



การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา
เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา
สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on
Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls

วีรวรรณ จันทะทรัพย์
วิภา จักรชัยกุล
วรีวรรณ วิเศษสิงห์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา
เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการควบคุม
ด้วยมือ
The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes
Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Student with Disabled Hand
Controls

วีรวรรณ จันทะทรัพย์
วิภา จักรชัยกุล
ววีรวรรณ วิเศษสิงห์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ผู้วิจัย : นางวีรวรรณ จันทนะทรัพย์

นางวิภา จักรชัยกุล

นางสาววีรวรรณ วิเศษสิงห์

พ.ศ. : 2559

บทคัดย่อ

กว่าทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีติดตามดวงตาช่วยให้ผู้คนทั่วโลกใช้งานระบบคอมพิวเตอร์ได้เพียงการเพ่งมองของสายตา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้พิการเทคโนโลยีนี้ช่วยเปิดประตูเข้าสู่โลกแห่งการสื่อสารทั้งการแสดงออกส่วนบุคคลและสังคมรอบข้างได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีติดตามดวงตาถูกนำมาใช้กับงานด้านการศึกษา เพื่อสร้างระบบปฏิสัมพันธ์กับสื่อและทรัพยากรต่างๆ ของการเรียนการสอนในห้องเรียน สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการดำเนินงานวิจัย 3 วัตถุประสงค์ คือ (1) พัฒนาชุดฮาร์ดแวร์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำภายใต้หลักการประมวลผลบนสัญญาณภาพวีดิทัศน์ (2) ดำเนินการศึกษาปัจจัยต่างๆ จากการทดสอบสายตาเพื่อนำผลการทดสอบไปใช้ในการออกแบบการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ (3) ดำเนินการพัฒนาและวัดประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตาเรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาบนสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 3 ปัจจัย คือ ระยะเวลาของสายตาที่เหมาะสม ขนาด และตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบ ดำเนินการทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของสายตากับเด็กนักเรียนผู้บกพร่อง จำนวน 5 ราย ผลการทดสอบพบว่า อุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำที่ได้พัฒนาขึ้นทำงานได้ดีกับปุ่มโต้ตอบขนาดใหญ่ด้วยระยะเวลาของสายตาที่สั้น ในส่วนของการพัฒนาและวัดประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 70.0/71.5 และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.27$, S.D. 0.79) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า เทคโนโลยีติดตามดวงตาเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับเด็กนักเรียนผู้พิการของไทยในการปฏิสัมพันธ์กับสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คำสำคัญ : บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, เทคโนโลยีติดตามดวงตา

Title : The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Student with Disabled Hand Control

Researcher : Mrs. Veerawan Janthanasub

Mrs. Vipa Jakchaikul

Miss Wareewan Wisedsing

Year : 2016

Abstract

Over the past decade, eye-tracking technology can help people all over the world access computers through systems that use gaze control. For people with disabilities, this technology is a gateway to communication, personal expression and inclusion in society. Eye-tracking technology advance has been transferred to the educational area and now the use of interacting with the multimedia materials and resources in the classroom. The objectives of this research are threefold. The first study presented the development of a low-cost eye-tracking device based on video-oculography. The second study examined various factors in which eye movements can be systematically measured to design appropriate of usability in computer-assisted instruction (CAI). The third study created and determine the efficiency of computer-assisted instruction interactive with eyes lesson on knowledge of ASEAN in elementary education for a student with disabled hand control.

This research has looked at three design parameters of the dwell-time click alternative, interactive button size, and placement of the button which suitable for eye tracking interfaces. The evaluation carried out an experiment to compare performance with five students with a disability. Results showed that a combination of big buttons and short dwell-times are most suited for maximizing accuracy and ease of use. Furthermore, the efficiency of computer-assisted instruction is 70.0/71.5 and the user's satisfaction with CAI were at the high level (\bar{x} = 4.27, S.D. 0.79). Consequently, eye tracking technology is a great tool to interaction in computer-assisted instruction for Thai students with a disability.

Keywords: Computer Assisted Instruction (CAI), Eye Tracking Technology

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปีงบประมาณ 2559 ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกหน่วยงานที่มีส่วนให้การสนับสนุนทำให้ผลการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ได้แก่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งเป็นหน่วยงานต้นสังกัดของคณะผู้วิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งหน่วยงานภายในคณะที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัย โรงเรียนศรีสังวาลย์ ของมูลนิธิอนุเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานนทบุรี เขต 2 ต.บางตลาด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์และสนับสนุนในการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมืองานวิจัย และหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนส่งตัวแทนบุคลากร และนักเรียนเข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้รับจากงานวิจัย ศูนย์การศึกษาพิเศษชัชนาท อำเภอมะนัง จังหวัดชัชนาท และศูนย์การศึกษาพิเศษเขต 6 จังหวัดลพบุรี หน่วยบริการย่อยโคกสำโรง อำเภอกอสนี จังหวัดลพบุรี รวมทั้งผู้เข้ารับการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยทุกท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณที่ปรึกษางานวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.พยุ่ง มีสังข์ ที่ให้คำแนะนำในการทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ติดตามดวงตา และการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา และขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ ที่ให้คำแนะนำในการพัฒนาและวัดประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ และวัดประสิทธิภาพเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาแด่ บิดา มารดา ที่ให้การอบรมสั่งสอนเลี้ยงดู และบูชาแต่คุณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการของไทย	8
2.2 เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการ	11
2.3 เทคโนโลยีติดตามดวงตา (Eye Tracking Technology)	15
2.4 ขั้นตอนวิธีตรวจจับและติดตามดวงตา	28
2.5 คอมพิวเตอร์ช่วยสอน	35
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	44
3.1 การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	44
3.2 การพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา	60
3.3 การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง	68
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	70
4.1 ผลการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา	70
4.2 ผลการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา	78
4-3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัย	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	93
5.1 สรุป และอภิปรายผล	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	96
บรรณานุกรม	97
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มต่างๆ	102
ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	118
ภาคผนวก ค รายนามที่ปรึกษางานวิจัย และผู้เชี่ยวชาญ	134
ประวัติผู้วิจัย	137



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อุปกรณ์และระบบติดตามดวงตาที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์	20
3-2	ตัวอย่างอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้านทุนต่ำ	27
4-1	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานตามคำสั่งด้วยสายตา	73
4-2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	80
4-3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนเบื้องต้น	88
4-4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนเมื่อใช้งานจริง	89
4-5	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง	90



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 ตัวอย่างอุปกรณ์ EOG ตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา	17
2-2 ตัวอย่างอุปกรณ์ SSC ตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา	18
2-3 ตัวอย่างการใส่อุปกรณ์ SSC ขณะทดสอบการเคลื่อนไหวของดวงตา	18
2-4 โครงสร้างกระบวนการติดตามดวงตาด้วยเทคนิคการใช้สัญญาณภาพวีดิทัศน์	29
2-5 ผลลัพธ์ของภาพดวงตาบนคลื่นแสงต่างกัน	29
2-6 ผลลัพธ์ของภาพดวงตาในขั้นตอนการประมวลผลภาพ	30
2-7 โครงสร้างกายวิภาคภายนอกของดวงตามนุษย์	31
2-8 โครงสร้างกระบวนการตรวจหาองค์ประกอบใบหน้าของวิธี Viola-Jones	33
2-9 ตำแหน่งจุดอ้างอิงที่นิยมใช้ในงานวิจัยประมาณค่าตำแหน่งของสายตา	33
2-10 โครงสร้างกระบวนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของอเลสซีและโทรลิป	38
3-1 โครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้	45
3-2 แผนผังมโนทัศน์ระดับหน่วยเรียน	47
3-3 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 1: ทำความรู้จักอาเซียน	48
3-4 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 2: ลักษณะสังคมและวัฒนธรรมอาเซียน	48
3-5 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 3: การเมืองการปกครองประเทศสมาชิกอาเซียน	49
3-6 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 4: เศรษฐกิจของอาเซียน	49
3-7 แผนภาพลำดับกิจกรรมการเรียนรู้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	50
3-8 โครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา	60
3-9 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe	61
3-10 แบบจำลองการจัดวางตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบกับผู้เรียน	64
3-11 แบบจำลองขนาดของปุ่มควบคุมการโต้ตอบที่ใช้ทดสอบ	65
3-12 แบบจำลองระยะระยะตรึงของสายตาที่ใช้ทดสอบสั่งการปุ่มโต้ตอบ	66
4-1 ชุดฮาร์ดแวร์ตรวจจับและติดตามดวงตาที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้	71
4-2 ตัวอย่างภาพหน้าจอซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา	72
4-3 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์เวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด	74
4-4 กราฟเปรียบเทียบเวลาทำงานเฉลี่ยต่อคำสั่งด้วยสายตาที่ดีที่สุดของระยะตรึงตา	75
4-5 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานทฤษฎี	76
4-6 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากการทำงานตามคำสั่ง	77
4-7 แบบจำลองผลลัพธ์ของตำแหน่งสายตาบนปุ่มโต้ตอบที่ดีที่สุด	77
4-8 หน้าจอหลักเข้าสู่ระบบสื่อการเรียนการสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-9 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	81
4-10 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 1	82
4-11 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 2	82
4-12 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 3	83
4-13 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 4	83
4-14 ตัวอย่างหน้าจอเนื้อหาหัวข้อภายในหน่วยเรียน	84
4-15 ตัวอย่างหน้าจอแบบฝึกหัดหน่วยเรียน	84
4-16 ตัวอย่าง User Feedback เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบถูกต้อง	85
4-17 ตัวอย่าง User Feedback เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบผิด	85
4-18 ตัวอย่างหน้าจอแบบทดสอบก่อนเรียน	85
4-19 ตัวอย่างหน้าจอแบบทดสอบหลังเรียน	86
4-20 สถานะปุ่มโต้ตอบควบคุมการไหลของเฟรมสื่อเมื่อผู้ใช้เพ่งมองสายตา	86
4-21 ตัวเลขแสดงสถานะระยะครึ่งของสายตาเพื่อให้ผู้ใช้ทราบ (Feedback)	87
4-22 ตัวอย่างภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย จังหวัดชัยนาท	91
4-23 ตัวอย่างภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย จังหวัดลพบุรี	92



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สิทธิในการรับการศึกษาพื้นฐานของไทย กำหนดให้เด็กไทยทุกคนต้องได้รับการศึกษาขั้นพื้นฐานไม่น้อยกว่าสิบสองปี อันประกอบด้วยการศึกษาชั้นประถมศึกษาจำนวน 6 ปี (ป.1-ป.6) การศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 ปี (ม.1-ม.3) และได้รับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นเวลา 3 ปี (ม.4 - ม.6) ทั้งนี้รัฐต้องจัดการให้ทั่วถึงและมีคุณภาพโดยไม่เก็บค่าใช้จ่าย สิทธิและโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้รวมไปถึงเด็กนักเรียนพิการทุกคนทุกประเภทอีกด้วย สิทธิทางการศึกษาของคนพิการถูกบัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 มาตรา 5 (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2551) ใจความสำคัญ คือ คนพิการต้องได้รับการศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตั้งแต่แรกเกิดหรือพบความพิการจนตลอดชีวิต พร้อมทั้งได้รับเทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา และผู้พิการสามารถเลือกบริการทางการศึกษา สถานศึกษา ระบบและรูปแบบการศึกษา โดยคำนึงถึงความสามารถ ความสนใจ และความถนัด รวมทั้งความต้องการจำเป็นพิเศษของบุคคลนั้น นอกจากนี้ผู้พิการต้องได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐานและประกันคุณภาพการศึกษา รวมทั้งการจัดหลักสูตรกระบวนการเรียนรู้ การทดสอบทางการศึกษาที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการพิเศษของคนพิการแต่ละประเภทของบุคคล (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2550)

ปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการจัดการศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนผู้พิการถูกคิดค้น วิจัย พัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งในรูปแบบของสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรม และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่นำมาซึ่งประโยชน์ต่อเด็กนักเรียนผู้พิการทั้งสิ้น เครื่องคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนที่อยู่ในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเด็กนักเรียนผู้พิการจึงมีความจำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการปฏิสัมพันธ์การใช้งานคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปการควบคุมสั่งการคอมพิวเตอร์จะใช้อุปกรณ์ตัวชี้ หรือ เมาส์ (Mouse) ในการสั่งการเพื่อใช้งานซอฟต์แวร์ หรือสื่อการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะการควบคุมใช้มือเป็นหลักในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวชี้ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนจอภาพ และสั่งการผ่านการคลิก แต่สำหรับเด็กนักเรียนผู้พิการแล้ว การใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์โดยใช้เมาส์ควบคุมสั่งการ อาจเป็นไปได้

