวน 1,000,000 บาท แบบฝากประจำ 36 เดือน อัตราดอกเบี้ยทบต้น 4% ต่อปี ของธนาคารต่างๆ

ธนาคารกรุงไทย	
ปีที่	จำนวนเงิน (บาท)
0	1,000,000
1	1,040,700
4	1,173,010
7	1,322,140

ธนาคารกรุงเทพ	
ปีที่	จำนวนเงิน (บาท)
0	1,000,000
2	1,082,850
3	1,126,810
5	1,220,170

ธนาคารกสิกรไทย	
ปีที่	จำนวนเงิน (บาท)
0	1,000,000
4	1,171,660
5	1,218,990
8	1,372,790

ธนาคารไทยพาณิชย์	
ปีที่	จำนวนเงิน (บาท)
0	1,000,000
6	1,265,320
7	1,315,930
9	1,423,310

หมายเหตุ จำนวนเงินที่ได้รับข้างต้นยังไม่ได้หักภาษีดอกเบี๋ยร้อยละ 15

ในขณะเดียวกันรัฐบาลโดยธนาคารแห่งประเทศไทย ได้ทำการระดมทุนเพื่อนำไปชำระหนี้ให้กับกองทุนฟื้นฟู โดยการออกพันธบัตรจำหน่ายให้กับประชาชนเรียกว่า "พันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติ" ประกอบด้วยพันธบัตร อายุ 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คู่มือค่าปลอดภยวิธีใจ ลงทุนในพันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติ

● เงื่อนไขการลงทุนในพันธบัตรออมทรัพย์ฯ

	พันธบัตรออมทรัพย์ฯ		
อายุ	5 ปี	7 ปี	10 ปี
อัตราดอกเบี้ย บนหน้าพันธบัตร	4.15 % ต่อปี	5.25 % ต่อปี	6.10 % ต่อปี
ราคาจำหน่าย	ราคาหน่วยละ 10,000 บาท ต้องซื้อครั้งละไม่ต่ำกว่า 50,000 บาท และไม่มียวงเงินสูงสุด		
การจ่ายดอกเบี้ย	ปีละ 2 งวด คือในวันที่ 2 มีนาคม และ 2 กันยายน ทุกปีจนกว่า พันธบัตรออมทรัพย์ฯ จะครบกำหนดเป็นจำนวนเงินงวดละเท่าๆ กัน เว้นแต่งวดแรกที่มีการจ่ายดอกเบี้ยจะคำนวณตามวันจริง ตั้งแต่วันที่ ระบุไว้ในพันธบัตรจนถึงวันก่อนชำระดอกเบี้ยหนึ่งวัน การนับเวลาเพื่อ คำนวณดอกเบี้ยให้ถือว่าหนึ่งปีมีสามร้อยหกสิบห้าวัน เศษของ หนึ่งสัปดาห์ ให้ปัดทิ้ง โดย ธปท. จะโอนเข้าบัญชีเงินฝาก (ยกเว้น บัญชีเงินฝากประจำ) ของผู้ทรงกรรมสิทธิ์ที่ฝากไว้ที่ธนาคารใดก็ได้ ตามที่แจ้งไว้ในใบคำเสนอขอซื้อพันธบัตร หากวันจ่ายดอกเบี้ยตรงกับ วันหยุดของ ธปท. จะชำระดอกเบี้ยในวันทำการถัดไปแทน อนึ่ง ท่านที่เคยรับดอกเบี้ยพันธบัตรด้วยบัญชีเงินฝากในธนาคารใด ขอให้ใช้บัญชีเดิม จะสะดวกกว่ามาก		
กำหนดชำระ คืนต้นเงิน	วันที่ 2 ก.ย. 2550	วันที่ 2 ก.ย. 2552	วันที่ 2 ก.ย. 2555
	ธปท. จะโอนเข้าบัญชีเงินฝาก (ยกเว้นบัญชีเงินฝากประจำ) ของ ผู้ทรงกรรมสิทธิ์ที่ฝากไว้ที่ธนาคารใดก็ได้ตามที่แจ้งไว้ในใบคำขอ รับคืนต้นเงิน (ธปท. จะส่งใบคำขอรับคืนต้นเงินให้ท่านเมื่อใกล้ถึง วันกำหนดชำระต้นเงิน) หากวันกำหนดชำระคืนต้นเงินตรงกับ วันหยุดของ ธปท. จะชำระคืนต้นเงินในวันเปิดทำการวันถัดไปแทน		
การขายคืน ก่อนวันครบกำหนด	ผู้ถือพันธบัตรออมทรัพย์ฯ สามารถขายคืนก่อนพันธบัตรออมทรัพย์ฯ ครบกำหนด ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน 2546 เป็นต้นไป โดย ธปท. จะระบุราคาขายคืนก่อนครบกำหนดตามช่วงเวลาต่าง ๆ ไว้ตั้งแต่ต้น		

(พันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2545 : 2 - 3)

● ตัวอย่างการขายคืนก่อนครบกำหนด

● หากผู้ถือพันธบัตรออมทรัพย์ฯ มีความต้องการใช้ต้นเงินก่อนพันธบัตรครบกำหนด ผู้ถือพันธบัตรสามารถนำพันธบัตรไปขายคืนตามราคาที่กำหนดไว้ตั้งแต่วันออกพันธบัตรได้ที่ธนาคารที่เป็นตัวแทนจำหน่ายตามแนวทาง ดังนี้

● ท่านจะขายคืนก่อนครบกำหนดเป็นจำนวนเท่าใดก็ได้ (แต่ต้องเป็นจำนวนเต็มหมื่น) โดย ธปท. จะออกพันธบัตรฉบับใหม่ให้ตามจำนวนเงินที่คงเหลือ

● การขายคืนก่อนครบกำหนดจะกระทำได้ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน 2546 ไปแล้วเท่านั้น โดยราคาที่ท่านสามารถขายคืนจะเป็นราคาที่ ธปท. กำหนดไว้ตามช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่วันจำหน่ายพันธบัตรตามตารางที่ปรากฏท้ายคำอธิบายนี้

● ราคาขายคืนที่กำหนดในตารางจะสะท้อนให้เห็นถึงอัตราดอกเบี้ยที่ท่านควรได้รับจริงตามระยะเวลาที่ท่านถือพันธบัตรนั้นจริง

● ตัวอย่าง การคำนวณพันธบัตรออมทรัพย์ฯ อายุ 7 ปี อัตราดอกเบี้ยที่กำหนดไว้บนพันธบัตรเท่ากับร้อยละ 5.25 ต่อปี

ผู้ลงทุนขายคืนพันธบัตรออมทรัพย์ฯ เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี

ผู้ลงทุนได้รับดอกเบี้ยไปแล้ว 5 ปี เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น = 26.25 บาท (5.25×5 ปี) แต่ที่จริงแล้วลงทุนเพียง 5 ปี (ซึ่งหากท่านซื้อพันธบัตรออมทรัพย์ฯ 5 ปี อัตราดอกเบี้ยที่จะกำหนดไว้บนพันธบัตรจะเท่ากับ 4.15%) ดังนั้น ท่านควรจะได้รับดอกเบี้ยเท่ากับ 20.75 บาท (4.15×5 ปี) เท่านั้น

ผู้ลงทุนจึงควรคืนเงินให้กับรัฐบาลในส่วนที่ได้รับเกินไป โดยนำมาหักจากราคาขายคืนก่อนครบกำหนด ดังนั้น ราคาขายคืนก่อนครบกำหนดจึงเท่ากับ $100 + 20.75 - 26.25 = 94.50$ บาท

หมายเหตุ กรณีขายคืนก่อนครบกำหนดบางส่วน และธนาคารแห่งประเทศไทยออกพันธบัตรฉบับใหม่ให้ตามจำนวนเงินที่คงเหลือ พันธบัตรที่ออกให้ใหม่จะยังคงได้รับดอกเบี้ยในอัตราเดิมและท่านสามารถถือพันธบัตรไปจนครบกำหนดได้

(พันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติ ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2545 : 10)

