บทความวิชาการ

จากผลการประเมิน PISA สู่บทบาทผู้เกี่ยวข้องในการจัดการเรียนรู้
The results of the PISA relevant to their role in learning management.

สุธินันท์ บุญพัฒนาภรณ์[1]
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

บทคัดย่อ

จากการประเมินผล PISA ที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติทุกวิชาและมีแนวโน้มผลการประเมินต่ำลงทุกวิชาเมื่อเทียบกับการประเมินครั้งแรกเมื่อปี 2000 ทำให้ผู้เกี่ยวข้องกับการศึกษาหันมาให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้มากขึ้น และความเปลี่ยนแปลงทั้งทางสังคมและเป้าหมายของการศึกษาทำให้ระบบการศึกษาและผู้เกี่ยวข้องมีบทบาทที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน บทบาทของครูเปลี่ยนจากผู้สอนเป็นผู้ออกแบบการเรียนรู้ เป็นผู้อำนวยความสะดวก เปลี่ยนจากการสอนมาเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้จัดตามความเหมาะสมรายบุคคลมากขึ้น นักเรียนเปลี่ยนการแข่งขันในการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้โดยอาศัยความร่วมมือ สืบเสาะหาความรู้ด้วยกันมากขึ้น การทดสอบจะไม่เป็นเรื่องที่น่ากลัวอีกต่อไปสำหรับนักเรียนเพราะเป็นการประเมินเพื่อดูความก้าวหน้าของนักเรียน เป็นการทดสอบเพื่อการเรียนรู้ ผู้ปกครองจะเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนของนักเรียนมากขึ้น รวมทั้งผู้บริหารจะเป็นผู้ช่วยให้การสนับสนุนการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ เพื่อประโยชน์แก่นักเรียนเป็นสำคัญ ทำให้เกิดสังคมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

คำสำคัญ: การประเมินผล PISA, การศึกษา, บทบาท, ครู นักเรียน, ผู้ปกครอง, ผู้บริหาร

Abstract

The PISA assessment which showed lower than international average grades and a declining tendency in all subjects when compared with the initial assessment conducted in 2000, resulted in the concerned authorities' giving more importance to learning (related issues). The changes in society as well as in the goal of the education brought along changes in the roles of the educational system and the involved people. The role of teachers changed from 'educators' to 'learning designers', they are now

[1] *อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม), e-mail: suthinun_nuch@hotmail.com*

facilitators in the new exchange of learning instead of teaching. Teaching has become more adapted to the individual learner. Students shift from competitive learning to collaborative learning, seeking knowledge together more than before. Experimenting (trial and error) is nothing to be afraid of anymore for students, because it serves to evaluate their progress. Experiments are part of the learning process. Parents are more involved in the education of the students, and the (school/ministry) administration plays a bigger part in making the learning environment conducive to the learning process. These are important factors leading to a society which is committed to learning throughout their lives

Keyword: PISA Assessment, education, role, teacher, student, parents, administrator

บทนำ

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้มีพระราชดำรัสเกี่ยวกับการศึกษาเมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2520 ใจความว่า “การศึกษาเป็นเครื่องมืออันสำคัญในการพัฒนาความรู้ ความคิด ความประพฤติ ทัศนคติ ค่านิยม และคุณธรรมของบุคคล เพื่อให้เป็นพลเมืองดีมีคุณภาพและประสิทธิภาพ การพัฒนาประเทศก็ย่อมทำได้สะดวกราบรื่น ได้ผลที่แน่นอนและรวดเร็ว” ดังนั้นการศึกษาจึงเป็นสิ่งจำเป็นแรกที่จะทำให้มนุษย์เกิดการพัฒนาการศึกษาที่ดีสำหรับคนยุคใหม่นั้น ไม่เหมือนการศึกษาเมื่อสิบหรือยี่สิบปีที่แล้ว การศึกษาที่มีคุณภาพจะต้องเปลี่ยนรูปแบบการเรียนรู้ของศิษย์ และบทบาทของครูอาจารย์ไปอย่างสิ้นเชิง (วิจารณ์ พานิช. 2555: คำนำผู้เขียน)