ด้วยความยากลำบาก เนื่องจากความพิการที่ทำให้เกิดอุปสรรคในการควบคุมด้วยมือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเด็กนักเรียนผู้พิการที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ซึ่งประกอบด้วยเด็กที่มีมือวิยะแขนหรือ มือหายแต่กำเนิด (Limb Anomalies; LA) การมีภาวะความผิดปกติของข้อต่อจนสูญเสียการควบคุมของมือ (Arthrogryposis Multiplex Congenital; AMC) มีแขน ขาลีบ หรือเหยียดงอไม่ได้ (disability of limbs) และกลุ่มเด็กพิการแขน มือ ลำตัว คองอ เกร็ง โกง มืออาการกระตุก หรือสั่น (Limb Deformity / Spine Spasticity / Tremor) ซึ่งเด็กนักเรียนผู้พิการเหล่านี้ต้องประสบปัญหาไม่สามารถควบคุมกล้ามเนื้อในการควบคุมเมาส์ เพื่อส่งงานคอมพิวเตอร์ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบปกติได้ และจากข้อมูลการสำรวจประชากรผู้พิการที่สำรวจราชอาณาจักรเมื่อปี พ.ศ. 2555 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่าเด็กนักเรียนผู้พิการที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือที่อยู่ในช่วงอายุของการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีจำนวนกว่า 4,000 คน ซึ่งเด็กนักเรียนที่มีความพิการเหล่านี้ส่วนใหญ่มีสติปัญญาการเรียนรู้ที่เท่าเทียมกับเด็กนักเรียนปกติทั่วไป อย่างไรก็ตาม ความพิการที่เกิดขึ้นถือเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้และการเข้าถึงสื่อการเรียนการสอนในระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้น ในการจัดการศึกษาต้องอาศัยการจัดการศึกษารูปแบบพิเศษ ตลอดจนสื่อการเรียนการสอนและเทคโนโลยีทางการศึกษาเพื่อเสริมการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ ที่จะช่วยทดแทนความบกพร่องของความพิการ ปัจจุบันอุปกรณ์ที่ช่วยให้เด็กนักเรียนผู้พิการกลุ่มนี้สามารถใช้งานอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ อาทิเช่น อุปกรณ์ Single Switches มีลักษณะเป็นปุ่มสวิตช์ไฟฟ้าควบคุมสั่งการคอมพิวเตอร์ให้ทำงานแทนเมาส์ โดยการใช้วิยะ เช่น เท้า หรือ หัวไหล่และคอในการกดปุ่มสวิตช์ หรือการใช้เทคโนโลยีรู้จำเสียงเพื่อสั่งการให้คอมพิวเตอร์ทำงาน (Speech Recognition) เป็นต้น แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความสนใจ และถูกนำมาใช้ในการสร้างระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์สำหรับผู้พิการ (Human Computer Interface for Disabled People) คือ เทคโนโลยีติดตามดวงตา (Eye Tracking technology) เทคโนโลยีนี้ช่วยให้เด็กนักเรียนผู้พิการสามารถควบคุมสั่งการคอมพิวเตอร์ได้ด้วยดวงตาผ่านการเพ่งมอง (Gaze-Point) นอกจากนี้เทคโนโลยีติดตามดวงตายังช่วยให้คุณครูผู้สอนทราบถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระของสื่อการสอนผ่านการบันทึกตำแหน่งการจ้องมองของผู้เรียนได้อีกด้วย

ดังนั้น คณะผู้วิจัยขอเสนอแนวความคิดการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับเด็กนักเรียนผู้พิการที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ด้วยการประยุกต์ใช้งานกับเทคโนโลยีติดตามดวงตา (Kocejko T., and et al., 2008 : 199-202; Alberto S. and Deniela L., 2009 : 1-11; Shuo S. L., and et al., 2010 : 111-116) โดยมีหลักการทำงานพื้นฐาน กล่าวคือ ผู้เรียนใช้ดวงตาควบคุมตัวชี้ (Pointer) ผ่านอุปกรณ์ติดตามดวงตา (Eye Tracker Device) กลุ่มต้นทุนต่ำอันเป็นการพัฒนาสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษาที่มีความเหมาะสมกับความบกพร่องของความพิการ ส่งผลต่อการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนที่สูงขึ้น โดยใน

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกพัฒนาเนื้อหาสาระเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา เนื่องจากปัจจุบันความรู้เกี่ยวกับอาเซียน หรือ อาเซียนศึกษา ถูกบรรจุลงในกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ภายใต้แนวทางการจัดการเรียนรู้สู่ ประชาคมอาเซียนระดับประถมศึกษา ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ทั้งนี้สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ดำเนินโครงการ พัฒนาสู่ประชาคมอาเซียน : Spirit of ASEAN โดยได้คัดเลือกโรงเรียนต้นแบบเข้าร่วมโครงการ เพื่อพัฒนาให้มีความพร้อมและศักยภาพในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับประชาคมอาเซียน ซึ่ง ปัจจุบันมีโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการมากกว่า 500 โรงเรียน ซึ่งนับได้ว่าเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับ อาเซียนเป็นประเด็นความรู้ที่ต้องรีบดำเนินการจัดการเรียนการสอนให้แก่เด็กนักเรียนของไทย ทั้งเด็กนักเรียนปกติ และเด็กนักเรียนผู้พิการและด้อยโอกาสอีกด้วย อันเป็นการเตรียมความพร้อมสู่มาตรฐานสากลให้แก่เด็กนักเรียนผู้พิการให้มีความพร้อม และศักยภาพในการเตรียมเข้าสู่ประชาคมอาเซียน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้นแบบ เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียน ในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยดวงตา

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

1.2.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือระดับชั้นประถมศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือในระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ หน่วยงานในสังกัดมูลนิธิธรรมาเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา

ประถมศึกษานนทบุรี เขต 2 ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จำนวน 15 ราย โดยแบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1.3.1.1 ประชากรกลุ่มทดสอบเบื้องต้น (Trial Out) สำหรับหาคุณภาพของ เครื่องมือ จำนวน 5 ราย

1.3.1.2 ประชากรที่ใช้ทดสอบการใช้งานจริง (Trial Run) คือ จำนวน 10 ราย

1.3.2 เนื้อหาบทเรียน

เนื้อหาสาระวิชาในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตาใช้ หนังสือแบบเรียน รายวิชาเพิ่มเติม อาเซียนศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของสมเกียรติ ภูระหงษ์ และคณะ (2558) ซึ่งเป็นหนังสือแบบเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.3.3 ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1.3.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ การจัดการเรียนรู้ด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับ ประถมศึกษา

1.3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่

ก) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับ ประถมศึกษาของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ โรงเรียนศรีสังวาลย์

ข) ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วย มือระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ และบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีต่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตาที่พัฒนาขึ้น

1.3.4 อุปกรณ์ตรวจจับและติดตามดวงตา (Eye Tracker Device)

เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาประเภทประมวลผลกับสัญญาณภาพวิดีโอ (Video-Oculography; VOG) กลุ่มต้นทุนต่ำ เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตยูเอสบี (USB Port) ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์

1.4 วิธีการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับ อาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือใน ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยแบ่งการทำงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ส่วนการพัฒนากระบวนการปฏิบัติสัมพันธ์

สั่งการสายตา (2) ส่วนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ (3) ส่วนการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย โดยรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยในแต่ละส่วนมีดังนี้

1.4.1 ส่วนการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยดวงตา

1.4.1.1 ศึกษาแนวทางการพัฒนาและจัดหาอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้านทุนต่ำ (Low-Cost Eye Tracker) จากเอกสารงานวิจัย และเว็บไซต์ในต่างประเทศ โดยการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาด้านทุนต่ำภายใต้สัญญาอนุญาตอินฟารेट เพราะมีความเหมาะสมกับการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์การใช้งานคอมพิวเตอร์ด้วยดวงตาสำหรับผู้พิการ

1.4.1.2 พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาภายใต้แนวคิดฮาร์ดแวร์ด้านทุนต่ำ

1.4.1.3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งกระทบต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา ประกอบด้วย ขนาดปุ่มโต้ตอบ ตำแหน่งปุ่มโต้ตอบ และระยะตั้งของสายตา

1.4.1.3 ออกแบบซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ติดตามดวงตา

1.4.1.4 พัฒนาซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ติดตามดวงตา

1.4.1.5 เก็บข้อมูลและทดสอบกับกลุ่มประชากรทดสอบเบื้องต้น

1.4.1.6 คำนวณหาประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ติดตามดวงตาโดยอ้างอิงค่าวัดประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ISO 9241-9 : (2000) ซึ่งเป็นมาตรฐานจากองค์การระหว่างประเทศเพื่อการมาตรฐาน (International Organization for Standardization : ISO) โดยเนื้อหาสาระในส่วนที่ 9 : (2000)

1.4.1.7 นำผลลัพธ์ปัจจัยที่ศึกษาประกอบด้วย ขนาดปุ่มโต้ตอบ ตำแหน่งปุ่มโต้ตอบ และระยะตั้งของสายตาที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีที่สุดไปใช้ในการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป

1.4.2 ส่วนการพัฒนาระบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การพัฒนาส่วนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนพิการที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.4.2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ทั้งในส่วนเนื้อหาวิชารายวิชาอาเซียนศึกษา และขั้นตอนวิธีการพัฒนาระบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยอ้างอิงขั้นตอนการสอนของอัลเลซซี่และทรอลลลิป (Alessi, S., & Trollip, S. 1991 : 274-278) และศึกษาโปรแกรมสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.4.2.2 สร้างเครื่องสำหรับงานวิจัย

- ก) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา
- ข) แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ค) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง

1.4.2.3 เก็บข้อมูลและทดสอบการใช้งานบทเรียน

- ก) เก็บข้อมูลและทดสอบเบื้องต้น (Trial Out)
- ข) เก็บข้อมูลและทดสอบใช้งานจริง (Trial Run)

1.4.2.4 หาประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยอัตราส่วนของประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process; E_1) คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนก่อนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ (Efficiency of Product; E_2) คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียนหลังศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมาย E_1/E_2 ไว้เท่ากับ 80/80 โดยดำเนินการหาประสิทธิภาพสื่อทั้งในส่วนของการทดสอบเบื้องต้น และการทดสอบใช้งานจริง สำหรับการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้องใช้แบบสอบถามวัดระดับความพึงพอใจที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยกำหนดเกณฑ์ระดับความพึงพอใจเป้าหมายไว้เท่ากับ ระดับมาก

1.4.3 สถานที่ดำเนินการวิจัย เก็บข้อมูล และทดสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1.4.3.1 สถานที่พัฒนาอุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ และสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.4.3.2 สถานที่จัดเก็บข้อมูล และทดสอบ

โรงเรียนศรีสังวาลย์ หน่วยงานในสังกัดมูลนิธิอนุเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นนทบุรี เขตการศึกษาที่ 2 ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี โทรศัพท์ 0 2583 8434 เว็บไซต์ <http://swn.ac.th/home1.html>

1.4.3.3 สถานที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย

ก) ศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดชัยนาท สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เลขที่ 316 หมู่ 6 ตำบลชัยนาท อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท โทรศัพท์ 0 564 5622 เว็บไซต์ <http://www.chainatspecial.com>

ข) ศูนย์การศึกษาพิเศษเขต 6 จังหวัดลพบุรี 41 หมู่ 7 ต.ป่าตาล
อ.เมืองลพบุรี จ.ลพบุรี 15000 โทร. 0-3642-0030 และโทรสาร 0-3642-0030

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียน ในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ เป็นการตอบสนองนโยบายเกี่ยวกับผู้พิการของรัฐบาล

1.5.2 นำผลงานที่พัฒนาใช้ประโยชน์ยังหน่วยงาน คือ โรงเรียนศรีสังวาลย์ และหน่วยงานการศึกษาที่เข้าร่วมโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ และได้ใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและความต้องการพิเศษของตน

1.5.3 ยกระดับสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กนักเรียนผู้พิการทางการควบคุมด้วยมือของไทยให้มีความทันสมัยและเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของความพิการ



บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอเนื้อหาที่เน้นถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดของเนื้อหาประกอบด้วยหัวข้อย่อย 5 หัวข้อ ดังนี้

- 2.1 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการของไทย
- 2.2 เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการ
- 2.3 เทคโนโลยีติดตามดวงตา
- 2.4 ขั้นตอนวิธีตรวจจับและติดตามดวงตา
- 2.5 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการของไทย

การจัดการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการของไทย ได้บัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา ณ วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2551 โดยมีใจความสำคัญสรุปได้ดังนี้

2.1.1 นิยามความหมาย คนพิการ

คนพิการ หมายถึง “บุคคลซึ่งมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคม เนื่องจากมีความบกพร่องทางการมองเห็น การได้ยิน การเคลื่อนไหว การสื่อสาร จิตใจ อารมณ์ พฤติกรรม สติปัญญา การเรียนรู้ ความบกพร่องอื่นใดประกอบกับมีอุปสรรคในด้านต่าง ๆ และมีความต้องการจำเป็นพิเศษทางการศึกษาที่จะต้องได้รับความช่วยเหลือด้านหนึ่งด้านใด เพื่อให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวัน หรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคมได้อย่างบุคคลทั่วไป ทั้งนี้ ตามประเภทและหลักเกณฑ์ที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการประกาศกำหนด”