1. ถ้านักเรียนตัดสินใจที่จะนำเงินจำนวน 1,000,000 บาท ไปฝากไว้กับธนาคารเป็นเวลา 10 ปี โดยเลือกแบบฝากประจำ 36 เดือน อัตราดอกเบี้ยทบต้น 4% ต่อปี (สมมติให้ธนาคารคงอัตราดอกเบี้ยไว้ที่ 4% ต่อปี ตลอดการฝาก) โดยไม่ถอนดอกเบี้ยเงินฝากเลย นักเรียนจะตัดสินใจฝากเงินจำนวนนี้ไว้กับธนาคารใด (จากธนาคารที่กำหนดให้) เพราะเหตุใด และจำนวนเงินที่นักเรียนจะได้รับเมื่อฝากครบ 10 ปี เป็นเท่าใด (ยังไม่หักภาษีดอกเบี้ย)

2. ถ้าในช่วงเวลาที่นักเรียนได้รับเงินจำนวน 1,000,000 บาท มานั้น เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่รัฐบาล โดยธนาคารแห่งประเทศไทย ได้นำพันธบัตรออมทรัพย์ช่วยชาติออกมาจำหน่ายให้กับประชาชน ระหว่างการนำเงินไปฝากธนาคารตามที่ได้เลือกไว้ในข้อ 1 กับนำเงินไปซื้อพันธบัตรอายุ 10 ปี นักเรียนจะตัดสินใจเลือกทำสิ่งใด เพราะเหตุใด

3. ถ้านักเรียนวางแผนการนำเงินไปซื้อพันธบัตรว่า จะซื้อพันธบัตรอายุ 10 ปี ซึ่งให้ดอกเบี้ยร้อยละ 6.10 ต่อปี แต่เมื่อถือไปครบ 7 ปี จะนำพันธบัตรไปขายคืนให้กับรัฐบาลบางส่วน เพื่อนำเงินที่ได้จากการขายคืนไปเป็นค่าใช้จ่ายในการศึกษาต่อ และให้ธนาคารแห่งประเทศไทยออกพันธบัตรชนิดเดิมในวงเงิน 500,000 เพื่อถือครองไปจนครบกำหนด ระหว่างการดำเนินการตามแผนข้างต้นกับการนำเงินไปฝากไว้กับธนาคารตามที่เลือกไว้ในข้อ 1 นักเรียนจะตัดสินใจเลือกทำสิ่งใด เพราะเหตุใด

หมายเหตุ ดอกเบี้ยที่ได้รับจากการถือครองพันธบัตร จะต้องเสียภาษีในอัตราร้อยละ 15 แต่ในการศึกษา ณ ที่นี้ ดอกเบี้ยที่ได้รับยังไม่ต้องหักภาษีดอกเบี้ย

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างแผนการสอน

แผนการสอนกิจกรรมที่ 3

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6

ชื่อกิจกรรม สระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย (ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล)

เวลา 3 ชั่วโมง

กิจกรรม “สระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย” เป็นกิจกรรมในระยะแรกของกิจกรรมเกี่ยวกับการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจและเรียนรู้แนวทางของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยในกิจกรรมนี้สถานการณ์ปัญหาสามารถแทนได้ด้วยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และมีคำแนะนำ และ / หรือ มีคำถามนำให้นักเรียนปฏิบัติตามอย่างเป็นขั้นตอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เพื่อให้นักเรียนเข้าใจกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
2. เพื่อให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลในด้าน
 - 2.1 การวิเคราะห์สถานการณ์จริงที่กำหนด ระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรที่สำคัญและอธิบายความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างตัวแปรนั้น
 - 2.2 การสังเคราะห์ความรู้ต่างๆ ที่มีอยู่เพื่อหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่กำหนดให้
 - 2.3 การหาคำตอบจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
 - 2.4 การตรวจสอบว่าฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่หาได้นั้นเป็นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลที่กำหนดให้หรือไม่ ถ้ายังไม่เหมาะสมก็สามารถขจัดเงื่อนหรือหาตัวแบบใหม่ที่เหมาะสมกว่า
 - 2.5 นำผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์แปลความหมายไปยังสิ่งที่ต้องการทราบในสถานการณ์จริงได้อย่างสมเหตุสมผล

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

การเขียนแผนภาพการกระจาย การสร้างฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล การแก้สมการโดยใช้ลอการิทึม การอ่านค่าของฟังก์ชันจากกราฟ การหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

สื่อ / อุปกรณ์

1. ใบกิจกรรมที่ 1 สถานการณ์ปัญหาเรื่อง “สระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย”
2. แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์
3. ใบแทรกที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6
4. เอกสารสำหรับครู
5. แผ่นใสแสดงรูปคนว่ายน้ำในสระว่ายน้ำ
6. แผ่นใสพร้อมปากกาสำหรับเขียน
7. กระดาษกราฟ
8. เครื่องคำนวณเชิงกราฟ
9. ตารางลอการิทึม
10. กล่องอุปกรณ์

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

1. ก่อนเริ่มกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เรื่อง “สระว่ายน้ำกับแบคทีเรีย” ครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้เวลานับ (ประมาณ 10 นาที) เกี่ยวกับการว่ายน้ำในแง่มุมของจุดประสงค์ สถานที่ ประโยชน์และโทษ จากนั้นนำเข้าสู่การว่ายน้ำในแหล่งน้ำที่ไม่มีการถ่ายเท หรือ ขาดการดูแลรักษา รวมไปถึงสระว่ายน้ำที่ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปจะมีการถ่ายเทน้ำและได้รับการดูแลอย่างสม่ำเสมอเพื่อความปลอดภัยของผู้มาใช้บริการแต่อย่างไรก็ตาม อาจมีสระว่ายน้ำบางแห่งที่ไม่เป็นไปตามที่ได้กล่าวมา ซึ่งในกรณีนี้ผู้ใช้บริการต้องระมัดระวังเพราะอาจได้รับอันตรายจากแบคทีเรียหรือไวรัสต่างๆได้

2. นักเรียนเข้ากลุ่ม โดยในการทำกิจกรรมนี้ยังเป็นกลุ่มเดิมกับการทำกิจกรรมที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมา ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ชุด ให้นักเรียนคนละ 1 ชุด อีก 1 ชุด สำหรับใช้เป็นรายงานของกลุ่ม แจกกระดาษกราฟ เครื่องคำนวณเชิงกราฟ และแผ่นใสพร้อมปากกาให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่ม

3. นักเรียนลงมือทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

3.1 การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง โดยขั้นแรกครูเกริ่นนำเกี่ยวกับสถานการณ์จริงก่อนเล็กน้อย เช่น วัน – เวลาที่เริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย การเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรีย รวมถึงการตอบข้อสงสัยบางประการของนักเรียน (ถ้ามี) จากนั้นจึงให้นักเรียนร่วมกันศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 และทำกิจกรรมตามคำแนะนำหรือตอบคำถามของขั้นตอนที่ 1 ในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม

3.2 การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนทำกิจกรรมของขั้นตอนนี้ ตามคำแนะนำหรือตอบคำถาม ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด เริ่มจากการระบุตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามรวมถึงสัญลักษณ์ที่จะใช้แทนตัวแปรทั้งสอง ส่วนการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้น ใช้วิธีสร้างตาราง โดยให้นักเรียนสร้างตารางที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ผ่านไปกับจำนวนแบคทีเรีย จุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับจำนวนแบคทีเรีย ซึ่งจะสามารถนำนักเรียนไปสู่การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ กรณีสร้างตารางแล้ว นักเรียนยังไม่สามารถสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้ครูแนะนำให้ให้นักเรียนทดลองเขียนกราฟ แล้วหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากกราฟ

3.3 การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนทำกิจกรรมของขั้นตอนนี้ เริ่มด้วยให้ระบุสิ่งที่ต้องการหาและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่จะใช้สำหรับหาคำตอบ จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาข้อเสนอแนะวิธีการหาคำตอบที่ครูนำเสนอ ดังนี้

3.3.1 การหาจำนวนแบบที่เรียเมื่อเวลา 3.25 วัน

3.3.1.1 โดยใช้การคาดเดาจากกราฟ

3.3.1.2 โดยใช้ลอการิทึม

3.3.1.3 โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ

3.3.1.4 โดยใช้วิธีการอื่น ๆ ที่นักเรียนคิดขึ้นเอง

ครูแจกใบแทรกที่ 1, 2 และ 3 ให้กับนักเรียนกลุ่มที่เลือกวิธีหาคำตอบ โดยใช้วิธีในข้อ 3.3.1.1, 3.3.1.2 และ 3.3.1.3 ตามลำดับ