ในศตวรรษที่ 21 ความรู้เพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เพราะการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 ต้องใช้ทั้งความรู้ ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา ความสามารถในการแสวงหาความรู้ บูรณาการความรู้ คิดวิเคราะห์ แยกแยะ คิดแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน สื่อสารได้ดี รู้จักใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งสมรรถนะเหล่านี้สำคัญมากทั้งในวันนี้และในอนาคต เพราะโลกจะเต็มไปด้วยการแข่งขัน เต็มไปด้วยความรู้ใหม่ๆ รวมทั้งปัญหาใหม่ๆ ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ข้อสอบ PISA เป็นเครื่องมือหนึ่งในการวัดสมรรถนะของผู้เรียนโดยเน้นการนำความรู้มาแก้ปัญหาให้นักเรียนคิดวิเคราะห์และให้เหตุผลอธิบายคำตอบ การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) ที่รู้จักกันในนาม PISA เป็นโครงการประเมินนักเรียนนานาชาติในกลุ่มประเทศสมาชิก OECD และประเทศนอกกลุ่มสมาชิก OECD ที่เรียกว่าประเทศร่วมโครงการ โดย PISA 2009 มีผู้ร่วมโครงการทั้งหมด 65 ประเทศ วัตถุประสงค์ของโครงการเพื่อต้องการหาตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษาให้แก่

ประเทศสมาชิก โดยการประเมินของ PISA ไม่เน้นความรู้ที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ในห้อง ณ ปัจจุบัน แต่ต้องการสำรวจว่าเยาวชนวัยจบการศึกษาภาคบังคับหรือกลุ่มอายุ 15 ปี มีศักยภาพที่จะใช้ความรู้และทักษะที่ได้เรียนไปใช้ในชีวิตจริงได้ดีเพียงใดในอนาคต PISA จึงไม่ประเมินความรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน แต่ PISA เน้นความรู้และทักษะที่ต้องใช้ในชีวิตจริงนอกโรงเรียนในอนาคต PISA ได้ศึกษางานวิจัยในอดีตและตัดสินว่าความรู้และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิต และเป็นตัวชี้วัดศักยภาพการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ได้แก่การรู้เรื่อง (Literacy) สามด้าน คือ การอ่าน (Reading Literacy) คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) อาจสรุปเป้าหมายของ PISA ได้สั้นๆ ว่า PISA เป็นการประเมินเพื่อชี้อนาคต โดยทำการประเมินทุก 3 ปี เริ่มตั้งแต่ปี 2000 ซึ่งในแต่ละปีจะให้น้ำหนักในการทดสอบไม่เท่ากัน เช่นในปี 2003 และ 2012 ให้น้ำหนักการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ 60% ส่วนการรู้เรื่องการอ่านและการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ให้น้ำหนักด้านละ 20% เป็นต้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). 2559: ออนไลน์) และจากผลการประเมิน PISA ตั้งแต่ปี 2000 จนถึงปี 2012 พบว่า การรู้เรื่องการอ่านและวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ยังมีแนวโน้มลดต่ำลงกว่าใน PISA 2000 การเพิ่มขึ้นจะมีเฉพาะในช่วง PISA 2009 ถึง PISA 2012 เท่านั้น และคณิตศาสตร์มีคะแนนต่ำสุดในสามด้านที่ประเมิน (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. 2556: 4) ดังตาราง 1

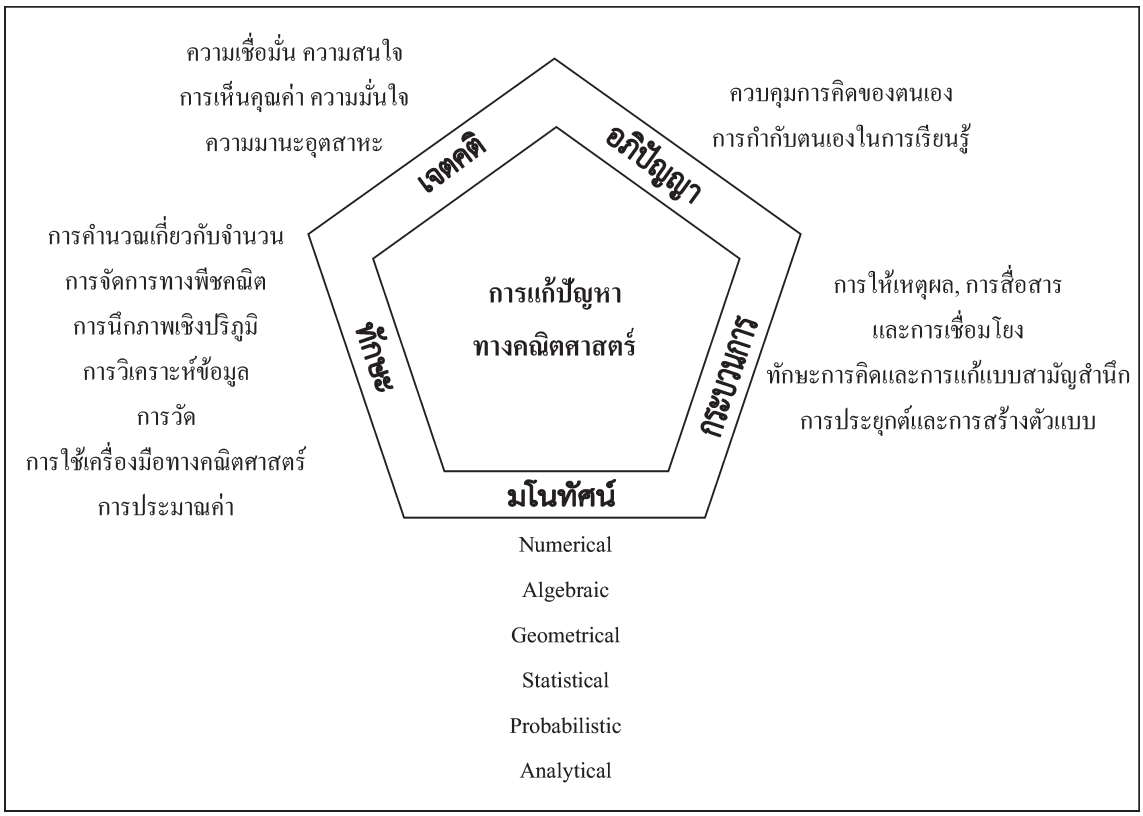
ตาราง 1 ผลการประเมิน PISA2000 ถึง PISA2012