2.1.2 ประเภทของนักเรียนผู้พิการ

จากนิยามความหมาย คนพิการ ในพระบัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 กระทรวงศึกษาธิการได้ออกประกาศกำหนดประเภทและหลักเกณฑ์ของคนพิการทางการศึกษา พ.ศ. 2552 และประกาศหลักเกณฑ์และวิธีการจัดแผนการจัดการศึกษาเฉพาะบุคคล ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2552 โดยกำหนดให้ประเภทของนักเรียนผู้พิการแบ่งออกเป็น 9 ประเภทด้วยกันคือ

2.1.2.1 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการเห็น

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการเห็น หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็นตั้งแต่ระดับเล็กน้อยจนถึงตาบอดสนิท ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

ก) คนตาบอด หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็นมาก จนต้องใช้สื่อสัมผัสและสื่อเสียงหากตรวจวัดความชัดเจนของสายตาสายตาสั้นเมื่อแก้ไขแล้ว อยู่ในระดับ 6 ส่วน 60 (6/60) หรือ 20 ส่วน 200 (20/200) จนถึงไม่สามารถรับรู้เรื่องแสงได้

ข) คนเห็นเลือนราง หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการเห็นแต่ยังสามารถอ่านอักษรตัวพิมพ์ขยายใหญ่ด้วยอุปกรณ์เครื่องช่วยความพิการ หรือเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หากตรวจวัดความชัดเจนของสายตาสายตาสั้นเมื่อแก้ไขแล้วอยู่ในระดับ 6 ส่วน 18 (6/18) หรือ 20 ส่วน 70 (20/70)

2.1.2.2 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการได้ยินตั้งแต่ระดับหูตึงน้อยจนถึงหูหนวก แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก) คนหูหนวก หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการได้ยินมากจนไม่สามารถเข้าใจการพูดผ่านการได้ยินไม่ว่าจะใส่หรือไม่ใส่เครื่องช่วยฟัง ซึ่งโดยทั่วไปหากตรวจการได้ยินจะมีการสูญเสียการได้ยิน 90 เดซิเบลขึ้นไป

ข) คนหูตึง หมายถึง บุคคลที่มีการได้ยินเหลืออยู่เพียงพอที่จะได้ยินการพูดผ่านการได้ยิน โดยทั่วไปจะใส่เครื่องช่วยฟัง ซึ่งหากตรวจวัดการได้ยินจะมีการสูญเสียการได้ยินน้อยกว่า 90 เดซิเบลลงมาถึง 26 เดซิเบล

2.1.2.3 บุคคลที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา

บุคคลที่มีความบกพร่องทางสติปัญญา หมายถึง บุคคลที่มีความจำกัดอย่างชัดเจนในการปฏิบัติตน (Functioning) ในปัจจุบัน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะ คือ ความสามารถทางสติปัญญาต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญร่วมกับความจำกัดของทักษะการปรับตัวอีกอย่างน้อย 2 ทักษะจาก 10 ทักษะ ได้แก่ การสื่อความหมาย การดูแลตนเอง การดำรงชีวิตภายในบ้าน ทักษะทางสังคม/การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น การรู้จักใช้ทรัพยากรในชุมชน การรู้จักดูแลควบคุมตนเอง การนำความรู้มาใช้ในชีวิตประจำวัน การทำงาน การใช้เวลาว่าง การรักษาสุขภาพอนามัยและความปลอดภัย ทั้งนี้ได้แสดงอาการดังกล่าวก่อนอายุ 18 ปี

2.1.2.4 บุคคลที่มีความบกพร่องทางร่างกาย หรือการเคลื่อนไหว หรือสุขภาพ

บุคคลที่มีความบกพร่องทางร่างกายและสุขภาพ หรือการเคลื่อนไหว หรือสุขภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก) บุคคลที่มีความบกพร่องทางร่างกาย หรือการเคลื่อนไหว หมายถึง บุคคลที่มีอวัยวะไม่สมส่วนหรือขาดหายไป กระดูกหรือกล้ามเนื้อผิดปกติ มีอุปสรรคในการ

เคลื่อนไหว ความบกพร่องดังกล่าวอาจเกิดจากโรคทางระบบประสาท โรคของระบบกล้ามเนื้อ และกระดูก การไม่สมประกอบมาแต่กำเนิด อุบัติเหตุและโรคติดต่อ

ข) บุคคลที่มีความบกพร่องทางสุขภาพ หมายถึง บุคคลที่มีความเจ็บป่วยเรื้อรังหรือมีโรคประจำตัวซึ่งจำเป็นต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่อง และเป็นอุปสรรคต่อการศึกษา ซึ่งมีผลทำให้เกิดความจำเป็นต้องได้รับการศึกษาพิเศษ

2.1.2.5 บุคคลที่มีปัญหาทางการเรียนรู้

บุคคลที่มีปัญหาทางการเรียนรู้ หมายถึง บุคคลที่มีความผิดปกติในการทำงานของสมองบางส่วนที่แสดงถึงความบกพร่องในกระบวนการเรียนรู้ที่อาจเกิดขึ้นเฉพาะความสามารถด้านใดด้านหนึ่งหรือหลายด้าน คือ การอ่าน การเขียน การคิดคำนวณ ซึ่งไม่สามารถเรียนรู้ในด้านที่บกพร่องได้ ทั้งที่มีระดับสติปัญญาปกติ

2.1.2.6 บุคคลที่มีความบกพร่องทางการพูดและภาษา

บุคคลที่มีความบกพร่องทางการพูดและภาษา หมายถึง บุคคลที่มีความบกพร่องในการเปล่งเสียงพูด เช่น เสียงพูดปกติ อัตราความเร็วและจังหวะการพูดผิดปกติ หรือบุคคลที่มีความบกพร่องในเรื่องความเข้าใจหรือการใช้ภาษาพูด การเขียนหรือระบบสัญลักษณ์อื่นที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ซึ่งอาจเกี่ยวกับรูปแบบเนื้อหาและหน้าที่ของภาษา

2.1.2.7 บุคคลที่มีปัญหาทางพฤติกรรม และอารมณ์

บุคคลที่มีปัญหาทางพฤติกรรม และอารมณ์ หมายถึง บุคคลที่มีพฤติกรรมเบี่ยงเบนไปจากปกติเป็นอย่างมาก และปัญหาทางพฤติกรรมนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลจากความบกพร่องหรือความผิดปกติทางจิตใจหรือสมองในส่วนของความรู้ อารมณ์หรือความคิดเช่น โรคจิตเภท โรคซึมเศร้า โรงสมองเสื่อม เป็นต้น

2.1.2.8 บุคคลออทิสติก

บุคคลออทิสติก หมายถึง บุคคลที่มีความผิดปกติของระบบการทำงานของสมองบางส่วนซึ่งส่งผลต่อความบกพร่องทางพัฒนาการด้านภาษา ด้านสังคมและการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และมีข้อจำกัดด้านพฤติกรรม หรือมีความสนใจจำกัดเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยความผิดปกตินั้นค้นพบได้ก่อนอายุ 30 เดือน

2.1.2.9 บุคคลพิการซ้อน

บุคคลพิการซ้อน ได้แก่ บุคคลที่มีสภาพความบกพร่องหรือความพิการมากกว่าหนึ่งประเภทในบุคคลเดียวกัน

2.1.3 สิทธิและหน้าที่ทางการศึกษาของนักเรียนผู้พิการ

พระราชบัญญัติ การจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 ได้ระบุสิทธิทางการศึกษาของเด็กนักเรียนผู้พิการไว้ในมาตรา 5 ดังต่อไปนี้

2.1.3.1 ได้รับการศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตั้งแต่แรกเกิดหรือพบความพิการจนตลอดชีวิต พร้อมทั้งได้รับเทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการและความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา

2.1.3.2 เลือกบริการทางการศึกษา สถานศึกษา ระบบและรูปแบบการศึกษา โดยคำนึงถึงความสามารถ ความสนใจ ความถนัดและความต้องการจำเป็นพิเศษของบุคคลนั้น

2.1.3.3 ได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐานและประกันคุณภาพการศึกษา รวมทั้งการจัดการหลักสูตรกระบวนการเรียนรู้ การทดสอบทางการศึกษาที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการแต่ละประเภทและบุคคล

2.2 เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการ

(Assistive Technology Accommodating Student with Disabilities)

สิทธิทางการศึกษาของคนพิการถูกบัญญัติไว้ในพระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. 2551 มาตรา 5 (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2551) ใจความสำคัญ คือ คนพิการต้องได้รับการศึกษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตั้งแต่แรกเกิดหรือพบความพิการจนตลอดชีวิต พร้อมทั้งได้รับเทคโนโลยี สิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา และผู้พิการสามารถเลือกบริการทางการศึกษา สถานศึกษา ระบบและรูปแบบการศึกษา โดยคำนึงถึงความสามารถ ความสนใจ และความถนัด รวมทั้งความต้องการจำเป็นพิเศษของบุคคลนั้น นอกจากนี้ผู้พิการต้องได้รับการศึกษาที่มีมาตรฐานและประกันคุณภาพการศึกษา รวมทั้งการจัดการหลักสูตรกระบวนการเรียนรู้ การทดสอบทางการศึกษาที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการพิเศษของคนพิการแต่ละประเภทของบุคคล ด้วยการฟื้นฟูสมรรถภาพคนพิการหรือบุคคลที่สถานศึกษารับรองมีสิทธิได้รับสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ และบริการ

2.2.1 นิยามความหมาย

สำหรับนิยามความหมายของเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับนักเรียนผู้พิการไม่ได้ถูกบัญญัติไว้อย่างชัดเจน แต่จะมีนิยามความหมายเช่นเดียวกับ คำว่าเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก (Assistive Technology; AT) สำหรับคนพิการ ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาได้รวบรวมความหมายของหน่วยงานและบุคคลต่าง ๆ ไว้ในเอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการพัฒนาศักยภาพบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการในระดับอุดมศึกษา เรื่อง การช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกอย่างสมเหตุสมผล (2555) มีใจความดังนี้

พวงแก้ว กิจธรรม (2547) นิยามความหมาย เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “หลายสิ่งหลายอย่าง ได้แก่ ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ หรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีวางจำหน่ายทั่วไป

หรือได้ดัดแปลง หรือผลิตเฉพาะเพื่อนำมาใช้ในการดำรงชีวิตอย่างอิสระ สามารถพัฒนา ศักยภาพของผู้พิการที่ใช้อุปกรณ์นั้นๆ”

กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ (2552) ให้ความหมาย เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “เครื่องมืออุปกรณ์ที่ช่วยสนับสนุนทางกายภาพ สำหรับคนพิการที่จะเข้าถึงข้อมูล สารสนเทศ และการสื่อสารของคนพิการได้”

พระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับผู้พิการ พ.ศ. 2551 (2551) บัญญัติ ให้ความหมายเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “เครื่องมือ อุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือบริการที่ใช้สำหรับคนพิการโดยเฉพาะ หรือที่มีการดัดแปลง หรือปรับใช้ให้ตรงกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิเศษแต่ละบุคคล เพื่อเพิ่ม รักษา คงไว้ หรือพัฒนาความสามารถ และศักยภาพที่จะเข้าถึงข้อมูล ข่าวสาร การสื่อสาร รวมถึงกิจกรรมอื่นใดในชีวิตประจำวันเพื่อ การดำรงชีวิตอิสระ”

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการ (2554) ให้ความหมายเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “วิทยาการที่มุ่งพัฒนาคุณภาพชีวิตคน พิการให้พ้นจากอุปสรรคที่ทำให้คนพิการมีสมรรถนะที่ต่ำกว่าคนปกติ ทั้งในด้านการดำเนิน ชีวิตประจำวัน การศึกษา และการประกอบอาชีพ วิทยาการของเทคโนโลยีด้านนี้ จึงต้องคำนึงถึง สภาพความพิการ อันได้แก่ ความพิการทางกาย ทางการเห็น ทางการได้ยิน ทางสติปัญญา และทางเรียนรู้ ในการสร้างสิ่งอำนวยความสะดวกให้ตรงกับความต้องการเฉพาะของผู้พิการแต่ ละประเภท การพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือ ของผู้ที่เกี่ยวข้อง หลายสาขา นอกจากความรู้เทคโนโลยีแกนหลักแล้วยังต้องใช้ความรู้ด้านการแพทย์ การบำบัด การศึกษาพิเศษ วิศวกรรมการฟื้นฟูสมรรถภาพ (Rehabilitation Engineering) รวมทั้งการ ออกแบบผลิตภัณฑ์ ที่ต้องคำนึงถึงส่วนติดต่อใช้งาน (User Interface) กับผู้พิการซึ่งมีความ ต้องการพิเศษ