3.3.2 การหาระยะเวลาจากวันเริ่มต้นนับจำนวนแบบที่เรียไปจนถึงวันที่มีจำนวนแบบที่เรียในสระว่ายน้ำจำนวน 200,000 ตัว

3.3.2.1 โดยใช้ลอการิทึม

3.3.2.2 โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ

3.3.2.3 โดยใช้กราฟ

3.3.2.4 โดยใช้วิธีการอื่น ๆ ที่นักเรียนคิดขึ้นเอง

ครูแจกใบแทรกที่ 4, 5 และ 6 ให้กับนักเรียนกลุ่มที่เลือกวิธีหาคำตอบ โดยใช้วิธีในข้อ 3.3.2.1, 3.3.2.2 และ 3.3.2.3 ตามลำดับ

3.4 การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันพิจารณาว่าจะทดสอบตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร โดยครูอาจเตรียมคำแนะนำไว้ในกรณีที่มีนักเรียนบางกลุ่มมีปัญหา ดังนี้

3.4.1 ให้ใช้การคำนวณหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

3.4.2 เนื่องจากกราฟสามารถมองได้ว่ามีแนวโน้มเป็นพาราโบลา ดังนั้นอาจแนะนำให้ นักเรียนหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันควอดราติก จากนั้นจึงเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลกับฟังก์ชันควอดราติก หากฟังก์ชันใดมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าแสดงว่าฟังก์ชันนั้นตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่า

3.5 การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มช่วยกันพิจารณาแปลความหมายให้มีความรัดกุมและครอบคลุมประเด็นปัญหาให้มากที่สุดและเนื่องจากคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มอาจมีความละเอียดแตกต่างกันไปตามวิธีการที่นักเรียนเลือกใช้ จึงอาจส่งผลถึงความละเอียดในการแปลความหมายด้วย ซึ่งครูไม่ต้องแก้ไขใดๆ แต่ให้ไปสรุปให้นักเรียนเห็นความแตกต่าง ในขั้นของการนำเสนอผลของการทำกิจกรรม

4. ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ทั้ง 5 ขั้น ครูควรหมุนเวียนไปสังเกตการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ให้คำแนะนำในกรณีที่จำเป็น กระตุ้นหากเห็นว่าการอภิปรายในกลุ่มใดหยุดชะงักไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ และในกรณีที่ถ้ามีนักเรียนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งทำกิจกรรมได้เสร็จเร็วกว่ากำหนดครูจัดให้นักเรียนกลุ่มนั้นศึกษาประเด็นปัญหาเพิ่มเติมดังนี้

4.1 ให้คำนวณหาผลต่างของจำนวนแบคทีเรีย ในแต่ละข้อต่อไปนี้ พร้อมทั้งอธิบายผลลัพธ์ที่ได้ว่าเกี่ยวข้องกับจำนวนแบคทีเรียในสภาวะน้ำแห่งนี้หรือไม่อย่างไร

$$4.1.1 \quad f(1) - f(0)$$

$$4.1.2 \quad f(2) - f(1)$$

$$4.1.3 \quad f(5) - f(4)$$

4.2 ผลต่างที่คำนวณได้ข้างต้นกล่าวถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับจำนวนของแบคทีเรียในแต่ละช่วงเวลาที่ผ่านมาอย่างไร

4.3 จากประเด็นปัญหาที่ 2 จะเกิดอะไรขึ้นถ้าจำนวนแบคทีเรียที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า แทนที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

5. เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ ครบถ้วนแล้ว ให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันเขียนเรียบเรียงลงในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้สมบูรณ์เพื่อเป็นรายงานของกลุ่ม (15 นาที)

6. ให้ตัวแทนของนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลของการทำกิจกรรม (40 นาที) โดยเขียนรายละเอียดลงบนแผ่นใส ส่วนสมาชิกของกลุ่มที่เหลือคอยช่วยในด้านต่างๆ เช่น ให้ข้อมูลเพิ่มเติม ตอบคำถามที่ตัวแทนของกลุ่มอาจตอบยังไม่ชัดเจน สำหรับนักเรียนคนอื่นๆ ร่วมอภิปรายและแสดงความคิดเห็น โดยครูคอยดูแลการนำเสนอและบูรณาการแนวคิดของนักเรียนสรุปให้ชัดเจนในแต่ละขั้นตอน เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทำกิจกรรมครบทุกกลุ่มแล้ว ครูอาจจะสรุปถึงบทเรียน (10 นาที) ว่าในแต่ละขั้นตอนจะต้องทำอะไรบ้าง, กล่าวคือ ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการทำความเข้าใจสถานการณ์จริง นักเรียนจะต้องร่วมกันทำความเข้าใจเพื่อวิเคราะห์รายละเอียดต่างๆ เช่น วัน - เวลาที่เริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย จำนวนแบคทีเรียในจำนวนเริ่มต้น และการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียในวันต่อไป นอกจากนี้นักเรียนจะต้องระบุให้ได้ว่าประเด็นปัญหาอะไรบ้างที่นักเรียนต้องการศึกษามีตัวแปรใดบ้างที่เกี่ยวข้องรวมไปถึงตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์ในเบื้องต้นเป็นอย่างไร

ขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องร่วมกันเพื่อหาว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลในสถานการณ์จริงที่กำหนดให้ นั้นเป็นฟังก์ชันชนิดใด แล้วหาฟังก์ชันนั้น สำหรับในสถานการณ์จริงนี้ จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของจำนวนแบคทีเรียในวันต่อไป หรือจากแผนภาพการกระจายของจำนวนแบคทีเรีย ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมคือ ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล $N(d) = 1500 \cdot 2^d$ ขั้นตอนที่ 3 การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องร่วมกันทำการหาผลลัพธ์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้สร้างขึ้น ในขั้นที่ 2 โดยการหาผลลัพธ์จะทำการหาตามประเด็นปัญหาต่างๆ เช่น ในประเด็นปัญหาแรกคือ การหาค่าของ $N(3.25)$ จากสมการ $N(3.25) = 1500 \cdot 2^{3.25}$ โดยใช้วิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งที่นักเรียนรู้หรือใช้วิธีการตามมติของกลุ่ม ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและขัดเกลาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องทำการทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นความเหมาะสมกับข้อมูลแล้วหรือไม่ เช่น การทดสอบว่า $N(d) = 1500 \cdot 2^d$ มีความเหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่ โดยใช้การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย โดยนักเรียนจะต้องกำหนดเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่นักเรียนสามารถยอมรับได้ไว้ก่อน ซึ่งหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่คำนวณได้น้อยกว่าเกณฑ์แสดงว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลแล้ว แต่ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าเกณฑ์ แสดงว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นั้นยังไม่เหมาะสมกับข้อมูลเท่าที่ควร จึงควรทำการขัดเกลาตัวแบบด้วยการกลับไปพิจารณาค่าของตัวพารามิเตอร์ใหม่เช่น ในกรณีนี้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

คือ $N(d) = Ca^d = 1500 \cdot 2^d$ โดย C กับ a เป็นค่าพารามิเตอร์ ถ้านักเรียนเห็นว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์นี้สมควรได้รับการขัดเกลานักเรียนควรกลับไปพิจารณาว่า $C = 1500$ กับ $a = 2$ นั้นควรมีค่าเป็นเท่าใด อย่างไรก็ตามทุกครั้งที่นักเรียนทำการขัดเกลารูปแบบนักเรียนจะต้องทำการทดสอบตัวแบบควบคู่ไปด้วยและการขัดเกลารูปแบบนี้ นักเรียนสามารถทำได้ตลอดเวลาจนกว่านักเรียนจะพอใจ ขั้นตอนที่ 5 การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องนำข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3 ไปอธิบายและ / หรือแปลความหมายโดยคำนึงความเป็นไปได้จริงและความสมเหตุสมผลเป็นสำคัญ เช่น จากการคำนวณหาค่า d ได้ 7.0595 วัน ตัวเลข 7.0595 เป็นข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ที่ได้จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ $200,000 = 1500(2)^d$ ซึ่งนำไปอธิบายประเด็นปัญหาที่ 2 ได้ดังนี้