ปี ค.ศ. / คะแนนเฉลี่ย	ปี ค.ศ.2000			ปี ค.ศ.2003			ปี ค.ศ.2006			ปี ค.ศ.2009			ปี ค.ศ.2012		
	การอ่าน	คณิต	วิทย์	การอ่าน	คณิต	วิทย์	การอ่าน	คณิต	วิทย์	การอ่าน	คณิต	วิทย์	การอ่าน	คณิต	วิทย์
คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มประเทศ OECD	500	500	500	494	500	500	494	500	500	494	500	500	496	494	501
คะแนนเฉลี่ยของประเทศไทย	431	432	436	420	417	429	417	417	421	421	419	426	441	427	444

ที่มา: โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้บ้าง กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์. หน้า 238, 277 และ 287.

ผลจากการที่ประเทศไทยมีคะแนนการสอบ PISA ต่ำ มีผลต่อภาพลักษณ์ของประเทศไทยมาก เพราะผลการสอบ PISA กระจายไปทั่วโลก มีการนำผลการสอบ PISA ไปใช้เป็นเกณฑ์หนึ่งในการจัดลำดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ และใช้เป็นเกณฑ์หนึ่งในการพิจารณาความน่าลงทุนด้วย จากผลการสอบ PISA ที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มประเทศ OECD ต่อเนื่องทำให้นานาชาติมองประเทศไทยว่า เป็นประเทศที่มีคุณภาพการศึกษาต่ำ หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าคุณภาพหรือศักยภาพของคนไทยยังต่ำเมื่อเทียบกับนานาชาติ ซึ่งมีผลต่อภาพลักษณ์ต่อประเทศไทยมาก โดยเฉพาะความเชื่อถือและการดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ โดยสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำให้ผลการสอบ PISA ของนักเรียนไทยต่ำ คือนักเรียน ครู และ ผู้บริหาร ตลอดจนสังคมทั่วไปส่วนใหญ่ยังไม่รู้ว่า PISA คืออะไร มีความสำคัญอย่างไร สอบไปทำไม เมื่อไม่ตระหนักถึงความสำคัญก็ไม่มีการจูงใจให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการสอบ PISA นักเรียนจำนวนไม่น้อยอาจยังทำข้อสอบ PISA อย่างไม่ตั้งใจ และรูปแบบข้อสอบของ PISA แตกต่างจากข้อสอบที่นักเรียนไทยเคยทำมา ข้อสอบ PISA ส่วนใหญ่มีสถานการณ์ยาว ๆ ให้อ่าน คิดวิเคราะห์ และมีคำถามจำนวนมากที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบแสดงเหตุ แสดงผล และแสดงวิธีทำ ซึ่งนักเรียนไทยไม่คุ้นเคย รวมทั้งการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนหรือในโรงเรียนยังไม่สามารถพัฒนาทักษะและความสามารถในการคิดและการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างที่ควรจะเป็น (สสวท. 2559: ออนไลน์)

และเมื่อศึกษาถึงการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ พบว่าประเทศที่รู้เรื่องคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง 5 ลำดับแรก คือ เซี่ยงไฮ้-จีน สิงคโปร์ ฮ่องกง-จีน จีนไทเป และเกาหลี ตามลำดับ หากเราศึกษาถึงการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในประเทศสิงคโปร์และเกาหลีจะพบว่าในสิงคโปร์กำหนดให้คณิตศาสตร์เป็นวิชาแกนของหลักสูตรในโรงเรียนทั้งโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยเป้าหมายหลักของหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ก็เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กรอบแนวคิดให้ความสำคัญกับการทำงานร่วมกันของส่วนประกอบทั้ง 5 คือ มโนทัศน์ ทักษะ กระบวนการ เจตคติ และอภิปัญญา ดังภาพประกอบ 1 (Ministry of Education, Singapore. 2007: 2)