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (2555) นิยามความหมายของเทคโนโลยีสิ่ง อำนวยความสะดวก หมายถึง “เทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นหรือดัดแปลงจากที่มีอยู่เดิม นำมาผลิตเป็นอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มขีดความสามารถของผู้พิการ ให้สามารถทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้แบบพึ่งพิงตัวเอง (Independent Living; IL) หรือพึ่งพิงผู้อื่นน้อยที่สุด และมีส่วนร่วมในสังคมได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้ครอบคลุมไปถึง การให้บริการ การประยุกต์ใช้และการนำไปปฏิบัติเพื่อลดอุปสรรคในการทำกิจกรรมของผู้พิการ ซึ่งผลิตจากเทคโนโลยีพื้นฐาน (Low Technology) ไปจนถึงเทคโนโลยีขั้นสูง (High Technology) อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนของอุปกรณ์ หรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งวางจำหน่ายทั่วไป ดัดแปลง หรือผลิตขึ้นมาเฉพาะบุคคล เพื่อนำมาใช้ในการเพิ่มเติมดูแลรักษา หรือพัฒนาความสามารถใน การทำกิจกรรมของผู้พิการที่ใช้อุปกรณ์นั้นๆ

เบญจา ชลธารันนท์ (บทความออนไลน์, 2558) กล่าวว่า เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “เทคโนโลยีที่คนพิการใช้ ซึ่งได้มีการพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี เพื่อช่วยให้คนพิการสามารถดำรงชีวิตอิสระ (Independent Living; IL) ปฏิบัติงานและผลิตงานออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น”

Dykes และ Lee (1994) กล่าวถึงความหมายของเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “การประยุกต์เครื่องมือ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือไม่ใช่อิเล็กทรอนิกส์ ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงหรือต่ำเพื่อให้คนพิการสามารถทำกิจกรรมได้สำเร็จภายในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพิ่มศักยภาพในการเคลื่อนไหว การสื่อสาร การทำกิจกรรมในชั้นเรียน ศักยภาพในการประกอบอาชีพรวมทั้งการเข้าถึงสิ่งแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ ในระยะแรกเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกพัฒนาขึ้นเพื่อจัดทำทาง ระบบหายใจ ระบบกระดูกของคนพิการให้เหมาะสม แต่ปัจจุบันถูกนำมาใช้ในห้องเรียนมากขึ้นทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนพิการมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนในชั้นเรียน เรียนรู้และเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนได้ดี มีการผลิตด้วยวัสดุที่คงทน ยืดหยุ่น เบาและสามารถทำหน้าที่ได้หลายอย่าง อุปกรณ์บางอย่างถูกออกแบบที่เป็นสากล (Universal Design) เพื่อให้คนทั่วไปและคนพิการสามารถใช้งานร่วมกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นเทคโนโลยีเครื่องช่วยการเรียนการสอนในโรงเรียน”

Cook และ Polgar (2008) ให้ความหมาย เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “เครื่องมือ บริการ เทคนิควิธีการ และการฝึกหัดอย่างกว้าง ๆ เพื่อที่จะนำมาคิดประยุกต์ใช้ให้ตรงกับปัญหาที่คนพิการประสบอยู่ในขณะนั้น”

Stanberry และ Raskind (2008) ให้ความหมายเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง “อุปกรณ์เครื่องช่วยที่ทดแทนทักษะที่ขาดหรือบกพร่องของคนพิการ ไม่ใช่กระบวนการรักษาแต่เป็นการปรับปรุงทักษะที่บกพร่อง เช่น ทักษะการอ่าน การเขียน ทักษะการเรียน เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นการเพิ่มความไว้วางใจในตนเอง ความรู้สึกความเป็นอิสระ และมีประสบการณ์เกี่ยวกับการทำงานสำเร็จด้วยตนเอง”

จากนิยามความหมาย เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการ สามารถสรุปนิยามความหมายของเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับผู้พิการ โดยสรุปได้ว่า เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาสำหรับผู้พิการ หมายถึง “เทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นทั้งด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือบริการอื่นใด ที่ผลิตขึ้นใหม่เป็นผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายทั่วไป หรือดัดแปลงขึ้นส่วนอุปกรณ์ที่มีอยู่เดิม โดยพัฒนาให้ตรงกับความต้องการจำเป็นพิเศษของคนพิการแต่ละบุคคล หรือหลักการออกแบบอารยสถาปัตยกรรม หรือการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นเทคโนโลยีเครื่องช่วยการเรียนการสอนในโรงเรียนสำหรับนักเรียนผู้พิการให้สามารถทำกิจกรรมได้สำเร็จภายในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย เพิ่มศักยภาพในการเคลื่อนไหว การสื่อสาร สติปัญญา และการมี

ส่วนร่วมในการเรียนการสอนในชั้นเรียน รวมทั้งการเข้าถึงสิ่งแวดล้อมและแหล่งเรียนรู้ในโรงเรียน ได้ดี อันเป็นการลดอุปสรรคที่ทำให้นักเรียนผู้พิการที่มีสมรรถนะที่ต่ำกว่าคนปกติ ให้สามารถเรียนรู้และศึกษาเล่าเรียนแบบพึ่งพิงตัวเอง (Independent Living; IL) หรือพึ่งพิงผู้อื่นน้อยที่สุด”

2.2.2 สิทธิประโยชน์ของผู้พิการเพื่อการศึกษา

ปัจจุบันนักเรียนผู้พิการสามารถขอใช้บริการเพื่อการศึกษาได้ดังนี้

2.2.2.1 ขอยืมสิ่งอำนวยความสะดวก และสื่อทางการศึกษา

2.2.2.2 ขอยืมเงินเพื่อจัดซื้อสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา

2.2.2.3 ขอรับสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา สถานศึกษาตามที่ระบุไว้ในกฎกระทรวงฯ หมายถึงถึงสถานศึกษาที่จัดการศึกษา และเด็กนักเรียนผู้พิการ ดังนั้นการจัดสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษาจึงถือเป็นหน้าที่หนึ่งของสถานศึกษาที่จำเป็นต้องตระหนักถึงรูปแบบและวิธีการจัดสิ่งเหล่านี้ให้สอดคล้องกับความต้องการ ความจำเป็น ลักษณะเฉพาะ และข้อจำกัดของผู้มารับบริการเป็นเฉพาะบุคคล รวมถึงคำนึงถึงความสมเหตุสมผล ในการจัดบริการตามบริบทและศักยภาพของหน่วยงาน

2.2.3 หลักเกณฑ์การพิจารณาจัดสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อการศึกษาของผู้พิการ

2.2.3.1 อุปสรรคหรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความต้องการจำเป็นของนักศึกษา กับสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย

2.2.3.2 การจัดสิ่งอำนวยความสะดวกจะต้องช่วยลดอุปสรรคหรือข้อจำกัดดังกล่าวลง

2.2.3.3 การจัดสิ่งอำนวยความสะดวกจะต้องไม่กระทบกับสาระสำคัญของวิชา โปรแกรมบริการหรือการอำนวยความสะดวกอื่น ๆ

2.2.3.4 การจัดสิ่งอำนวยความสะดวกจะต้องไม่เป็นภาระเกินควรกับสถานศึกษา

2.2.4 ประเภทสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับนักเรียนผู้พิการ

รายการสิ่งอำนวยความสะดวก สื่อ บริการ และความช่วยเหลืออื่นใดทางการศึกษา ได้จัดทำคู่มือไว้โดยคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2554) โดยแบ่งออกเป็นบัญชีรายการครุภัณฑ์ เครื่องมือ โปรแกรม และการบริการไว้ 3 บัญชีรายการ คือ บัญชี ก บัญชี ข และบัญชี ค สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่อง 9 ประเภท โดยความแตกต่างของบัญชีรายการทั้ง 3 บัญชี กล่าวคือ

บัญชี ก หมายถึง รายการครุภัณฑ์ เครื่องมือ โปรแกรม และการบริการ ที่เด็กนักเรียนผู้พิการสามารถทำเรื่อง ขอยืม ซึ่งจะมีการพิจารณาให้ยืมโดยคณะกรรมการที่ได้รับมอบหมาย

ประจำเขตการศึกษาจะเป็นผู้พิจารณาอนุมัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ามีรายการที่ขอยืมนั้นอยู่ในบัญชีคงคลังหรือไม่ หรือจำเป็นต้องรวบรวมรายการทั้งหมดเพื่อจัดซื้อใหม่

บัญชี ข และบัญชี ค รายการครุภัณฑ์ เครื่องมือ โปรแกรม และการบริการ ที่เด็กนักเรียนผู้พิการสามารถทำเรื่องขอรับการอุดหนุน โดยรวมรายการทั้งหมดแล้วไม่เกินรายการวงเงินที่กำหนด

2.2.4.1 รายการบัญชี ก ประกอบด้วย 9 หมวด คือ อุปกรณ์ช่วยการเห็น (Visual Aids) อุปกรณ์ช่วยการได้ยิน (Hearing Aids) อุปกรณ์ช่วยการเขียน (Writing Aids) อุปกรณ์ช่วยการอ่าน (Reading Aids) เครื่องช่วยการจัดท่าทางและที่นั่ง (Positioning and Seating) คอมพิวเตอร์และการใช้งานคอมพิวเตอร์ (Computer and Computer Access) อุปกรณ์เพื่อช่วยการสื่อสาร (Communication Aids) อุปกรณ์พลศึกษาและนันทนาการ (Physical and Recreation Aids) สื่อการเรียนรู้ (Education Aids)

2.2.4.2 รายการบัญชี ข ประกอบด้วย 9 หมวดเช่นกัน ประกอบด้วย อุปกรณ์ช่วยการได้ยิน (Hearing Aids) อุปกรณ์ช่วยการเขียน (Writing Aids) อุปกรณ์ช่วยการอ่าน (Reading Aids) อุปกรณ์ช่วยในการดำเนินชีวิตประจำวัน (Daily Living Aids) คอมพิวเตอร์และการใช้งานคอมพิวเตอร์ (Computer and Computer Access) อุปกรณ์เพื่อช่วยการสื่อสาร (Communication Aids) อุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนที่ (Mobility Aids) สื่อการเรียนรู้ (Education Tools) วัสดุการทำสื่อ (Materials) อุปกรณ์พลศึกษาและนันทนาการ (Physical and Recreation Aids)

2.2.4.3 รายการบัญชี ค ประกอบด้วย บริการต่างๆ (Services)

สำหรับรายชื่อรายการครุภัณฑ์ เครื่องมือ โปรแกรม และการบริการตามที่ขึ้นบัญชีไว้ในบัญชี ก บัญชี ข และบัญชี ค สามารถศึกษาได้จากคู่มือไว้โดยคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ประจำปีการศึกษา 2553 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ <http://gtech.obec.go.th>

2.3 เทคโนโลยีติดตามดวงตา (Eye Tracking Technology)

เทคโนโลยีติดตามดวงตา เป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประยุกต์กับการสร้างรูปแบบระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ หรือ เอชซีไอ (Human Computer Interface; HCI) ภายใต้หลักการออกแบบอารยสถาปัตย์ หรือการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal Design) เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้พิการ ซึ่งเป็นปัญหาสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้อีกด้วย โดยเนื้อหาสาระในหัวข้อนี้คณะผู้วิจัยจะกล่าวถึง วิวัฒนาการความเป็นมาของเทคโนโลยีการติดตามดวงตา เทคนิควิธีการติดตามดวงตา โดยรายละเอียดมีดังนี้

2.3.1 วิวัฒนาการของระบบติดตามดวงตา (History of Eye Tracking System)

เทคโนโลยีการติดตามดวงตามีการศึกษาค้นคว้ามากกว่า 100 ปี โดยเริ่มต้นขึ้นในราวปี ค.ศ. 1800 แนวทางการศึกษาในยุคนี้มุ่งเน้นการศึกษาวิจัยทางจิตวิทยา (Psychology) โดยทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของลูกตาขณะอ่าน อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีตรวจจับและติดตามดวงตาในอดีตใช้การสังเกตการณ์โดยผู้เชี่ยวชาญ อย่างเช่น จักษุแพทย์ ต่อมาเมื่อมีการคิดค้นเทคโนโลยีตรวจจับและติดตามดวงตาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสามารถสรุปวิวัฒนาการของระบบติดตามดวงตาพอสังเขป ได้ดังนี้

ในช่วงปี ค.ศ. 1879 มีศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของดวงตาขณะอ่านข้อความโดยการสังเกตการณ์โดยตรง โดย Louis Émile Javal (1905) จักษุแพทย์ชาวฝรั่งเศสได้ศึกษาวิจัย และผลการศึกษาในครั้งนั้นพบว่า การเคลื่อนที่ของดวงตาขณะอ่านไม่ได้กวาดไปยังข้อความที่อ่านอย่างราบเรียบสม่ำเสมอ แต่การเคลื่อนที่ของดวงตาขณะอ่านจะหยุดสั้น ๆ เป็นระยะ ๆ ตำแหน่งจุดที่ดวงตาหยุดการเคลื่อนไหวเรียกว่า จุดการมอง (Eye Fixations) และจะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งด้วยการกลอกลูกตา (Saccades) อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ของตำแหน่งที่ดวงตาที่ได้จากการสังเกตการณ์ค่อนข้างขาดความแม่นยำ ดังนั้นจึงมีนักวิจัยที่คิดค้นเทคโนโลยี เครื่องมือ อุปกรณ์เพื่อช่วยให้ได้ผลลัพธ์ของตำแหน่งของสายตาให้แม่นยำขึ้น อาทิ อุปกรณ์ติดตามดวงตาที่มีลักษณะคล้ายถ้วยที่มีรูเพื่อให้ผู้รับการทดสอบมองเห็น และมีก้านต่อยื่นออกมาสำหรับวัดบนอุปกรณ์บันทึกข้อมูลขณะลูกตาเคลื่อนไหวทำให้สามารถทราบถึงลักษณะและการเคลื่อนที่ของลูกตาได้ (Delabarre E. B., 1898 : 572-574) อุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยการใส่คอนแทคเลนส์เข้าไปในดวงตา (Huey E. B., 1898 : 575-586; 1900 : 283-302)