“ถ้าเริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย ในวันจันทร์เวลา 08.00 น. ระยะเวลาที่ถือได้ว่าส้วมนี้มีความปลอดภัย (มีจำนวนแบคทีเรียไม่เกิน 200,000 ตัว) คือ 7 วัน 1 ชั่วโมง 24 นาที 42 วินาที ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยของส้วมรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่ส้วมต้องรับผิดชอบ จึงควรปิดส้วมเพื่อทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำในส้วมในทุกๆ 7 วัน”

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน
2. ประเมินจากแบบสำรวจรายการ

ปัญหา / ข้อเสนอแนะ

บันทึกหลังการสอน

ภาคผนวก ฅ

ตัวอย่างผลงานนักเรียนในแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม

แบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม

กิจกรรมที่ 3 ชื่อกิจกรรม ระบายน้ำกับแบคทีเรีย

เวลาสำหรับการปฏิบัติกิจกรรม 2 ชั่วโมง 10 นาที

กลุ่มที่ 8 สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

1. _____ ประธานกลุ่ม
2. _____ เลขานุการกลุ่ม
3. _____ ผู้สนับสนุน
4. _____ ผู้รายงาน

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง (15 นาที)

1.1 การวิเคราะห์สถานการณ์จริง

1.1.1 วัน - เวลาที่เริ่มนับจำนวนแบคทีเรียคือเมื่อใดและมีแบคทีเรียในจำนวนเริ่มต้น
จำนวนเท่าใด

เช้าวันจันทร์ เวลา 8.00 น. และมีแบคทีเรียในจำนวนเริ่มต้น
1500 ตัวต่อหน้า 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.1.2 การเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียในวันต่อไปนับจากวันที่เริ่มต้นนับเป็นอย่างไร

การเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรีย จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในแต่ละวัน
นับจากนั้นที่พบ

1.2 ประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา

1.2.1 ประเด็นปัญหาแรก คือ เมื่อถึงเวลา 14.00 น. ของวันพฤหัสบดี

จะมีจำนวนแบคทีเรีย เป็นจำนวนเท่าใด ต่อหน้า 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2.2 จากประเด็นปัญหาแรก เวลาที่เริ่มต้นนับจำนวนแบคทีเรียคือ 08.00 น. ของ
วันจันทร์ ไปจนถึงเวลา 14.00 น. ของวันพฤหัสบดี คิดเป็นจำนวนวันได้เท่ากับเท่าไร

3 วัน กับอีก 6 ชั่วโมง

1.2.3 ประเด็นปัญหาที่สองคือ สระบัวแห่งนี้ ควรปิดสระ เพื่อทำความสะอาด และเปลี่ยนน้ำในสระทุกวัน ต่อจากนี้ จึงจะทำให้ น้ำในสระ มีคุณภาพดียิ่ง และเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้จำนวนของสระไปด้วย พร้อมๆ กัน

1.3 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาคือ _____

จำนวนแบคทีเรีย , เวลา (วัน)

1.4 ความสัมพันธ์ของตัวแปร ในข้อ 1.3 ที่ เป็นความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณเป็นอย่างไร
แปรผันตรงกัน

ขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (20 นาที)

2.1 กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรทั้งสอง

ให้ x เป็นตัวแปรอิสระแทน เวลา (วัน)

ให้ y เป็นตัวแปรตามแทน จำนวนแบคทีเรีย ต่อ น้ำ 1 cm^3

2.2 สร้างตารางแสดงจำนวนแบคทีเรียต่อ น้ำ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ตามระยะเวลา (วัน)

ตารางแสดงจำนวนแบคทีเรียต่อ น้ำ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร
ตามระยะเวลา (วัน)

เวลา (วัน)	จำนวนแบคทีเรีย ต่อ น้ำ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร (ตัว)
0	$1500 = 1500 \times 1$
1	$3000 = 1500 \times 2$
2	$6000 = 3000 \times 2$
3	$12000 = 6000 \times 2$
4	$24000 = 12000 \times 2$
5	$48000 = 24000 \times 2$

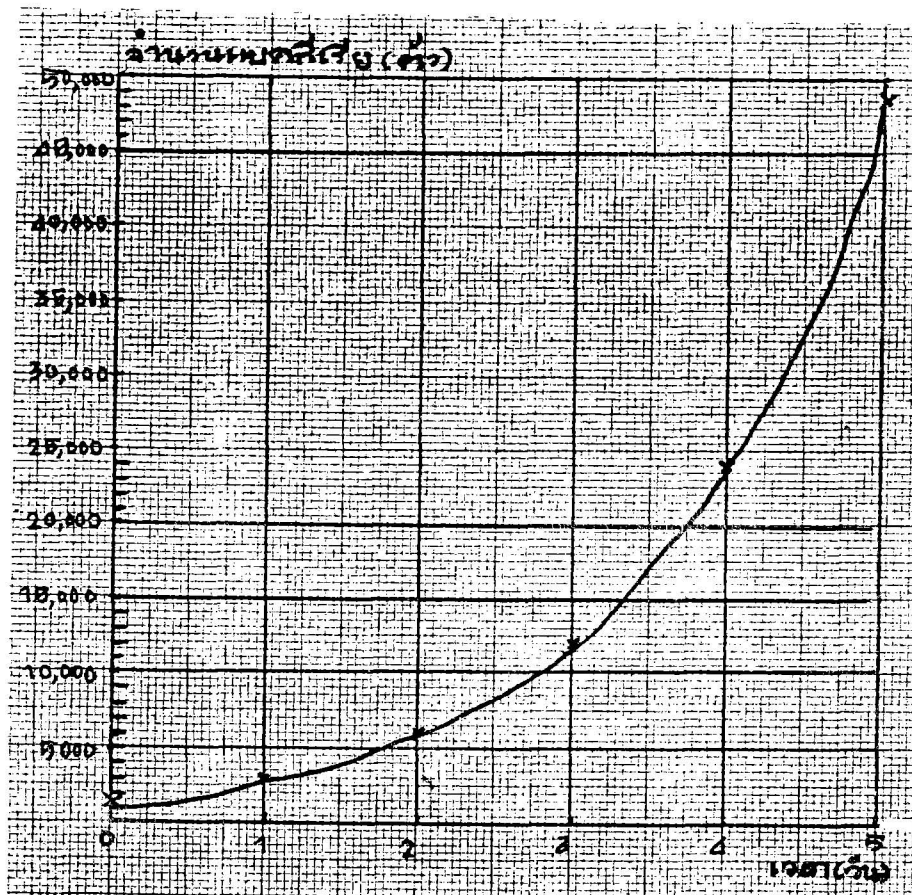
2.3 จากข้อ 2.2 สถานการณ์ปัญหานี้มีตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันชนิดใด

Exponential function (เพิ่ม)

2.4 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ปัญหานี้ คือ

$$y = 1500(2)^x$$

2.5 กรณียังไม่สามารถตอบคำถามข้อ 2.3 และ 2.4 ได้ ให้นำข้อมูลจากตารางในข้อ 2.2 ไปเขียนกราฟเพื่อดูว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นอะไร จากนั้นจึงสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ต่อไป



หากสมการทั่วไป $y = Ca^x$

เมื่อ $x = 0$ จะได้ $1,500 = Ca^0$

ดังนั้น $C = 1,500$

เนื่องจาก $a = \text{factor ของการเพิ่มขึ้น}$

หาคู่จุดผ่านจุด $(0, 1500)$ กับ $(1, 3000)$

ดังนั้น factor การเพิ่มขึ้น (a) $= \frac{3000}{1500} = 2$

ดังนั้น พังก์ชันที่เหมาะสมกับข้อมูลนี้มากที่สุด คือ

$$y = 1500 (2)^x$$

ขั้นตอนที่ 3 การหาค่าผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (30 นาที)