ภาพประกอบ 1 *โครงสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสิงค์โปร์*

สำหรับประเทศเกาหลีพบสิ่งที่เด่นชัด 6 สิ่ง ที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับสูง โดยดูได้จากผลการทดสอบ PISA และ TIMSS (Kyungmee Park. 2004: 87-91) ดังนี้

1. การทดสอบและการคัดเลือกผู้เรียน (Examination and Selection)

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงของนักเรียนเกาหลีเกิดขึ้นในนักเรียนที่มีความกระตือรือร้น และมีวินัยในการเรียนอย่างหนัก เนื่องจากในประเทศเกาหลีจะมีการทดสอบ CSAT (College Scholastic Ability Test) เป็นการทดสอบเพื่อคัดเลือกนักเรียนในระดับมัธยมเข้าเรียนต่อในระดับมหาวิทยาลัย โดยวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งในสี่ที่ใช้ในการประเมิน CSAT เนื่องจากนักเรียนจะถูกจำแนกโดยคะแนนวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่น ดังนั้นวิชาคณิตศาสตร์จึงเป็นวิชาที่มีความสำคัญ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีสถาบันกวดวิชาขึ้นจำนวนมาก ผู้ปกครองเกาหลีจะส่งลูกหลานเข้าเรียนในสถาบันเหล่านั้นควบคู่ไปกับการเรียนในชั้นเรียนปกติ ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนยิ่งขึ้น

2. ระบบจำนวน (Number System)

การออกเสียงเกี่ยวกับจำนวนและระบบจำนวน (the regularity of the number system) มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน คือการอ่านออกเสียงจำนวนที่น้อยกว่า 10 จะออกเสียงเพียง 1

พยางค์ ซึ่งจะทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งต่างจากภาษาอื่นเช่นภาษาอังกฤษ (ตัวเลข 7 ในภาษาอังกฤษใช้คำว่า “seven” ซึ่งมี 2 พยางค์) นอกจากนี้การอ่านออกเสียงจำนวนตั้งแต่ 11 ถึง 19 ทุกจำนวนจะขึ้นต้นด้วยคำว่า “สิบ” ไม่เหมือนภาษาอังกฤษที่เป็น eleven, twelve ดังนั้นการอ่านออกเสียงในภาษาเกาหลีจะทำให้นักเรียนไม่สับสนและทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น

3. เจตคติของนักเรียนต่อการทดสอบ (Attitudes of Students towards Tests)

ในหลายประเทศ เมื่อมีการทดสอบโดยใช้อาสาสมัครหรือการทดสอบที่ไม่ได้นำผลการทดสอบนั้นไปคิดเป็นเกรด นักเรียนที่ทำการทดสอบจะไม่จริงจังและไม่สนใจสอบ แต่ตรงข้ามกับนักเรียนเกาหลีที่ถูกส่งเสริมให้มีวัฒนธรรมการเรียนแบบขงจื๊อ เจตคติของนักเรียนต่อการประเมิน TIMSS และ PISA จึงมีอิทธิพลมาจากเจตคติต่อการทดสอบที่จริงจังมาโดยตลอด

4. ปรัชญาปฏิบัตินิยม และการเรียนรู้ซ้ำ (Pragmatism and Repetitive Learning)

ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติและให้ลงมือทำซ้ำ การฝึกฝนซ้ำจะทำให้นักเรียนค่อย ๆ ทำความเข้าใจ โดยการฝึกฝนอย่างเป็นระบบจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

5. ความสามารถของครูคณิตศาสตร์ (Competence of Mathematics Teachers)

ในเกาหลีครูต้องจบการศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย โดยครูส่วนมากจะจบจากภาควิชาคณิตศาสตรศึกษา โดยผ่านการทดสอบจาก CSAT รวมทั้งครูต้องทำการทดสอบวิชาชีพครู (Teachers Employment Test (TET)) ให้ผ่าน ดังนั้นครูที่มีความรู้คณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้งและมีความสามารถในการสอนจะทำให้เกิดครูที่มีประสิทธิภาพ

6. วงจรความสามารถ (Competence Cycle)