ผลงานวิจัยของ Huey ให้ผลลัพธ์ตำแหน่งของสายตาที่มีความแม่นยำสูงในสมัยนั้น อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ติดตามดวงตามีผลกระทบกับดวงตาเพราะผู้ทดสอบต้องใส่อุปกรณ์ดังกล่าวเข้าไปในลูกตาขณะทดสอบ ผู้ทดสอบเกิดการอักเสบ และเจ็บปวดดวงตาขณะทดสอบ จากสาเหตุผลกระทบกับดวงตาผู้ทดสอบจึงทำให้นักวิจัยในสมัยนั้นร่วมกันคิดค้นเทคโนโลยีพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงที่ส่งผลกระทบต่อดวงตาน้อยที่สุด และแนวคิดการพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยหลักการใช้กล้องถ่ายภาพจึงเกิดขึ้น “Photochronograph” (Raymond D. & Sparks C. T., 1901 : 145-157) หลักการโดยคำนวณตำแหน่งของสายตาด้วยการติดตามแสงสะท้อนของกระจกตาขณะกล้องถ่ายภาพ ซึ่งหลักการนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาบนสัญญาณภาพวิดีโอในปัจจุบัน (Video-based Oculography; VOG) จากแนวคิดติดตามดวงตาโดยใช้หลักการติดตามจากแสงสะท้อนของกระจกตาขณะถ่ายภาพงานวิจัยของ Raymond และ Sparks พบว่ามีงานวิจัยที่นำแนวคิดนี้ไปใช้จนถึงปัจจุบัน

2.3.2 เทคนิควิธีการติดตามดวงตา (Eye Tracking Technique; ETT)

ปัจจุบันเทคนิควิธีการตรวจจับและติดตามดวงตาเพื่อหาตำแหน่งเพ่งมองของสายตา (Point of Gaze; POG) ถูกบัญญัติคำศัพท์ภาษาอังกฤษ คือ “Oculography” ซึ่งระบบติดตามดวงตาในปัจจุบันมีเทคนิควิธีในการตรวจจับและติดตามดวงตาหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีต้องอาศัยอุปกรณ์ อัลกอริทึม และปัจจัยที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามเราสามารถแบ่งประเภทเทคนิควิธีตรวจจับและติดตามตำแหน่งของสายตาตามลักษณะของอุปกรณ์ได้ดังนี้

2.3.2.1 เทคนิควิธีกระแสไฟฟ้ากระตุ้นกล้ามเนื้อ (Electrooculography; EOG) หลักการทำงาน ใช้ขั้วไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นแผ่นติดบริเวณกล้ามเนื้อรอบดวงตา ซึ่งในการติดตั้งใช้ผู้เชี่ยวชาญเนื่องจากจะต้องติดในตำแหน่งที่สามารถตรวจวัดการเคลื่อนที่ของลูกตาได้ แล้วดำเนินการวัดความต่างศักย์ของไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนไหวของดวงตา ตัวอย่างงานวิจัยที่นำเทคนิคนี้มาใช้ อาทิเช่น งานวิจัยของ Hess และคณะ (Hess C.W., et al., 1986 : 265-272) และงานวิจัย EagleEyes ซอฟต์แวร์เพื่อช่วยเหลือการสื่อสารของเด็กพิการของมูลนิธิช่วยเหลือผู้พิการของประเทศสหรัฐอเมริกา (Opportunity Foundation of America) (Gips J. & Olivieri P, 1996) เป็นต้น ตัวอย่างอุปกรณ์ EOG แสดงดังภาพที่ 2-1

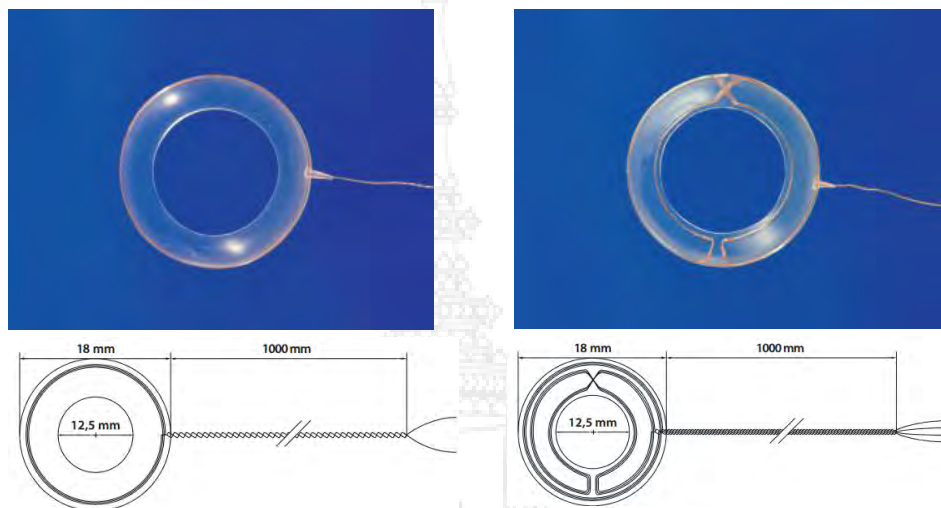


ภาพที่ 2-1 ตัวอย่างอุปกรณ์ EOG ตรวจจับการเคลื่อนไหวของดวงตา (PHYWE Systeme GmbH und Co. KG, 2016)

2.3.2.2 เทคนิควิธีใช้ขดลวดไฟฟ้า (Scleral Search Coil; SSC)

เป็นการพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่มีลักษณะเป็นคอนแทคเลนส์ที่บางและมีขนาดเล็ก ภายในคอนแทคเลนส์ติดตั้งขดลวดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไฟฟ้า เพื่อใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของลูกตา แล้วขดลวดเชื่อมต่อกับเครื่องวัดค่าความผันผวนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อ

ขดลวดโลหะเคลื่อนไหวไปตามดวงตา เทคนิควิธีนี้ให้ผลลัพธ์ของตำแหน่งของสายตา (Point of Gaze; POG) มีความแม่นยำสูง ตัวอย่างงานวิจัยเช่น ผลงานของ Robinson (1963 : 137-145) และงานวิจัยของ Duchowski (2003) เป็นต้น ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ขดลวดไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 2-2 และลักษณะการสวมใส่อุปกรณ์ติดตามดวงตาขณะทดสอบ แสดงดังภาพที่ 2-3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างอุปกรณ์ SSC ตรวจสอบการเคลื่อนไหวของดวงตา (Chronos Vision, 2014)



ภาพที่ 2-3 ตัวอย่างการใส่อุปกรณ์ SSC ขณะทดสอบการเคลื่อนไหวของดวงตา (Chronos Vision, 2014)

2.3.2.3 เทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอ (Video-base Oculography; VOG)

เทคนิควิธีนี้ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีที่รบกวนผู้ทดสอบน้อยกว่าเทคนิคอื่นที่กล่าวมาข้างต้น มีลักษณะการประมวลผลแบบเรียลไทม์

(Real-Time Processing) หลักการทำงานของเทคนิควิธีนี้ใช้กล้องดิจิทัล (Digital Camera) เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณภาพดวงตา ใช้ขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing; DIP) และหลักการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical) ในการตรวจจับและติดตามดวงตา โดยอุปกรณ์ติดตามดวงตาของเทคนิคนี้บางรุ่นติดตั้งไว้ตรงตำแหน่งด้านหน้าของจอภาพ ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องติดอุปกรณ์กับส่วนใด ๆ ของร่างกายเหมือนเทคนิควิธี EOG และ SSC โดยทั่วไปเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอประมวลผลกับสัญญาณภาพ 2 ชนิดคลื่นความถี่ คือ คลื่นแสงธรรมชาติที่มนุษย์มองเห็น (Vision Spectrum) และโหมดคลื่นแสงอินฟราเรด (Infrared Spectrum) แต่ที่นิยมใช้กันมาก คือ โหมดคลื่นแสงอินฟราเรด เนื่องจากให้ภาพดวงตาที่มีคุณสมบัติที่ชัดเจนกว่า ซึ่งส่งผลให้ผลลัพธ์ในการประมาณค่าตำแหน่งของสายตามีความแม่นยำกว่าอีกด้วย สำหรับอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอ นั้น ในระยะเริ่มแรกถูกนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัยทางการแพทย์ (Medical Research) แต่ต่อมาได้ถูกนำมาประยุกต์กับศาสตร์หลากหลายศาสตร์ อาทิเช่น การศึกษาด้านจิตวิทยาและการอ่าน (Psycholinguistics and Reading) จักษุวิทยา (Ophthalmology) ระบบประสาทวิทยา (Neuroscience) กลุ่มวิจัยเพื่อศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ (Nonhuman Primate Research) การวิเคราะห์ทางการตลาดในการบริโภคข้อมูลข่าวสารบนเว็บไซต์ของผู้ใช้งาน (Usability Testing) งานวิจัยทางการตลาด (Marketing Research) และงานวิจัยการสร้างระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Interaction Research) เพื่อช่วยเหลือด้านการสื่อสารสำหรับผู้ที่มีความบกพร่องในการปฏิบัติสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ในระบบปกติ นับได้ว่าเทคโนโลยีการติดตามดวงตาของมนุษย์สามารถตอบโจทย์ปัญหางานวิจัยได้อย่างกว้างขวาง

อุปกรณ์ติดตามดวงตาของเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอสามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่มหลักคือ อุปกรณ์ติดตามดวงตาที่พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (Commercial Eye Tracking Device) และอุปกรณ์ต้นทุนต่ำที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้งานเอง (D.I.Y Low Cost Eye Tracking Device) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้รวบรวมตัวอย่างอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานการสร้างระบบปฏิสัมพันธ์เพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ สำหรับช่วยเหลือด้านการสื่อสารสำหรับผู้พิการ (Augmentative and Alternative Communication; AAC) ไว้ดังรายละเอียดในตารางที่ 2-1 และ ตารางที่ 2-2 ตามลำดับ

โดยรายการอุปกรณ์ติดตามดวงตาและรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์ติดตามดวงตาในตารางที่ 2-1 แสดงในส่วนอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (Commercial Eye Tracking Device) และตารางที่ 2-2 แสดงรายการและรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์ติดตามต้นทุนต่ำที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้งานเอง (D.I.Y Low-Cost Eye Tracking Device)

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อุปกรณ์และระบบติดตามดวงตาที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
	<p>อุปกรณ์ Intelligaze IG-30: ผลิตภัณฑ์จากบริษัท alea technologies gmbh ประเทศเยอรมันนี้ เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาในกลุ่มต้นทุนสูง โดยซอฟต์แวร์ในระบบเป็นซอฟต์แวร์ในกลุ่ม AAC เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้พิการเป็นหลักอันประกอบด้วย:-</p> <p>Keyboard substitute (gaze writing) / Mouse substitute / Internet browsing Email / Games/ Speech synthesis/Environmental control</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ http://www.alea-technologies.de</p>
	<p>อุปกรณ์ ERICA: ผลิตภัณฑ์จาก assistireland เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาในกลุ่มต้นทุนสูง โดยซอฟต์แวร์ในระบบเป็นซอฟต์แวร์ในกลุ่ม AAC เพื่อช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้พิการเป็นหลักอันประกอบด้วย :-</p> <p>Keyboard substitute (gaze writing)/ Mouse substitute /Internet browsing /Email /Games/ Speech synthesis</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ :-</p> <p>http://www.assistireland.ie/eng/Products_Directory/</p>
	<p>อุปกรณ์ EyeTech: ผลิตภัณฑ์จากบริษัท EyeTech Digital System เป็นซึ่งจำหน่ายอุปกรณ์ติดตามดวงตาหลากหลายรุ่น โดยซอฟต์แวร์ในระบบเป็นซอฟต์แวร์ในกลุ่ม AAC และเพื่อใช้ในการวิจัยอันเกี่ยวข้องกับการติดตามดวงตา มีฟังก์ชันการทำงานประกอบด้วย :-</p> <p>Keyboard substitute (gaze writing) / Mouse substitute / Internet browsing / Email /Games / Speech synthesis</p> <p>ราคาของอุปกรณ์ : \$6,480 ถึง \$14,280</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ :-</p> <p>http://www.eyetechds.com/products.shtml</p>