3.1 ประเด็นปัญหาแรก : สิ่งที่ต้องการหาคือ _____

จำนวน Bacteria: น้ำ 1 cm^3 ของเหลว 14:00 น. วันพฤหัสบดี

3.2 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับหาคำตอบของประเด็นปัญหานี้ คือ _____

$$y = 1500 \cdot 2^x$$

3.3 ข้อเสนอแนะวิธีการหาคำตอบ

3.3.1 โดยใช้การคาดเดาจากกราฟ

3.3.2 โดยใช้ลอการิทึม

3.3.3 โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ

3.3.4 โดยใช้วิธีการอื่นนอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ให้นักเรียนพิจารณาเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งข้างต้น โดยถ้าเลือกใช้การคาดเดาจากกราฟ

ให้ศึกษาจากใบแทรก 1 ถ้าเลือกใช้ลอการิทึม ให้ศึกษาจากใบแทรก 2 ถ้าเลือกใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ ให้ศึกษาจากใบแทรก 3 และถ้าใช้วิธีการอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมา ให้นักเรียนเขียนรายละเอียด ในที่ว่างต่อไปนี้ (ใบแทรก 1 , 2 และ 3 รับได้ที่ครู)

ใบแทรกที่ 3

3.4 ประเด็นปัญหาที่สอง : สิ่งที่ต้องการหาคือ สภาวะน้ำแข็งที่ควรปล่อยทิ้ง
ความสะอาด และเนื้อสัมผัส H_2O ในสภาวะที่ต่างกัน จึงจะทำให้สภาวะที่ปล่อยทิ้งและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของส
 3.5 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับหาคำตอบของประเด็นปัญหานี้ คือ พหุนาม

$$y = 1500 \cdot 2^x$$

3.6 ข้อเสนอแนะวิธีการหาคำตอบ

3.6.1 โดยการใช้ลอการิทึม

3.6.2 โดยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI - 92

3.6.3 โดยการใช้กราฟ

3.6.4 โดยใช้วิธีการอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ให้นักเรียนพิจารณาเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งข้างต้น โดยถ้าเลือกใช้ลอการิทึม ให้ศึกษา
 จากใบแทรก 4 ถ้าเลือกใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI - 92 ให้ศึกษาจากใบแทรก 5 ถ้าเลือกใช้กราฟ
 ให้ศึกษาจากใบแทรก 6 และถ้าใช้วิธีการอื่นนอกเหนือจากที่กล่าวมา ให้นักเรียนเขียนรายละเอียด
 ในที่ว่างต่อไปนี้ (ใบแทรกที่ 4, 5 และ 6 รับผิดชอบ)

ใบแทรกที่ 5

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบและขัดเกลาดัชนีแบบเชิงคณิตศาสตร์ (20 นาที)

4.1 ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนคือ $y = 1500 \cdot 2^x$

4.2 ให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาว่าจะใช้วิธีการใดเพื่อทดสอบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่ระบุไว้ในข้อ 4.1 นั้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลดีแล้ว (ระบุวิธีการที่ใช้และแสดงวิธีการทดสอบ) วิธีการที่ใช้คือ วิธี SSE

แสดงวิธีการทดสอบ หรือ ผลของการทดสอบ

x	y	$y = 1500 \cdot 2^x$	E	E^2
0	1500	1500	0	0
1	3000	3000	0	0
2	6000	6000	0	0
3	12000	12000	0	0
4	24000	24000	0	0
5	48000	48000	0	0

$$\sqrt{\frac{SSE}{n}} = 0$$

$\therefore$ ข้อมูลนี้ไม่มีพหุนามคลาดเคลื่อน

4.3 จากผลของการทดสอบ ในข้อ 4.2 สรุปได้ว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

☒ เหมาะสมกับข้อมูลดีแล้ว ☐ ยังไม่เหมาะสม

เหตุผล เพื่หะ: คำนวณจุดเคลื่อนไหวนั้นง่าย (0)

(ถ้านักเรียนสรุปว่าเหมาะสมดีแล้วให้ข้ามไปทำกิจกรรมขั้นที่ 5)

4.4 กรณีผลการทดสอบพบว่าตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ ยังไม่เหมาะสมกับข้อมูล นักเรียน
จะทำการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลได้
อย่างไร (แสดงวิธีการปรับปรุง)

ขั้นตอนที่ 5 การเชื่อมโยงผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง (20 นาที)

5.1 ประเด็นปัญหาแรก : ผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ที่ได้คือ 14,270

นำไปตอบคำถามของประเด็นปัญหานี้ได้ดังนี้

วันพฤหัสบดี เวลา 14:00 น. จะมีคนที่ยืนจำนวน 14,270 คนต่อ 1 cm^3

5.2 ประเด็นปัญหาสอง : ผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ที่ได้คือ 7,0589

นำไปตอบคำถามของประเด็นปัญหานี้ได้ดังนี้

ดังนั้น สภะท่อน้ำแห่งนี้ควรปิดสระ เพื่อทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำในสระ 7 วัน
ต่อครั้ง จึงทำให้น้ำในสระ สะอาดปลอดภัย และประชาชนได้ใช้ประโยชน์มากที่สุด

กรอบแสดงความคิดเห็น

ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามในแต่ละประเด็นต่อไปนี้

1. ในการทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เรื่อง "สระว่ายนํ้ากับแบคทีเรีย" ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์สถานการณ์จริง การหาประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาการหาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และการหาความสัมพันธ์เบื้องต้นของตัวแปรนักเรียนคิดว่าเรื่องใดที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียน และถ้าจะให้ความยุ่งยากนั้นลดลงควรทำอย่างไร)

ปัญหาที่ถกเถียงกันมากจนจบงาน บทที่ฉันรู้สึกยังไม่ค่อยดี

2. ในการทำกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เรื่อง "สระว่ายนํ้ากับแบคทีเรีย" ขั้นตอนที่ 2 คือการเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ คำแนะนำและขั้นตอนของการทำกิจกรรมที่ให้นักเรียนคิดว่าเพียงพอที่จะช่วยให้สามารถหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ (ถ้าไม่เพียงพอให้นักเรียนคิดว่าควรเพิ่มเติมอะไรบ้าง

เพียงพอ ที่จะช่วยให้สามารถหาตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ได้

3. ความคิดเห็นอื่นๆ

ไม่มีความคิดเห็น

ใบแทรก 1

สำหรับการหาค่าผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์ของประเด็นปัญหาแรก

ถ้านักเรียนเลือกที่จะหาคำตอบ โดยใช้การคาดเดาจากกราฟให้ศึกษาตามคำแนะนำหรือตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ สร้างตารางแสดงเวลา (วัน) และจำนวนแบคทีเรีย (ตัว) ต่อวัน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังต่อไปนี้

เวลา (วัน)	จำนวนแบคทีเรีย (ตัว) ต่อวัน 1 ลบ.มม.
0	1,000
1	3,000
2	6,000
3	12,000
4	24,000
5	48,000
6	96,000
7	192,000

2. ให้ศึกษากรณีตัวอย่างของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลต่อไปนี้

$$y = f(x) = 3 \cdot 2^x$$

เป็นฟังก์ชันเพิ่มที่มีแฟกเตอร์ของการเพิ่มขึ้น (a) เท่ากับ 2 และมีค่าเริ่มต้นของ y เท่ากับ 3

พิจารณาค่าของ y ที่ $x = 0.5$ จากตารางค่าของฟังก์ชันต่อไปนี้

x	$y = f(x) = 3 \cdot 2^x$
0	$3 \cdot 2^0 = 3 \cdot 1 = 3$
0.5	$3 \cdot 2^{0.5} = 3 \cdot \sqrt{2} \approx 3 \times 1.414 = 4.242$
1	$3 \cdot 2^1 = 3 \times 2 = 6$