คุณภาพการสอนดูเหมือนจะเป็นมรดกตกทอดกันมา นักเรียนเกาหลีได้เรียนรู้จากครูที่มีความสามารถและมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ในประเทศเกาหลี ภาพลักษณ์ของครูคือผู้มีความชำนาญหรือผู้ที่แสดงออกว่าได้เรียนรู้ในสาขาวิชานั้นเป็นอย่างดี ทักษะการสอนเป็นสิ่งที่สำคัญก็จริง แต่ไม่มีครูคนใดที่ได้รับการนับถือหากพวกเขาไม่ชำนาญในเนื้อหาที่สอน เมื่อครูมีความสามารถจะทำให้นักเรียนมีความสามารถไปด้วยเช่นกัน

จากการศึกษาหลักสูตรของประเทศสิงคโปร์และจุดเด่นของประเทศเกาหลี ทำให้ทราบถึงหลักการจัดการศึกษาในวิชาคณิตศาสตร์ของทั้ง 2 ประเทศที่เน้นการปลูกจิตสำนึกในการเรียน ให้ผู้เรียนเป็นผู้ใฝ่รู้ มุมานะ การจัดการเรียนรู้จะเน้นทั้งเนื้อหาวิชาทักษะกระบวนการและเจตคติของผู้เรียน รวมทั้งความสามารถของครูผู้สอน

หากกล่าวถึงประเทศไทยโดยเริ่มจากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2545 เราจะกล่าวถึงหมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 ที่กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียน

สามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ นอกจากนี้ในมาตรา 24 ได้กล่าวถึงการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ดำเนินการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมที่ดีงาม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ทุกวิชา ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้วิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลาทุกสถานที่ และมีการร่วมมือกันกับผู้ปกครองและผู้เกี่ยวข้องเพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). 2547: 12-14) และเมื่อศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่าสาระการเรียนรู้ประกอบไปด้วยองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้กำหนดให้ผู้เรียนต้องนำความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการดำเนินชีวิต และศึกษาต่อการมีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2552: 10) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้ของประเทศไทยให้ความสำคัญกับผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมุ่งให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองเต็มตามศักยภาพ ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ได้ฝึกฝน ได้พัฒนาการคิด รวมทั้งได้รับการปลูกฝังคุณธรรม จริยธรรม กระทั่งเกิดเจตคติที่ดีในการเรียน นอกจากเราจะให้ความสำคัญกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติและหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วสิ่งหนึ่งที่เราควรให้ความสำคัญคือการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองทักษะที่จำเป็นในศตวรรษ 21 หรือทักษะของการเรียนรู้ (Learning Skills) ซึ่งเป็นสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นอนุบาลไปจนถึงมหาวิทยาลัย และตลอดชีวิต โดยทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 คือ 3R x 7C (วิจารณ์ พานิช. 2555: 18-19)

3R ได้แก่ Reading อ่านออก, (W)Riting เขียนได้ และ (A)Rithmetics คิดเลขเป็น

7C ได้แก่

1) Critical thinking & problem solving ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการแก้ปัญหา

2) Creativity & Innovation ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม

3) Cross-cultural understanding ทักษะ

ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์

4) Collaboration, teamwork & leadership ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ

5) Communication, information & media literacy ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ

6) Computing & ICT literacy ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

7) Career & learning skills ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายส่วนด้วยกัน ทั้งครูที่มีคุณภาพ นักเรียนที่พร้อมจะเรียนรู้ ความร่วมมือของผู้ปกครองในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งผู้บริหารที่พร้อมจะให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบแรก ครูที่มีคุณภาพสิ่งสำคัญพื้นฐานของครูที่มีคุณภาพต้องมีคือ องค์ความรู้ในสิ่งที่ตนเองจะถ่ายทอดให้แก่นักเรียน โดยครูต้องมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จะนำมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักเรียนอย่างลึกซึ้ง นอกจากองค์ความรู้แล้วครูต้องมีความสามารถในการออกแบบการเรียนรู้ โดยครูในศตวรรษที่ 21 ต้องออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้คิดทำและค้นพบด้วยตนเอง ครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ในการฝึกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนนั้น ครูต้องมั่นใจก่อนว่านักเรียนมีความรู้เพียงพอและได้รับการฝึกการคิดอย่างเหมาะสมเพียงพอแล้ว ลักษณะของกิจกรรมต้องเหมาะสมกับระดับความสามารถและความถนัดของนักเรียน รวมทั้งต้องเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ซับซ้อนน้อยไปหาซับซ้อนมาก (อัมพร ม้าคนอง. 2549: 58) สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่มีในชีวิตจริง ให้นักเรียนได้ระบุสถานการณ์สำคัญของปัญหา กระตุ้นให้หาข้อมูล สำรวจตรวจสอบ นำไปสู่การแก้ปัญหาโดยอาศัยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้คิด สื่อสารอย่างมีเหตุผล และแก้ปัญหาได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้สำหรับวิชาคณิตศาสตร์มีหลากหลายวิธี เช่น การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5 E) การจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) การจัดการเรียนรู้แบบเค ดับเบิ้ลยู ดี แอล (K-W-D-L) และการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS โดยมีรายละเอียดดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเรื่องราวที่น่าสนใจ กระตุ้นความสงสัยของนักเรียนหรือเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เป็นการทำความเข้าใจประเด็นที่จะศึกษา ทำการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่จะเป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุป การสร้างแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ การวาดรูป การสร้างตาราง เป็นต้น 4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความรู้ใหม่ ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางยิ่งขึ้น 5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ต่อไป (สสวท. 2555: ออนไลน์)

การจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (Cognitively Guided Instruction: CGI) เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่มุ่งเน้นประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ เป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเกี่ยวกับองค์ความรู้และทักษะพื้นฐานในการแก้ปัญหา พัฒนาโดย คาร์เพนเทอร์และคณะ หลักการของการสอนแนะให้รู้คิดและรูปแบบของการสอนแนะให้รู้คิดนำมาซึ่งหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ควรพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนโดยเน้นที่ความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหาใช้การแก้ปัญหาเป็นศูนย์รวมของการเรียนการสอน

2. การจัดการเรียนรู้ควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจ

3. นักเรียนควรสามารถเชื่อมโยงปัญหามโนทัศน์หรือทักษะ กับความรู้เดิมที่มีอยู่

4. เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบนี้อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความคิดของนักเรียนจึงต้องมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ ๆ โดยไม่ได้ประเมินเพียงว่านักเรียนแก้ปัญหานั้น ๆ ได้ แต่ประเมินด้วยว่านักเรียนมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร วิธีการประเมินการคิดของนักเรียนที่ได้ผลก็คือ การถามคำถามที่เหมาะสมและฟังคำตอบของนักเรียน (เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. 2552-2553: 3; อ้างอิงจาก Carpenter et al, 1989, pp.499-531)

คาร์เพนเตอร์และคนอื่น ๆ ยังได้ศึกษาและจัดแบ่งขั้นตอนในกระบวนการสอนโดยใช้ CGI ในชั้นเรียนที่สำคัญออกเป็น 4 ขั้น คือ ขั้นที่ 1 ครูตั้งปัญหา ขั้นที่ 2 นักเรียนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 นักเรียนรายงานคำตอบและวิธีการของตน และขั้นที่ 4 ครูและนักเรียนอภิปรายถึงคำตอบและวิธีการในการแก้ปัญหา (รุ่งทิวา นาบำรุง. 2550: 33; อ้างอิงจาก Carpenter; et el. 1999: 85-95)

การจัดการเรียนรู้แบบเค ดับเบิ้ลยู ดี แอล (K-W-D-L) เป็นการสอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการให้นักเรียนได้ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้และหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาที่กำหนด การจัดการเรียนรู้แบบนี้มี 4 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 K (what we Know) แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มแล้วร่วมกันหาสิ่งที่รู้เกี่ยวกับโจทย์ ขั้นที่ 2 W (what we Want to know) นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายเพื่อหาสิ่งที่ต้องการรู้ ขั้นที่ 3 D (what we Do to find out) นักเรียนร่วมกันดำเนินการเพื่อแก้โจทย์ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการรู้ ขั้นที่ 4 L (what we Learn) นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เป็นอักษรย่อที่มาจากคำว่า Search (S), Solve (S), Create (C) และ Search (S) เป็นการสอนที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการสอนแก้ปัญหา โดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหา โดยการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือขั้น Search (S) เป็นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและการแยกแยะประเด็นของปัญหา ขั้น Solve (S) เป็นการวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ ขั้น Create (C) เป็นการนำผลที่ได้จากขั้น Solve มาจัดกระทำเป็นขั้นตอนเพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจและสื่อสารกับคนอื่นได้และขั้น Share (S) เป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหา (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2552-2553: 395-399)

นอกจากที่ครูจะต้องรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แล้ว ครูต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลด้วย โดยครูต้องประเมินผลนักเรียนด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การประเมินตนเอง การตรวจผลงาน หรือการทดสอบ โดยการประเมินต้องทำอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียนและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ของครูให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยครูต้องให้ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) ในเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนมั่นใจในการเรียนรู้และปรับปรุงตนเองอยู่เสมอ นอกจากนี้ครูต้องสร้างบรรยากาศเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ให้มากที่สุด เพราะมีงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยที่ทำให้โรงเรียนมีประสิทธิภาพ พบว่าการเรียนรู้จะเกิดได้ดีต้องการความมีระเบียบวินัยและบรรยากาศในการร่วมมือร่วมใจทั้งในและนอกห้องเรียน มีความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูและนักเรียน และครูมีเจตคติที่ดี (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. 2554: 35) นอกจากนี้ครูต้องเป็นผู้ใฝ่รู้เช่นกันคือต้องขวนขวายหาความรู้เพิ่มเติมให้แก่ตนเอง เข้าร่วมการสัมมนา การอบรม การประชุมต่างๆ เพื่อเป็นการเปิดโลกทัศน์ของตนเอง และเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดความรู้ระหว่างครูผู้ร่วมอาชีพเดียวกัน