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
	
	<p>อุปกรณ์ VisionKey: ผลิตภัณฑ์จากบริษัท H.K. EyeCan Ltd. เป็นอุปกรณ์และระบบสำหรับช่วยเหลือผู้พิการ หรือผู้ป่วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง โดยทั่วไปมีฟังก์ชันการทำงานประกอบด้วย :-</p> <p>Keyboard substitute (gaze writing)/ Single switch substitute/ Internet browsing/ Email/ Games/ Speech synthesis/ Environmental control</p> <p>ราคาของอุปกรณ์ : US\$4,995</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ : http://www.eyecan.ca/</p>
	<p>อุปกรณ์ GazePoint GP3 Eye Tracker</p> <p>ผลิตภัณฑ์จากบริษัท GazePoint เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำ สำหรับใช้ในงานวิจัยอันเกี่ยวข้องกับ การวิเคราะห์ข้อมูลความสนใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์ โดยมี API สำหรับการพัฒนาต่อ ยอดงานวิจัย</p> <p>ราคาของอุปกรณ์ : 495\$</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ : http://www.gazept.com/</p>

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
	<p>อุปกรณ์ SeeTech: เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนสูง สำหรับช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้ใช้ที่มีความบกพร่องทางการสื่อสาร และใช้งานคอมพิวเตอร์ด้วยมือได้ ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานประกอบด้วย :-</p> <p>Keyboard substitute (gaze writing) /Mouse substitute / Single switch substitute / Internet browsing/Email/Games/Support for book reading (turn pages etc.)/Speech synthesis/Environmental control</p> <p>ราคาของอุปกรณ์ : 8000\$ ไม่รวมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรือ 13000 รวมคอมพิวเตอร์ด้วย</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ :- http://humanelektronik.de/produkte/seetech/</p>
	<p>อุปกรณ์ Irisbond Primma: ผลิตภัณฑ์จากประเทศสเปนเป็นอุปกรณ์และระบบสำหรับช่วยเหลือผู้พิการ และใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ : http://www.irisbond.com/</p>
<p>The EyeFollower™</p>  <p>EAS Binocular</p> 	<p>อุปกรณ์ The Eyegaze Communication System: เป็นผลิตภัณฑ์ติดตามดวงตาต้นทุนสูงของบริษัท LC Technologies, Inc. ในประเทศสหรัฐอเมริกา และอุปกรณ์ติดตามดวงตาของบริษัทนี้ได้รับความนิยมและนำมาใช้ในงานวิจัยกันอย่างกว้างขวาง โดยมีจำหน่ายทั้งอุปกรณ์ในรุ่นต่างๆ และซอฟต์แวร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในส่วนของ ACC และงานวิจัยด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางการตลาด ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานประกอบด้วย :-</p>

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
<p>EAS Monocular</p> 	<p>Keyboard substitute (gaze writing) /Mouse substitute / Single switch substitute / Internet browsing/Email/Games/Support for book reading (turn pages etc.)/Speech synthesis/Environmental control</p> <p>ราคาของอุปกรณ์ : 7,250\$-13,500\$ ที่อยู่เว็บไซต์ :- http://www.eyegaze.com/</p>
<p>Model MonCvONE</p>  <p>Model MonCv3</p> 	<p>อุปกรณ์ VISIOBOARD: เป็นผลิตภัณฑ์ติดตามดวงตาต้นทุนสูงของบริษัท MetroVision ซึ่งเป็นบริษัทสัญชาติฝรั่งเศส จำหน่ายอุปกรณ์ติดตามดวงตา สำหรับงานวิจัยอันเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของดวงตา ซึ่งให้ประสิทธิภาพและความแม่นยำสูง</p> <p>ราคาของอุปกรณ์โดยประมาณ 20,000 Euros</p> <p>ที่อยู่เว็บไซต์ :- http://www.metrovision.fr/</p>
<p>Model MonPackONE</p>  <p>Tobii-Pro Tobii T60XL</p> 	<p>อุปกรณ์ติดตามดวงตาของบริษัท Tobii</p> <p>บริษัท Tobii เป็นบริษัทผู้นำด้านการพัฒนาและวิจัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ติดตามดวงตาในประเทศสวีเดน ซึ่งปัจจุบันมีตัวแทนจำหน่ายทั่วโลก โดยผลิตภัณฑ์ติดตามดวงตาของบริษัท Tobii รองรับการทำงานและงานวิจัยหลากหลายด้าน และถูกจัดแบ่งตามประสิทธิภาพการทำงานออกเป็น 4 กลุ่มหลัก คือ</p>

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
<p data-bbox="288 392 542 436">Tobii T60 & T120</p> 	<p data-bbox="885 392 1415 750">1. Tobii Pro - ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ติดตามดวงตา สำหรับงานวิจัยที่ต้องการประสิทธิภาพสูง ซึ่งอุปกรณ์ในกลุ่มนี้ค่อนข้างมีราคาสูง โดยลักษณะอุปกรณ์ติดตามดวงตาในกลุ่ม Tobii Pro ถูกออกแบบให้อุปกรณ์ติดตามดวงตาถูกผนวกรวมกับจอภาพแสดงผล</p>
<p data-bbox="288 772 766 873">Tobii-Tech 300 Hz eye tracking - Tobii TX300</p> 	<p data-bbox="885 795 1415 1153">2. Tobii Tech - เป็นฮาร์ดแวร์ต้นทุนปานกลาง ที่ต้องนำไปเชื่อมต่อกับหน้าจอคอมพิวเตอร์ปกติทั่วไป นอกจากนี้ยังรวมถึงอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่อยู่ในรูปแบบของแว่นตา เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งานกับ แอปพลิเคชันบนมือถืออีกด้วย</p>
<p data-bbox="288 1198 542 1243">Tobii X60 & X120</p> 	
<p data-bbox="288 1579 654 1624">Tobii X1 Light Eye Tracker</p> 	

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
<p>Tobii X2-30 Eye Tracker</p> 	
<p>Tobii X2-60 Eye Tracker</p> 	
<p>Tobii EyeX</p> 	<p>3. Tobii EyeX - เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาราคาต่ำ ผลิตภัณฑ์มีไว้เพื่อนำไปเป็นอุปกรณ์ที่ต้องพัฒนาต่อยอดสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะมีซอฟต์แวร์ (development kits) สำหรับนักพัฒนา</p>
<p>Tobii Glasses 1 Eye Tracker</p> 	
<p>Tobii Glasses 2</p> 	

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
<p data-bbox="300 405 730 439">Tobii Dynavox- EyeMax System</p> 	<p data-bbox="890 405 1406 898">4. Tobii Dynavox – เป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับช่วยในการสื่อสารสำหรับผู้พิการ โดยมีฟังก์ชันการทำงานหลัก ประกอบด้วย keyboard substitute (gaze writing) /mouse substitute/ Single switch substitute /Internet browsing /email/ games /support for book reading (turn pages etc.) / speech synthesis/ environmental control</p> <p data-bbox="842 909 1310 943">ที่อยู่เว็บไซต์ : http://www.tobii.com/</p>
	<p data-bbox="842 965 1406 1301">อุปกรณ์ i-Seizer Eye Tracker อุปกรณ์ติดตามดวงตาจากประเทศไต้หวัน บริษัท UTECTZONE Co., Ltd. อุปกรณ์และซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ใช้ผ่านการมองไปยังสื่อสิ่งพิมพ์โฆษณา ราคาอุปกรณ์ : 10,000\$USD เว็บไซต์ : http://www.utechzone.com</p>
	<p data-bbox="842 1424 1406 1760">อุปกรณ์ The Eye Tribe Tracker อุปกรณ์ติดตามดวงตาน้องใหม่ที่เปิดตัวช่วงปลายปี 2014 แต่จุดที่น่าสนใจของอุปกรณ์คือราคาที่ถูกที่สุดในโลก ผลงานของทีมงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยด้าน IT ของประเทศเดนมาร์ก ราคาอุปกรณ์ : 199\$USD เว็บไซต์ : https://theeyetribe.com/</p>

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างอุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำ

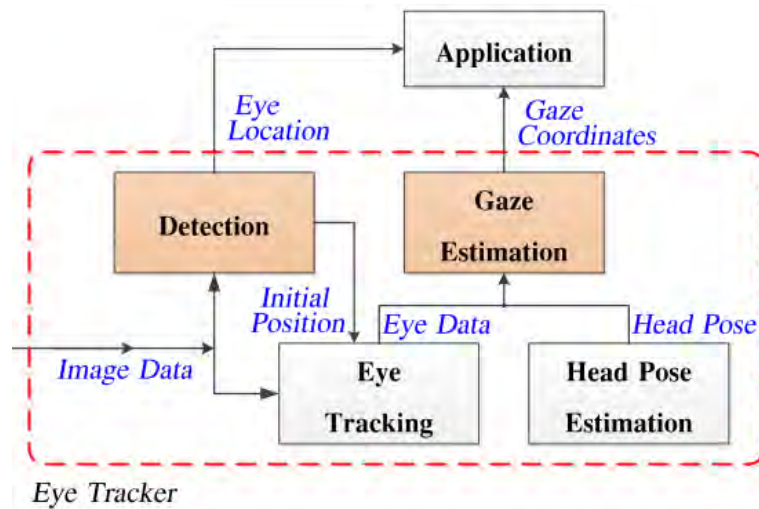
ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
	<p>โครงการวิจัย AsTeRICS พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำสำหรับช่วยเหลือผู้พิการ โดยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วนจากคณะกรรมการการยุโรป ภายใต้กรอบการพัฒนาที่ 7 หัวข้อโครงการเพื่อการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี (FP7 - 2007-2013) G.A.No. 247730 เว็บไซต์ :- http://www.asterics.eu/index.php?id=88</p>
	<p>โครงการวิจัย EyeWriter โครงการนี้คิดค้นและพัฒนาาร่วมกันของทีมงานหลายห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยทีมงานจาก Free Art and Technology (FAT), openFramework, Graffiti Research Lab และ Ebeling Group communities โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาเพื่อช่วยในการเขียนอักษรของศิลปินที่พิการ (The EyeWriter Project, 2013) เว็บไซต์ : http://www.eyewriter.org/</p>
	<p>โครงการวิจัย openEyes พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยการดัดแปลงกล้องดิจิทัลเว็บแคม กับอุปกรณ์เปล่งแสงอินฟราเรด เพื่อใช้ในงานวิจัยพัฒนาอัลกอริทึมประมาณตำแหน่งของสายตาด้วยอัลกอริทึม Starburst Algorithm (Dongheng L., et al., 2005; Dongheng L., et al., 2006) เว็บไซต์ :- http://thirtysixthspan.com/openEyes/</p>

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์	รายละเอียดและคุณสมบัติ
	<p>โครงการวิจัย Opengazer พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยกล้องดิจิทัลเว็บแคม ประมวลผลในโหมดภาพคลื่นแสงธรรมชาติ เพื่อใช้ในงานวิจัยพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์เพื่อช่วยในการสื่อสารของผู้พิการ (Xu S., et al., 2008; Xu S., et al., 2008) เว็บไซต์ :- http://www.inference.phy.cam.ac.uk/opengazer/</p>
	<p>โครงการวิจัย Pupil พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาด้วยกล้องดิจิทัลเว็บแคม ประมวลผลในโหมดภาพคลื่นความถี่อินฟราเรด โดย Pupil Project จำหน่ายชิ้นส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์อีกด้วย เว็บไซต์ :- http://pupil-habs.com/</p>

2.4 ขั้นตอนวิธีตรวจจับและติดตามดวงตา

ในหัวข้อนี้คณะผู้วิจัยกล่าวถึง ขั้นตอนวิธีการตรวจจับและติดตามดวงตาด้วยเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอ (Video-based Oculography; VOG) เนื่องจากเป็นวิธีที่คณะผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยนี้ หลักการทำงานประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการตรวจจับและติดตามดวงตา (Eye Detection and Tracking) และกระบวนการประมาณตำแหน่งเพ่งมองของสายตา (Estimate Point of Gaze) โดยกระบวนการทั้งสองต้องอาศัยหลักการและทฤษฎีในศาสตร์ของ การประมวลผลภาพ (Digital Image Processing; DIP) ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent; AI) การคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematical) และอื่นๆ สำหรับโครงสร้างแสดงกระบวนการติดตามดวงตาด้วยเทคนิควิธีใช้สัญญาณภาพวิดีโอแสดงดังภาพที่ 2-4

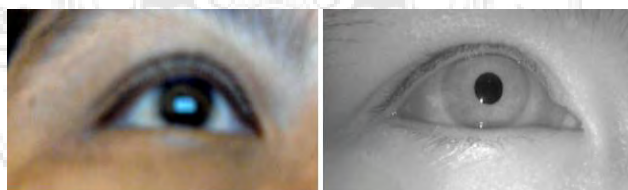


ภาพที่ 2-4 โครงสร้างกระบวนการติดตามดวงตาด้วยเทคนิคการใช้สัญญาณภาพวีดิทัศน์ (Hansen and Qiang, 2009)

จากภาพที่ 2-5 Hansen และ Qiang (2009) ได้อธิบายการทำงานของกระบวนการติดตามดวงตาด้วยเทคนิคการใช้สัญญาณภาพวีดิโอไว้ดังนี้