จากตารางค่าของฟังก์ชัน

เมื่อ	$x = 0$	จะได้ $y = 3$
	$x = 0.5$	จะได้ $y = 4.242$
	$x = 1$	จะได้ $y = 6$

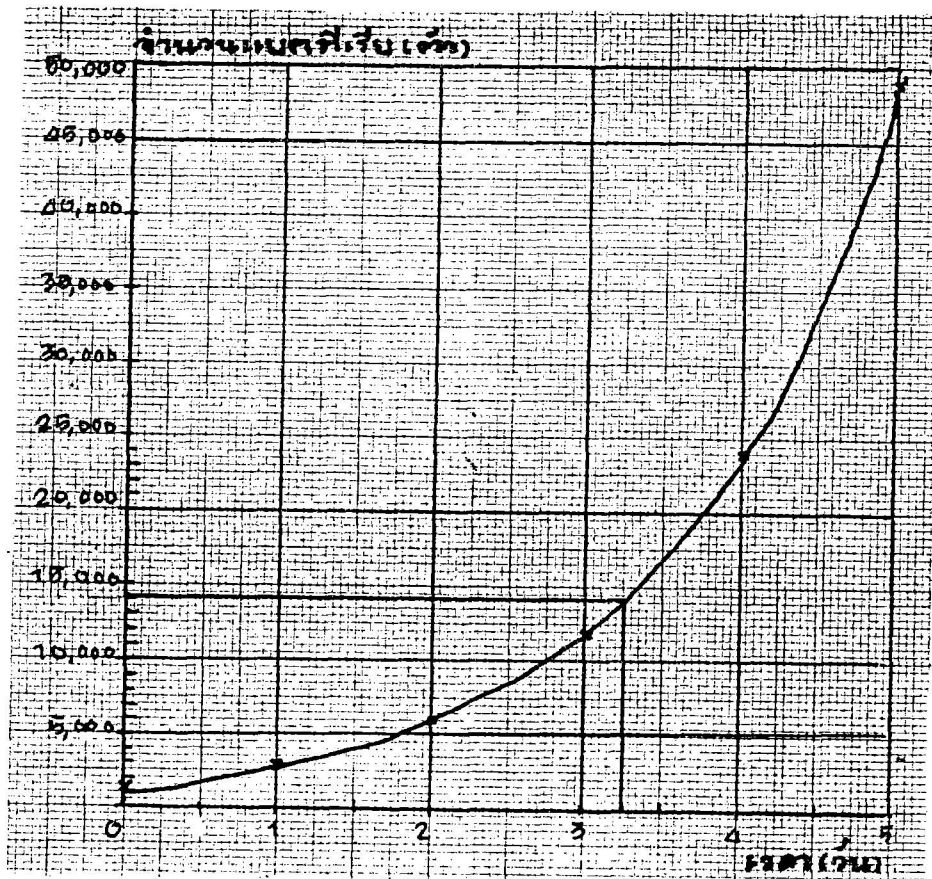
จะพบว่าค่าของ y เมื่อ $x = 0.5$ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าของ y เมื่อ $x = 0$ กับ $x = 1$

ในกรณีทั่วไป ถ้า $y = f(x) = Ca^x$ เป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลที่ $a \neq 0$ และ $a > 1$

ซึ่งทำให้ $y = f(x) = Ca^x$ เป็นฟังก์ชันเพิ่ม ซึ่งมีแฟกเตอร์ของการเพิ่มขึ้นเท่า a และถ้า $q < x < p$ แล้วจะได้ว่า $f(q) < f(x) < f(p)$

3. จากกรณีตัวอย่างข้างต้นและตารางแสดงเวลาและจำนวนแบคทีเรียในข้อ 1 จำนวนแบคทีเรียที่เวลา 3.25 วัน จะมีจำนวนอยู่ระหว่างจำนวนแบคทีเรีย ที่เวลา 3 วัน กับจำนวนแบคทีเรียที่เวลา 4 วัน

4. เขียนกราฟของตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์จากนั้นประมาณจำนวนแบคทีเรีย เวลา 3.25 วัน



จากกราฟจะได้จำนวนแบคทีเรียที่เวลา 3.25 วัน จำนวน 14,700 ตัว

ใบแทรก 5

สำหรับการหาค่าผลลัพธ์เชิงคณิตศาสตร์สำหรับประเด็นปัญหาที่สอง

ให้นักเรียนเลือกที่จะหาคำตอบโดยการใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. จากสมการ $y = 1500.2^x$ จะหาค่าของ y เมื่อ $x = 5$ ถึง $x = 8$ โดยให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5

กดปุ่ม **ON** เพื่อเปิดเครื่อง

กดปุ่ม **◀** **W** ดูณ

กด **1** **5** **0** **0** **×** **2** **^** **x** **ENTER**

หน้าจอจะแสดงดังนี้

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
◆ PLOTS 1 $y1 = 1500.2^x$ $y2 =$ $y3 =$ $y4 =$ $y5 =$ $y6 =$							
MAIN		RAD AUTO		FUNC			

กด **◀** **T** **5** **▼** **.** **5** **ENTER** **ENTER**

กด **◀** **y**

จอภาพจะแสดงค่าของ y เมื่อ x เริ่มตั้งแต่ 5 และเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 บันทึกผลที่ดังลงในตารางต่อไปนี้

x	y
5.0	48000
5.5	67882
6.0	96000
6.5	1.3600E5
7.0	1.4200E5
7.5	2.4200E5
8.0	3.8400E5

จากตารางให้พิจารณาว่า 200,000 มีค่าอยู่ระหว่าง $f(x)$ คู่ใด

200,000 มีค่าอยู่ระหว่าง 242,000 กับ 192,000

ซึ่งมีค่าของ x อยู่ระหว่าง 7.0 กับ 7.5

2. สร้างตาราง (ต่อ) หาค่าของ y โดยให้ x มีค่าเริ่มต้นจากค่าที่หาได้ในข้อ 1 และให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.10

กดปุ่ม เพื่อเปิดเครื่อง

กดปุ่ม

หน้าจอจะแสดงดังนี้

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
	Zoom	Trace	ReGraph	Math	Draw	

TABLE SETUP

Tbl Start :

Δtbl :

Graph <-> Table : OFF →

Independent AUTO →

Enter = SAVE

ESC = CANCEL

MAIN	RAD AUTO	FUNC
------	----------	------

บันทึกค่าเริ่มต้นของ x ลงในช่อง tbl Start :

บันทึกค่าที่ต้องการให้ x เพิ่มขึ้น ลงในช่อง Δ tbl :

กด

จอภาพจะแสดงค่าของ x และ y ตั้งแต่ x ที่เป็นค่าเริ่มต้นและเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.10 บันทึกผลที่ได้ลงในตารางต่อไปนี้

x	$f(x)$
7	192,000
7.1	206,000
7.2	221,000
7.3	236,000
7.4	253,000
7.5	272,000
7.6	291,000
7.7	312,000

จากตาราง

$y = 200,000$ มีค่าอยู่ระหว่าง $y = 192,000$ กับ $y = 206,000$

ซึ่งมีค่าของ x อยู่ระหว่าง $x = 7$ กับ $x = 7.1$

3. สร้างตารางหาค่าของ y (ต่อ) โดยให้ x มีค่าเริ่มต้นจากค่าที่สรุปไว้ในข้อ 2 และให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.01

กดปุ่ม เพื่อเปิดเครื่อง

กดปุ่ม

บันทึกค่าเริ่มต้นของ x ลงในช่อง tbl Start :

บันทึกค่าที่ต้องการให้ x เพิ่มขึ้น ลงในช่อง Δ tbl :

กด

จอภาพจะแสดงค่าของ x และ y ตั้งแต่ x ที่เป็นค่าเริ่มต้นและเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.01 บันทึกผลที่ได้ลงในตารางต่อไปนี้

x	y
7.0	192000
7.01	193000
7.02	195000
7.03	196000
7.04	197000
7.05	199000
7.06	200000
7.07	202000
7.08	203000
7.09	204000

จากตาราง

$y = 200,000$ มีค่าอยู่ระหว่าง $y = 199000$ กับ $y = 200,000$

ซึ่งมีค่าของ x อยู่ระหว่าง $x = 7.05$ กับ $x = 7.06$

จากค่าของ y ถ้านักเรียนเห็นว่าเข้าใกล้ 200,000 เพียงพอแล้ว ให้สรุปค่าของ x แต่หาก

ยังเห็นว่าค่าของ y ยังไม่เข้าใกล้ 200,000 เพียงพอ ให้ดำเนินการสร้างตารางหาค่า y ต่อไป

ดังนั้นจาก $y = 1500.2^x$ เมื่อ $y = 200,000$ จะได้ $x = 7.06$

ภาคผนวก ญ
ตัวอย่างเอกสารสำหรับครูประกอบการสอน

เอกสารสำหรับครู สำหรับกิจกรรม “สละวัยน้ำกับจำนวนแบคทีเรีย”