องค์ประกอบที่สอง นักเรียนที่พร้อมจะเรียนรู้ ปัจจัยหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพร้อมที่จะเรียนรู้ คือ เจตคติของนักเรียน ซึ่งเจตคติเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน และมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการเรียน (อัมพร ม้าคนอง. 2556: 5-16) เมื่อนักเรียนมีเจตคติที่ดีจะทำให้นักเรียนเปิดใจยอมรับแนวคิด หรือสิ่งที่ครูต้องการถ่ายทอดหรือปลูกฝังให้แก่นักเรียน โดยกิจกรรมในห้องที่ครูควรปลูกฝังคือการปลูกฝังให้นักเรียนเป็นนักคิดด้วยกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดและทำอย่างสร้างสรรค์ อาศัยการทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อให้นักเรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้นั้นน่าสนใจและตื่นเต้นยิ่งขึ้น เพราะความสัมพันธ์อันดีระหว่างเพื่อนเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน (ชนาธิป พรกุล. 2557: 46-47)

องค์ประกอบที่สาม ความร่วมมือของผู้ปกครอง การจัดการเรียนรู้ให้ประสบผลสำเร็จ

นั้นต้องอาศัยความร่วมมือของผู้ปกครอง ทั้งความร่วมมือในการดูแลเอาใจใส่นักเรียนทางด้านวิชาการและด้าน พฤติกรรม โดยผู้ปกครองต้องเข้าใจและรู้ถึงความถนัด ความสนใจ ความสามารถ และศักยภาพในการศึกษาของนักเรียน รวมทั้งมีความเข้าใจในบทบาทของตนในการส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543: 61) นอกจากนี้ทางโรงเรียนควรเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมโดยสำรวจและค้นหาศักยภาพของผู้ปกครองแล้วเชิญมาเป็นวิทยากร สาธิตให้ความรู้และฝึกปฏิบัติร่วมกับนักเรียน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีหลายด้าน คือ 1) เป็นการนำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด 2) ครู เด็ก และผู้ปกครอง ได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ได้ลงมือปฏิบัติจริง (Learning by Doing) 3) มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน 4) สร้างความภูมิใจและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน 5) มีการประสานสัมพันธ์กัน (จันทร์ชลี มาพุทธ. 2546: 3)

องค์ประกอบสุดท้าย คือผู้บริหารที่พร้อมจะให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ ผู้บริหารสถานศึกษาทุกคนควรมีความรู้ ความเข้าใจและสามารถบริหารจัดการศึกษาให้มีคุณภาพ รวมทั้งพัฒนาตนเองให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ต้องเป็นผู้นำครู บุคลากรในสถานศึกษา รวมทั้งนักเรียน ผู้ปกครองและคนในชุมชนให้เข้าใจและตระหนักในความสำคัญของการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การที่จะจัดการศึกษาให้สำเร็จได้ก็ด้วยความเอาใจใส่ของผู้บริหารสถานศึกษาอย่างจริงจัง มีการกำหนดเป้าหมาย คุณภาพของนักเรียน มีการวางแผนบริหารจัดการให้มีการกำหนดระบบงาน สร้างกลไกความรับผิดชอบที่ชัดเจน มีการปรึกษาหารือ เพื่อให้บุคลากรทุกคนเห็นพ้องต้องกันแล้วจึงมอบหมายงานตามบทบาทหน้าที่ ความรับผิดชอบของแต่ละคน ขณะเดียวกันก็ร่วมกันคิดกลวิธีหรือกลยุทธ์ เพื่อหาทางพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาผู้เรียน เช่น การสร้างเครือข่ายความร่วมมือจากสถานศึกษาอื่นจากผู้นำชุมชน ภูมิปัญญาท้องถิ่น จัดการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาครูผู้สอน และดำเนินการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดระบบการประเมินผลอย่างครบวงจร พร้อมทั้งวางแผนการกำกับ ติดตาม ประเมินผลการทำงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ครูได้จัดการเรียนการสอนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 (วันทนา เมืองจันทร์. 2555: ออนไลน์) ดังนั้นบทบาทหน้าที่ที่สำคัญของผู้บริหารคือการสนับสนุนการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ สนับสนุนให้บุคลากรทุกฝ่ายของสถานศึกษาได้รับความรู้และมีความสามารถในทุกด้าน รวมทั้งพัฒนาบุคลากรให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้