2.4.1 กระบวนการรับสัญญาณภาพ

เป็นกระบวนการรับข้อมูลสัญญาณภาพจากอุปกรณ์ตรวจจับ ซึ่งสำหรับเทคนิควิธีการนี้จะใช้อุปกรณ์กล้องดิจิทัล ซึ่งอาจมีได้กว่า 1 ตัว ทั้งนี้อาจติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นแสงอินฟราเรดร่วมด้วยก็ได้เมื่อต้องการให้ได้ภาพดวงตาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างภาพดวงตาบนคลื่นแสงอินฟราเรดและคลื่นแสงธรรมชาติ แสดงดังภาพที่ 2-5



(ก) คลื่นแสงธรรมชาติ

(ข) คลื่นแสงอินฟราเรด

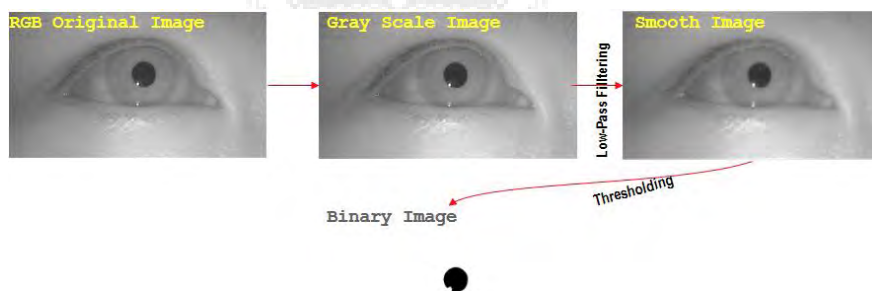
ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างผลลัพธ์ของภาพดวงตาบนคลื่นแสงต่างกัน

(Veerawan, J. and Phayung M., 2015)

2.4.2 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

ดำเนินการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่นำเข้าด้วยหลักการพื้นฐานของการประมวลผลภาพดิจิทัล (Image Enhancement) อาทิเช่น การปรับความสว่าง (Brightness) การปรับความคมชัด (Contrast) การกำจัดสัญญาณรบกวน (Reduce Noise) หรือการแปลงภาพ เช่น แปลง

ภาพโทนระดับเทา (Grayscale Image) แปลงภาพสองระดับด้วยการทำเทรชโฮลด์ (Thresholding) เพื่อแบ่งส่วนภาพดวงตากับบริเวณอื่น ๆ (Segmentation Image) ขั้นตอนวิธีการทางการประมวลผลภาพเหล่านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงภาพและได้ภาพผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับกระบวนการตรวจจับและติดตามดวงตา ตัวอย่างขั้นตอนการประมวลผลภาพสำหรับงานวิจัยตรวจจับดวงตา อาทิ งานวิจัยของ วีรวรรณ และพยุง (2557) นำเสนอการปรับปรุงภาพดวงตาที่ได้จากกล้องดิจิทัลเว็บแคมที่ติดตั้งอุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นแสงอินฟราเรด เริ่มต้นจากนำภาพดวงตาต้นฉบับมาผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ด้วยการแปลงภาพดวงตาต้นฉบับซึ่งเป็นภาพโหมดภาพสี (RGB color image) เป็นภาพโหมดขาวเทา (gray scale image) จากนั้นจากนั้นกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นจุดเล็ก ๆ (salt and pepper noise) ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian filter) จะทำให้ได้ภาพดวงตาที่มีความราบเรียบขึ้น จากนั้นแปลงภาพเป็นภาพขาวดำ (Binary Image) ด้วยตัวแบ่งค่ากั้นสี (Thresholding) ภาพผลลัพธ์จะทำให้ข้อมูลภาพบริเวณรูม่านตา และบริเวณอื่นแยกออกจากกัน ตัวอย่างภาพผลลัพธ์แสดงดังภาพ 2-6



ภาพที่ 2-6 ตัวอย่างผลลัพธ์ของภาพดวงตาในขั้นตอนการประมวลผลภาพ (Veerawan, J. and Phayung M., 2015)

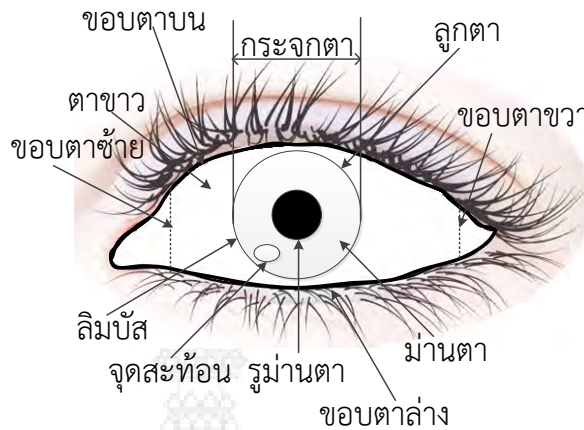
2.4.3 กระบวนการตรวจจับบริเวณดวงตา (Eye Detection)

เป็นการนำภาพที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพเรียบร้อยแล้ว มาดำเนินการตรวจจับบริเวณดวงตา โดยทั่วไปประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.4.3.1 การค้นหาคุณลักษณะเฉพาะของดวงตา (Eye Feature Extraction)

เป็นกระบวนการค้นหาบริเวณของดวงตาจากภาพต้นฉบับที่รับเข้ามา โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพของดวงตามนุษย์ กล่าวคือ ลูกตา (Eyes Ball) เป็นอวัยวะสำคัญสำหรับการมองเห็น ลูกตาอยู่ตรงกลางของกรอบตา (Eye Frame) มีลักษณะเป็นทรงกลม (Circular) ผิวชั้นด้านนอกสุดคือกระจกตา (Cornea) มีลักษณะใสคล้ายกระจกสามารถสะท้อนแสงได้ ชั้นถัดมา

เป็นม่านตา (Iris) ภายในม่านตาจะมีวงกลมเล็ก ๆ อยู่กลางของม่านตา และมีสีที่เข้มกว่าบริเวณอื่น เรียกว่า รูม่านตา (Pupil) โครงสร้างทางกายวิภาคของดวงตามนุษย์แสดงดังภาพที่ 2-7



ภาพที่ 2-7 โครงสร้างทางกายวิภาคภายนอกของดวงตามนุษย์ (วีรวรรณ และพยุง, 2557)

คุณลักษณะเฉพาะของดวงตา (Eye Feature) ที่ใช้สำหรับตรวจหาบริเวณของดวงตา ประกอบด้วย ม่านตา (Iris) รูม่านตา (Pupil) มุมของตา (Corners) ระยะห่างของตา (Between the Eyes) และองค์ประกอบโดยรวม (Entire Eye) คุณสมบัติเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เพื่อองค์ประกอบสำคัญในการที่จะทำให้คอมพิวเตอร์ทราบว่าเป็นบริเวณใดของภาพคือดวงตา สำหรับวิธีการที่นำมาใช้สกัดคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นวิธีการที่นิยมใช้ คือ การหาจากคุณลักษณะของรูปทรง (Shape base Method) โดยรูปทรงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาคุณลักษณะของดวงตา อาทิเช่น ทรงกลม (Circular Shape) รูปทรงทรงรี (Ellipse Shape) หรือใช้ทั้งสองรูปทรงร่วมกัน (Complex Shape) (วีรวรรณ และพยุง, 2557) ดำเนินการตรวจจับบริเวณดวงตาโดยเลือกใช้คุณลักษณะของดวงตาข้างต้น

2.4.3.2 การตรวจหาบริเวณดวงตา (Region of Interest; ROI)

เทคนิควิธีที่นำมาใช้ในการหาบริเวณของดวงตามีอยู่หลากหลายวิธี ซึ่งอาจแบ่งออกได้ 4 วิธีการหลักได้ดังนี้

ก) วิธีการอาศัยองค์ความรู้ (Knowledge-based Method)

เป็นวิธีการที่ใช้หลักเกณฑ์พื้นฐานความรู้ของมนุษย์ด้วยการวิเคราะห์ส่วนประกอบบนใบหน้า เช่น ใช้กฎเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจโดยการสังเกตจากความเข้มแสงของพิกเซลของภาพ

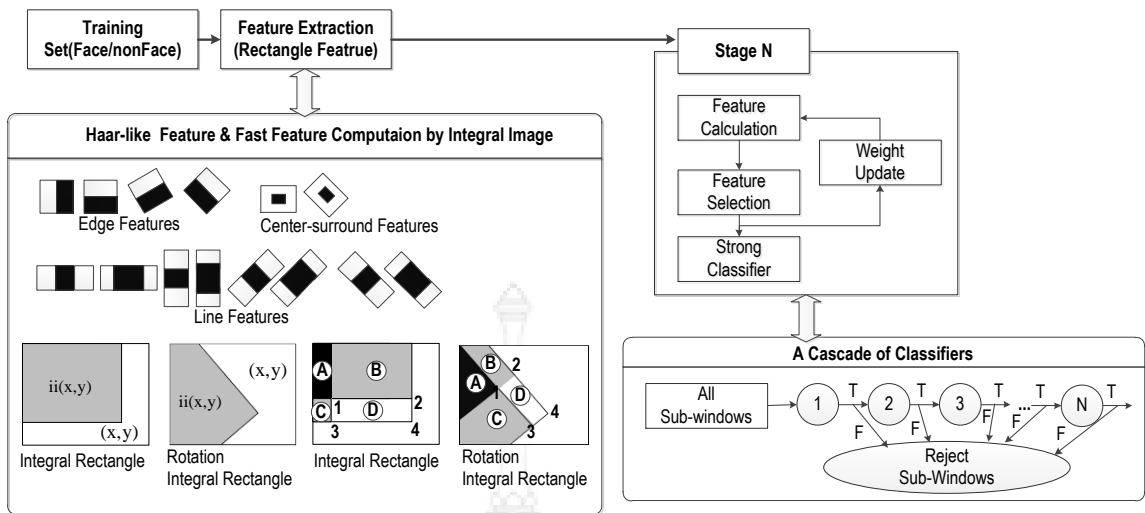
ข) วิธีการไม่เปลี่ยนแปลงของลักษณะ (Feature Invariant Method) วิธีการนี้ใช้คุณลักษณะเฉพาะที่ไม่เปลี่ยนแปลงในเรื่องของตำแหน่ง และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

ค) วิธีการหาคู่โดยอาศัยต้นแบบ (Template Matching)

วิธีการนี้ใช้แม่แบบมาตรฐาน (Standard Template) ของใบหน้าที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าด้วยมือที่เรียกว่า “Predefined Face Templates” หรือกำหนดโดยฟังก์ชัน จะเรียกว่า “Deformable Templates”

ง) วิธีการอาศัยหลักการพื้นฐานของภาพที่ปรากฏ (Appearance-based Method) วิธีการนี้ใช้โมเดลที่ได้จากการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning) ด้วยศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) จากกลุ่มของรูปภาพใบหน้าตัวอย่างทั้งที่เป็นใบหน้า และไม่ใช่ใบหน้า แล้วใช้โมเดลทางสถิติยืนยันใบหน้า เทคนิควิธีที่ใช้วิธีการนี้ เช่น เทคนิควิธีใบหน้าไอเกน (Eigen Face) เทคนิควิธีรูปแบบของแบบจำลองการกระจาย (Distribution-base) การใช้แบบจำลองฮิดเด็นมาคอฟ (Hidden Markov Model; HMM) และเทคนิควิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine; SVM) การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยบางส่วนที่นำศาสตร์ด้านการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Computation; EC) และศาสตร์การแก้ปัญหาชาญฉลาดเชิงกลุ่ม (Swarm Intelligence)

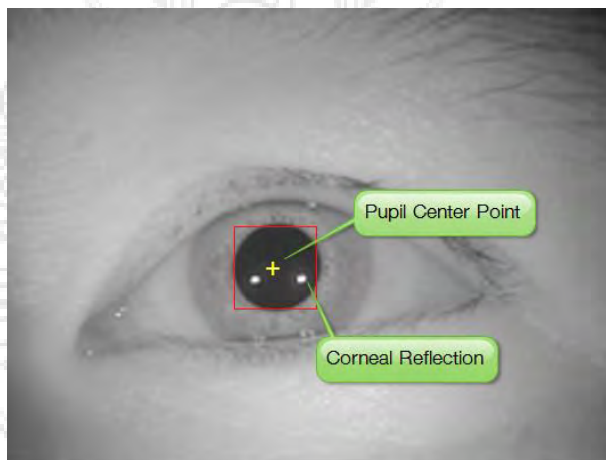
อย่างไรก็ตามในช่วงปี ค.ศ. 2001 เทคนิควิธีที่ให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับสูง ที่มาพร้อมกับความเร็วในการประมวลผล ถูกนำเสนอโดย Viola-Jones Method ซึ่งเทคนิควิธีการนี้ได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลาย เทคนิคตรวจจับวัตถุของ Viola-Jones ใช้ฮาร์เวฟเลต (Haar Wavelet) เป็นเวฟเลตแม่ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discrete Function) เพื่อใช้กำหนดรูปแบบตัวตรวจหาคุณลักษณะบนวัตถุที่ต้องการจากภาพนำเข้า ตัวตรวจหาของ Viola-Jones เรียกว่า “Haar Like Feature” หลักการทำงานพื้นฐานของเทคนิคการตรวจหาดวงตาของวิธี Viola-Jones กล่าวคือ การนำภาพอินพุตมาแบ่งออกเป็นภาพย่อย (Sub-window) และภาพย่อยที่แบ่งได้เป็นภาพนำเข้าของกระบวนการคำนวณหาค่าคุณลักษณะบนใบหน้า (Feature) ด้วยการคำนวณแบบอินทิกรัลภาพ (Integral Image) โดยทำการตรวจหาหลาย ๆ รอบ โดยแต่ละรอบจะใช้ขนาดของตัวตรวจหาแตกต่างกัน จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากอินทิกรัลภาพเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ด้วยเอดาบัส (Adaboost) และนำผลลัพธ์มาจัดเรียงกลุ่มเพื่อหาคำตอบด้วยเทคนิคการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเนื่อง (Cascaded Classifier) โครงสร้างหลักการทำงานดังภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 โครงสร้างกระบวนการตรวจหาองค์ประกอบใบหน้าของวิธี Viola-Jones