กิจกรรม “สละวัยน้ำกับจำนวนแบคทีเรีย” เป็นกิจกรรมที่ 3 ของการปฏิบัติกิจกรรมการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อสร้างความเข้าใจและเรียนรู้แนวทางของการใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน เป็นกิจกรรมที่สถานการณ์ปัญหาที่มีตัวแบบที่เหมาะสมเป็นฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และในแต่ละขั้นตอนมีคำแนะนำให้ปฏิบัติตามโดยละเอียดอย่างเป็นลำดับ

แนวตอบกิจกรรม “สละวัยน้ำกับจำนวนแบคทีเรีย” (15 นาที)

1. การทำความเข้าใจสถานการณ์จริง

การวิเคราะห์สถานการณ์จริง : การนับจำนวนแบคทีเรียเริ่มนับที่เวลา 08.00 น. ของวันจันทร์ พบว่ามีจำนวนแบคทีเรียเท่ากับ 1,500 ตัว ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นจึงถือได้ว่า เวลา 08.00 น. เป็นเวลาเริ่มต้น และแบคทีเรีย 1500 ตัวเป็นจำนวนเริ่มต้น นอกจากนี้การที่จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในแต่ละวันแสดงว่าในวันอังคารที่เวลา 08.00 น. จะมีจำนวนแบคทีเรียเท่ากับ 3000 ตัว หรือ 1500×2 ตัว ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร และในวันพุธที่เวลา 08.00 น. ก็จะมีจำนวนแบคทีเรียเป็น 6000 ตัว หรือ 1500×2^2 ตัว ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ประเด็นปัญหา : ประเด็นแรกคือ จะมีจำนวนแบคทีเรียจำนวนเท่าใดต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อถึงวันพฤหัสบดี เวลา 14.00 น. หรือ 3.25 วันหลังจากที่เริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย

ประเด็นที่สองคือ จำนวนแบคทีเรีย 1500 ตัว ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่เวลา 08.00 น. ของวันจันทร์ จะเพิ่มเป็น 200,000 ตัว ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรภายในเวลากี่วัน

ตัวแปรที่สำคัญ : เวลา , จำนวนแบคทีเรีย

ความสัมพันธ์เบื้องต้น : เมื่อเวลาผ่านไป จำนวนแบคทีเรียจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยจำนวนแบคทีเรียในวันนี้จะมีจำนวนเป็นสองเท่าของจำนวนแบคทีเรียเมื่อวานนี้

2. การเชื่อมโยงสถานการณ์จริงไปสู่ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (20 นาที)

กำหนดตัวแปร

ตัวแปรอิสระ : เวลา

ตัวแปรตาม : จำนวนแบคทีเรีย

ให้ d แทนจำนวนวันตั้งแต่เริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย

$N(d)$ แทนจำนวนแบคทีเรียต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร หลังจาก d วัน

ตารางแสดงจำนวนแบคทีเรียต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรตามระยะเวลา (วัน)

เวลา (d)	จำนวนแบคทีเรีย ต่อน้ำ 1 ลบ.ซม. (N(d))
0	$1,500 = 1,500 \times 2^0$
1	$3,000 = 1,500 \times 2^1$
2	$6,000 = 1,500 \times 2 \times 2 = 1,500 \times 2^2$
3	$12,000 = 1,500 \times 2 \times 2 \times 2 = 1,500 \times 2^3$
...	...
d	$1,500 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 1,500 \times 2^d$
...	...
	d ครั้ง

ดังนั้นฟังก์ชันที่จะใช้อธิบายจำนวนแบคทีเรียต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรคือ
ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ที่แทนด้วยสมการ

$$N(d) = 1,500 \times 2^d$$

3. การหาข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์จากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (30 นาที)

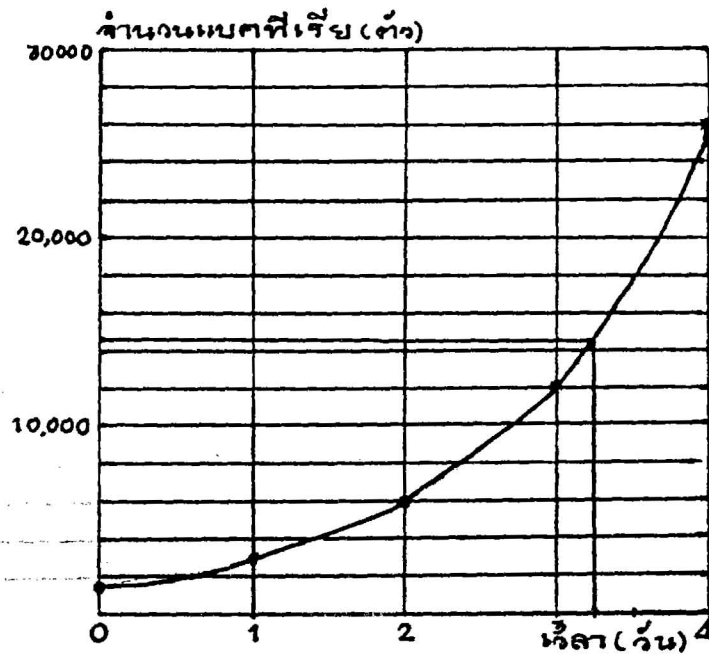
3.1 หาค่าของ N (d) เมื่อ d = 3.25

3.1.1 โดยใช้การคาดเดาจากกราฟ

เนื่องจาก $N(d) = 1,500 \times 2^d$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มที่มีแฟกเตอร์การเพิ่มขึ้น a เท่ากับ 2
ดังนั้น ถ้า $q < x < p$ จะทำให้ $N(q) < N(x) < N(p)$ ซึ่งทำให้สามารถคาดเดาค่าของ N (3.25) จากกราฟได้
ดังนี้

ตารางแสดงเวลาและจำนวนแบคทีเรีย ต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เวลา (วัน)	จำนวนแบคทีเรียต่อน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
0	1,500
1	3,000
2	6,000
3	12,000
4	24,000



จากกราฟ จะได้ $N(3.25) \approx 14,400$ ตัว

3.1.2 โดยการใช้ลอการิทึม

$$\text{จาก } N(3.25) = 1500 \times 2^d$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } \log N(3.25) &= \log (1500 \times 2^{3.25}) \\ &= \log 1500 + \log 2^{3.25} \\ &= \log 1.5 \times 10^3 + \log 2^{3.25} \\ &= \log 1.5 + 3 + 3.25 \log 2 \\ &= 0.1761 + 3 + 3.25 (0.3010) \\ \log N(3.25) &= 0.1761 + 3 + 0.97835 \\ \log N(3.25) &= 4.1544 \\ &= 0.1544 + 4 \end{aligned}$$

จากตารางลอการิทึม

$$\log 1.42 = 0.1523 \text{ และ } \log 1.43 = 0.1553$$

$$\text{ค่าลอการิทึมต่างกัน } 0.1553 - 0.1523 = 0.003 \text{ จำนวนจริงต่างกัน } 1.43 - 1.42 = 0.01$$

$$\text{ค่าลอการิทึมต่างกัน } 0.1544 - 0.1523 = 0.0021 \text{ จำนวนจริงต่างกัน } \frac{0.01 \times 0.0021}{0.003} = 0.007$$

$$\text{ดังนั้น } \log 1.427 = 0.1544$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } \log N(3.25) &= \log 1.427 + 4 \log 10 \\ &= \log 1.427 + \log 10^4 \\ &= \log (1.427 \times 10^4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } N(3.25) &= 1.427 \times 10^4 \\ &= 14,270 \text{ ตัว} \end{aligned}$$