สรุป

การประเมินผล PISA ชี้ว่านักเรียนไทยมีการประเมินต่ำทุกวิชาและมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าระบบโรงเรียนยังไม่สามารถให้การศึกษาที่มีคุณภาพและไม่สามารถเตรียมพร้อม

นักเรียนให้เป็นต้นทุนกำลังคนที่มีศักยภาพในการแข่งขันในประชาคมโลกในอนาคต (โครงการ PISA ประเทศไทย สสวท. 2554: 1) ดังนั้นผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งครู นักเรียน ผู้ปกครองและผู้บริหาร ล้วนแล้วแต่มีบทบาทสำคัญในการจัดการศึกษา เพื่อให้ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ครูเป็นผู้มีบทบาทสำคัญที่สุดในการจัดการศึกษา ครูที่มีคุณภาพจะเป็นตัวจักรสำคัญในการขับเคลื่อนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ มีการออกแบบการเรียนรู้ บริหารจัดการห้องเรียนและจัดบรรยากาศให้เกิดการเรียนรู้มากที่สุด นอกจากนี้ครูควรมีคุณธรรม จรรยาบรรณและศรัทธาต่อวิชาชีพ อุทิศตนและเวลาเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความรู้และพัฒนาตนเองในทุกด้าน นักเรียนเองก็ต้องมีความตระหนักต่อตนเอง เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการเรียน มีความรับผิดชอบ และสร้างการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะและสมรรถนะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยอาศัยความร่วมมือของทุกส่วนทั้งผู้ปกครองและผู้บริหาร

บรรณานุกรม

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). **ปัจจัยที่ทำให้ระบบโรงเรียนประสบความสำเร็จ**. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

_____. (2556). **ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร**. กรุงเทพฯ: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

_____. (2557). **ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้บ้าง กรุงเทพฯ**: อรุณการพิมพ์.

จันทร์ชลี มาพุทธ. (มิถุนายน-ตุลาคม 2546). การศึกษาศตวรรษที่ 21 ปรับวิถีคิดของครู ผู้ปกครอง และนักเรียน. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**. 15(1): 1-4. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2555, จาก http://www.edu.buu.ac.th/journal/Journal%20Edu/Link_Jounal%20edu_15_1.pdf

ชนาธิป พรกุล. (2557). **การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎี และการนำไปใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552-2553). **80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ**. กรุงเทพฯ: แดแน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

รุ่งทิวา นาบำรุง. (2550). **วิถีธรรมชาติแห่งการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรื่องการคูณและการหารของเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 7-10 ปี**. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วันทนา เมืองจันทร์. (2555). **บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้บริหารโรงเรียนตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542**. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2555, จาก http://www.radompon.com/web/discussion/view/260

วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21**. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.

เวชฤทธิ์ อังกนะภัทรขจร. (ตุลาคม 2552 - มกราคม 2553). การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitively Guided Instruction: CGI): รูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา**. 21(1): 1-11.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2555). **กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (แบบ 5 E)**. Retrieved 15 ตุลาคม 2555, from http://www3.ipst.ac.th/physics/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=57

_____. (2559). **เกี่ยวกับ PISA**. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2559, จาก http://pisathailand.ipst.ac.th/about

สมวงษ์ แปลงประสพโชค. (2555?). **ทำไมเด็กจึงไม่ชอบคณิตศาสตร์**. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2555, จาก http://ripn-math.com/keep_pdf/25520104/why_kid_dont_like_math.pdf

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). **ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด**. กรุงเทพฯ: สำนักงาน.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2547). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545**. กรุงเทพฯ

อัมพร ม้าคนอง. (กันยายน - ตุลาคม 2549). การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ(2). **นิตยสาร สสวท**. 34(144): 56-58. สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2555, จาก http://www3.ipst.ac.th/primary_math/articles/pdf/a-009.pdf?filepath=pdf/a-009.pdf

_____. (2556). จิตวิทยาการเรียนรู้คณิตศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์*. 5-16. ครั้งที่ 2. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

Ministry of Education, Singapore. (2007). **Secondary Mathematics Syllabuses**. SingaporeRetrieved 1 August 2012, from http://www.moe.gov.sg/education/syllabuses/sciences/files/maths-secondary.pdf

Park, Kyungmee. (2004). **Factors Contributing to Korean Students' High Achievement in Mathematics**. Retrieved 1 August 2012 from http://matrix.skku.ac.kr/for-icme-11/ICME/cp5.pdf