3.1.3 โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI - 92

$$\text{จะได้ } N(3.25) = 14,270 \text{ ตัว}$$

$$3.2 \text{ หาค่า } d \text{ จากสมการ } 200,000 = 1500 (2)^d$$

3.2.1 โดยใช้ลอการิทึม

$$\text{จาก } 200,000 = 1500 (2)^d$$

$$\frac{200,000}{1,500} = 2^d$$

$$\frac{400}{3} = 2^d$$

$$\text{จะได้ } \log\left(\frac{400}{3}\right) = \log 2^d$$

$$\log 400 - \log 3 = d \log 2$$

$$2 \log 2 + 2 - \log 3 = d \log 2$$

$$2(0.3010) + 2 - 0.4771 = 0.3010 d$$

$$d = \frac{2.1249}{0.3010}$$

$$d = 7.0595 \text{ วัน}$$

3.2.2 โดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ TI - 92

ใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟสร้างตารางค่าของ $N(d)$ ซ้ำๆ หลายๆ ตาราง โดยแต่ละตารางจะมีค่าของ d ที่ต้องการ (ค่าของ d ที่ทำให้ $N(d)$ มีค่าเข้าใกล้ 200,000) อยู่ระหว่างค่าของ d ที่เรียงอย่างต่อเนื่อง ในตาราง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ให้ d มีค่าตั้งแต่ 5 - 8 โดยให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5

D	N (d)
5.0	48,000
5.5	67,882
6.0	96,000
6.5	136,000
7.0	192,000
7.5	272,000
8.0	384,000

ตารางที่ 2 จากตารางที่ 1 จะพบว่าค่า d ที่ต้องการจะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 7.5 ดังนั้น ใน ตารางนี้ จึงให้ d มีค่าตั้งแต่ 7.0 – 7.5 โดยให้เพิ่มขึ้นครั้ง 0.10

d	$N(d)$
7.00	192,000
7.10	206,000
7.20	221,000
7.30	236,000
7.40	253,000
7.50	272,000

ตารางที่ 3 จากตารางที่ 2 จะพบว่าค่า d ที่ต้องการจะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0 ถึง 7.10 ดังนั้น ในตารางนี้จึงให้ d มีค่าตั้งแต่ 7.0 ถึง 7.10 โดยให้เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.01

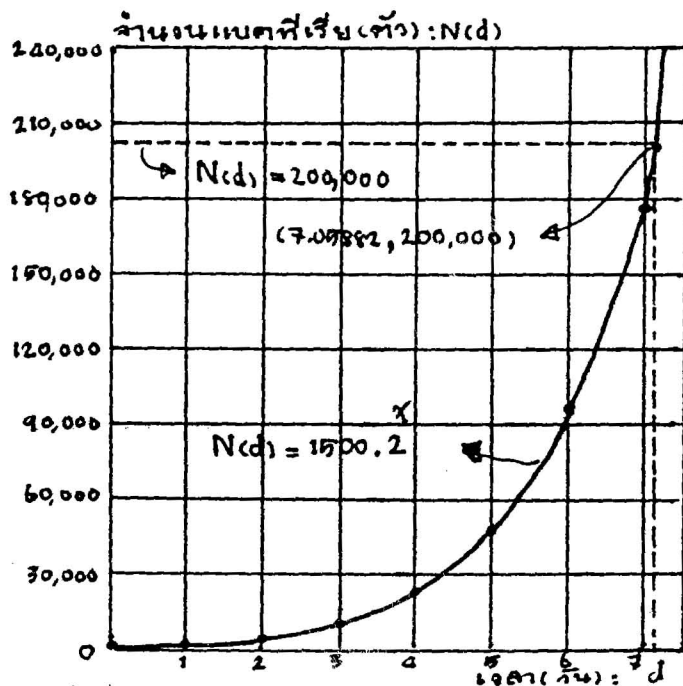
d	$N(d)$
7.00	192,000
7.01	193,000
7.02	195,000
7.03	196,000
7.04	197,000
7.05	199,000
7.06	200,000
7.07	202,000
7.08	203,000
7.09	204,000
7.10	206,000

จากตารางกราฟจะพบ $d = 7.06$ จะให้ $N(d) = 200,000$

หมายเหตุ ถ้ากำหนดค่าที่เพิ่มขึ้น ให้มีความละเอียดยิ่งขึ้นก็จะได้อำนาจของ d ที่ละเอียดมากขึ้นตามไปด้วย

3.2.3 โดยการใชกราฟ

ด้วยการหาจุดตัดของ $N(d) = 1500(2)^d$ กับ $N(d) = 200,000$ ซึ่งทำได้ทั้งโดยการสร้างด้วยมือกับสร้างโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ แต่การใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟจะให้จุดตัดที่มีค่าที่ละเอียดมากกว่า ในที่นี้จะหาจุดตัดโดยใช้เครื่องคำนวณเชิงกราฟ



กราฟจะให้จุดตัดของเส้นตรง $N(d) = 200,000$ กับ เอกซ์โพเนนเชียล

$N(d) = 1500(2)^d$ ที่ $(7.05882, 200,000)$

ดังนั้นจะได้ $d = 7.05882$ วัน

4. การทดสอบและขัดเกลารูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ (20 นาที)

เนื่องจากค่าที่ได้จากฟังก์ชัน $N(d) = 1500(2)^d$ เป็นค่าๆเดียวกับข้อมูลจริง ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าทั้ง 2 จึงเป็น 0 จึงสามารถสรุปได้ว่า $N(d) = 1500(2)^d$ เป็นรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมดีแล้ว อย่างไรก็ตาม ถ้าเราสร้างรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นฟังก์ชันควอดราติกของข้อมูลชุดนี้ ซึ่งจะได้รูปแบบคือ $y = 4160.71x^2 - 10982.12x + 6071.43$ และถ้าหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าของข้อมูลจริงกับค่าที่ได้จากตัวแบบจะพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเกิดขึ้น ดังนั้น $N(d) = 1500(2)^d$ จึงเป็นรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมมากกว่า

5. การเชื่อมโยงข้อสรุปเชิงคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริง (20 นาที)

5.1 ถ้าเริ่มนับจำนวนเบ็ดที่เรี่ย ในวันจันทร์เวลา 08.00 น. เมื่อถึงวันพฤหัสบดีเวลา 14.00 น. หรือ 3.25 วัน หลังจากเริ่มนับจะมีจำนวนเบ็ดที่เรี่ยเท่ากับ 14,270 ตัว ต่อหน้า 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ถ้าใช้ผลลัพธ์จากการคาดเดาด้วยกราฟสามารถใช้ตัวเลข 14,000 ตัว ได้แต่ควรระบุให้ชัดเจนว่าค่าที่ได้นี้ ได้จากการคาดเดา จึงมีความถูกต้องน้อยกว่าค่า 14,270 ตัว)

5.2 ถ้าเริ่มนับจำนวนแบคทีเรีย ในวันจันทร์เวลา 08.00 น. ระยะเวลาที่ถือว่าสระว่ายน้ำ ยังมีความปลอดภัย (มีจำนวนแบคทีเรียไม่เกิน 200,000 ตัว) คือ 7.05882 วัน หรือ 7 วัน 1 ชั่วโมง 24 นาที 42 วินาที (หรือใช้ค่าที่คำนวณโดยใช้ลอการิทึม ก็จะทำให้ค่าใกล้เคียงกันคือ $d = 7.0595$ วัน แต่ในกรณีใช้ค่าที่ได้จากการสร้างตารางซ้ำๆ คือ $d = 7.06$ ควรระบุให้ชัดเจนว่าค่าที่ได้นี้ยังไม่ละเอียดเท่าที่ควร) ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยของสระว่ายน้ำ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สระว่ายน้ำต้องรับผิดชอบ จึงควรทำการปิดสระเพื่อทำความสะอาดและเปลี่ยนน้ำในสระ ในทุกๆ 7 วัน

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายสุรสาธ ผาสุข
วันเดือนปีเกิด	27 มกราคม 2493
สถานที่เกิด	อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 178/251 หมู่ 6 ซอย 60 ถนนพระราม2 แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ 2 ระดับ 7
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันราชภัฏธนบุรี ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2512	ม.ศ.5	โรงเรียนวินิตศึกษา จ.ลพบุรี
พ.ศ.2513	ป.ป.	วิทยาลัยครูเทพสตรี จ.ลพบุรี
พ.ศ.2514	ป.กศ.สูง	(วิชาเอกคณิตศาสตร์) วิทยาลัยครูเทพสตรี จ.ลพบุรี
พ.ศ.2516	กศ.บ.	(วิชาเอกคณิตศาสตร์) วิทยาลัยวิชาการศึกษาพิษณุโลก จ.พิษณุโลก
พ.ศ.2531	ค.ม.	(สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2546	กศ.ด.	(สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