2.4.3.3 การตรวจหาบริเวณดวงตา (Region of Interest; ROI)

ตำแหน่งจุดอ้างอิงของดวงตาสำหรับงานวิจัยติดตามตำแหน่งของสายตา ที่นิยมใช้กันมาก คือ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางของรูม่านตา (Pupil Center Point; PCP) และตำแหน่งสะท้อนของกระจกตา (Corneal Reflection) ตัวอย่างดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 ตำแหน่งจุดอ้างอิงที่นิยมใช้ในงานวิจัยประมาณค่าตำแหน่งของสายตา (Javadi, A. H., et al., 2015);

ตำแหน่งจุดกึ่งกลางรูม่านตา (PCP) สามารถคำนวณได้จากการใช้อัลกอริทึมค้นหาความคล้ายรูปทรงกลม (Hough Circle Transform; CHT) (Gao J., et al., 2009 : 751-754) อัลกอริทึม CHT เป็นที่นิยมและใช้กันมากสำหรับงานวิจัยที่ค้นหาวัตถุรูปทรงกลมภายใน

ภาพ และเมื่อพบรูปทรงกลมภายในภาพดวงตา จึงดำเนินการคำนวณจุดกึ่งกลางของวงกลมด้วยหลักการวัดระยะทางยูคลิด (Euclidean Distance)

2.4.3.5 การติดตามดวงตา (Eye Tracking)

เป็นการติดตามตำแหน่งอ้างอิงของสายตา โดยทั่วๆไปคือบริเวณจุดกึ่งกลางของรูม่านตา (Center of Pupil) หรือตำแหน่งของจุดสะท้อนของกระจกตา (Corneal Reflection) บนเฟรมภาพสัญญาณภาพวิดีโอ (VOG) โดยทั่วไปหลักการของการติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุเป้าหมาย คือ การวิเคราะห์ความต่างของข้อมูลภาพจากเฟรมภาพเริ่มต้นกับข้อมูลเฟรมภาพปัจจุบัน ผลลัพธ์ที่ได้คือ พิกัดตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายที่ต้องการติดตาม ปัจจุบันขั้นตอนวิธีสำหรับติดตามตำแหน่งของวัตถุที่ได้รับความนิยม อาทิเช่น ขั้นตอนวิธีย้ายตำแหน่งไปยังค่ากลางของการกระจายความหนาแน่นของข้อมูลซึ่งเรียกว่า ขั้นตอนวิธีมีนชิฟ (Mean-Shift Algorithm) ซึ่งในเวลาต่อมา Bradski และ Kaebler (2008) ซึ่งได้พัฒนาขั้นตอนวิธีมีนชิฟกับสัญญาณภาพวิดีโอจากกล้องเว็บแคม และเรียกชื่อขั้นตอนวิธีใหม่นี้ว่า ขั้นตอนวิธีแคมชิฟ หรือ ขั้นตอนวิธีย้ายตำแหน่งเข้าสู่ค่ากลางอย่างโดยการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง (Continuously Adaptive Mean Shift : CAMShift) อีกขั้นตอนวิธีหนึ่งก็คือ ขั้นตอนวิธีลูคัส-คานาเด (Lucas and Kanade; LK) เป็นขั้นตอนวิธีนี้ใช้หลักการของแสงในการติดตามวัตถุ เป็นต้น

2.4.3.6 การประมาณค่าตำแหน่งของสายตา (Gaze-point Estimation)

เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณพิกัดตำแหน่งของสายตาที่เพ่งมองบนจอภาพ โดยทั่วไปมักใช้แบบจำลองเรขาคณิต (Geometric Model) (Takahiro, et al., 2004) อย่างไรก็ตามการประมาณค่าตำแหน่งของสายตา ผู้ใช้งานต้องดำเนินการปรับเทียบตำแหน่งของสายตาทุกครั้ง (Eye Calibration) เพื่อให้ได้พิกัดตำแหน่งอ้างอิงของดวงตา และพิกัดมุมอ้างอิงบนจอภาพ ซึ่งในงานวิจัยอาจนำตำแหน่งของศีรษะมาช่วยในการประมาณค่าสายตาด้วย เพื่อเพิ่มความถูกต้องของตำแหน่งของสายตา การประมาณค่าตำแหน่งของสายตาจะนำพิกัดอ้างอิงเหล่านี้มาคำนวณเพื่อประมาณค่าตำแหน่งสายตา (POG) โดยทั่วไปใช้หลักการแปลงพิกัดแบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติก็ได้ หลักการคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการประมาณค่าตำแหน่งของสายตาที่นิยมใช้มีอยู่ 2 หลักการคือ การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) และการถดถอย (Regression) ซึ่งตำแหน่งของสายตาที่ประมาณได้จะถูกนำไปใช้แทนตำแหน่งของอุปกรณ์ตัวชี้ของระบบคอมพิวเตอร์เพื่อประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ ในการใช้งานคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.5 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.5.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือที่เรียกย่อๆ กันว่า ซีเอไอ (CAI) มาจากคำในภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction โดยราชบัณฑิตยสถานได้บัญญัติศัพท์คำไว้เป็น การสอน

โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ซึ่งไม่ได้ความนิยมใช้ และนิยามความหมายไว้ว่า เป็นการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างไรก็ตามนักวิชาการของไทยได้ให้ความหมายคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้หลากหลายกันไปดังนี้

ศิริชัย สวนแก้ว (2534) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นการประยุกต์นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน ด้วยการพัฒนาโปรแกรมขึ้นที่เรียกว่า Courseware และถูกบันทึกในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์และพร้อมที่จะเรียกใช้งานได้ตลอดเวลา โดยโปรแกรมจะนำเสนอเนื้อหาวิชาโดยตรงไปยังผู้เรียนผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ด้วยรูปแบบการนำเสนอเนื้อหา เช่น การนำเสนอแบบติวเตอร์ (Tutorial) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulations) หรือแบบการแก้ไขปัญหา (Problem Solving) เป็นต้น การเรียนในลักษณะนี้ผู้เรียนสามารถมีส่วนร่วมกับสื่อได้ เช่น การตอบคำถามเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการพิมพ์ผ่านแป้นคีย์บอร์ด ผลลัพธ์ของการตอบคำถามจะถูกประเมินโดยคอมพิวเตอร์ และจะเสนอแนะขั้นตอนหรือระดับในการเรียนขั้นต่อไป กระบวนการเหล่านี้เป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์

ยีน ภู่วรรณ (2542 : 271) ได้กล่าวถึงคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบมาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียน แต่ละคน

กิดานันท์ มลิทอง (2543) ได้กล่าวถึง คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง สื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง ผู้เรียนสามารถโต้ตอบระหว่างกันกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เปรียบเสมือนการโต้ตอบในสภาพการเรียนการสอนปกติในห้องเรียนระหว่างนักเรียนกับครู นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังช่วยกระตุ้นเสริมแรงให้ผู้เรียนได้ด้วยการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้แบบทันที

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2546) กล่าวว่า เป็นสื่อการสอนที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูงที่ทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ มีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ทันที เป็นการช่วยเสริมแรงแก่ผู้เรียน ซึ่งบทเรียนจะมีทั้งระบบภาพ เสียง ตัวอักษร ที่เป็นสื่อประสม หรือมัลติมีเดีย (Multimedia) ที่ให้ผู้เรียนเพลิดเพลินไปกับการเรียนด้วย อาจใช้ในการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผล ผู้เรียนแต่ละคนได้ภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์อันเป็นการตอบสนองการเรียนรู้อันเป็นรายบุคคล และผลการเรียนสามารถบันทึกเก็บไว้เพื่อเปรียบเทียบผลกับเกณฑ์มาตรฐานได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถใช้คอมพิวเตอร์ในการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางระบบเครือข่าย

จิณพิชญ์ชา มะมม (2557) ให้ความหมายไว้ว่า เป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาที่นำมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นอิสระ และเพิ่มประสิทธิภาพทั้งการเพิ่มความรู้และการพัฒนาทักษะความสามารถในการปฏิบัติการ โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอนประกอบด้วยข้อความ สื่อวีดิทัศน์ และเสียงควบคู่กับการเลือกใช้ภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย มีความคงคนในการจำ ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ และช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและตั้งใจเรียน ทำให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่กำหนดภายใต้การให้ความสำคัญกับความจำเป็นปัจเจกบุคคล

จากความหมายดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ เทคโนโลยีทางการศึกษาที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนโดยพัฒนาในรูปแบบของซอฟต์แวร์นำเสนอเนื้อหา รายวิชา แบบฝึกหัด หรือแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย ประกอบด้วย ภาพ เสียง ตัวอักษร ดนตรีประกอบ และสื่อวีดิทัศน์ เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและตั้งใจเรียนส่งผลให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนที่กำหนดภายใต้ความจำเป็นปัจเจกบุคคล ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบระหว่างกันกับคอมพิวเตอร์ได้ผ่านอุปกรณ์ของระบบคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ข้อมูลการเรียนรู้ กิจกรรมต่าง ๆ และผลการเรียนของผู้เรียนยังถูกเก็บบันทึกไว้อย่างเป็นระบบ โดยเนื้อหาถูกจัดเตรียมในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ไฟล์ที่เปิดใช้งานโดยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั้งแบบออฟไลน์ (Offline) และแบบออนไลน์ (Online) ในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อาจใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือวัดผลการศึกษา

2.5.2 ขั้นตอนวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กระบวนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยทั่วไปใช้แบบจำลองในการออกแบบเชิงระบบ (Systematic Design Method) มาเป็นแนวทางในการพัฒนา โดยแบบจำลองเชิงระบบของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีอยู่ด้วยกันหลายแบบจำลอง อาทิเช่น แบบจำลองเชิงระบบของไบลเลอร์และฮอลล์ (Roblyer and Hall) แบบจำลองเชิงระบบของอเลสซีและโทรลิป (Alessi and Trollip) ซึ่งแบบจำลองของอเลสซีและโทรลิปเป็นที่แพร่หลายและนิยมใช้อย่างมาก เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ง่ายมีความละเอียดชัดเจน มีการทดสอบการใช้บทเรียนระหว่างการพัฒนา เน้นการทำงานที่เป็นทีมโดยใช้เวลาในช่วงของขั้นตอนการปรึกษาหารือและวางแผนการวิเคราะห์และออกแบบมากกว่าขั้นตอนการสร้างบทเรียน โดยแบ่งขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 7 ขั้นตอนหลัก (Alessi and Trollip, 1991, อ้างถึงใน ถนอมพร เลหาจรัสแสง, 2541) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (Preparation)

เป็นขั้นตอนในการเตรียมพร้อมก่อนดำเนินการออกแบบบทเรียน โดยเริ่มต้นจากกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่ชัดเจน ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทรัพยากรสารสนเทศทั้งหมดที่เกี่ยวข้องของเนื้อหา ออกแบบและพัฒนาบทเรียนควบคู่กับการเรียนรู้เนื้อหา รวมทั้ง

ระดมความคิดจากหลายฝ่ายเพื่อสร้างสรรค์ความคิดให้เนื้อหา มีความสมบูรณ์และสอดคล้องกับ
เป็นหมายและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (Design Instruction)

เป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมถึงการทอนความคิด การวิเคราะห์งานและแนวคิด การ
ออกแบบบทเรียนขั้นแรกและการประเมินและแก้ไขการออกแบบ ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนนี้
เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการประเมินบทเรียนที่ได้ออกแบบให้มีความสมบูรณ์ถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน (Flowchart Lesson)

ดำเนินการเขียนผังงานเพื่อวางลำดับเนื้อหาออกมาเป็นโครงสร้างที่ชัดเจน และมี
ปฏิสัมพันธ์ที่สม่ำเสมอ และสามารถนำไปแก้ไขปรับปรุง หรือแก้ไขข้อบกพร่องบางส่วน ก่อน
นำไปสร้างเป็นสตอรี่บอร์ด และพัฒนาต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (Create Storyboard)

สตอรี่บอร์ดเป็นเครื่องมือบับร่างของการนำเสนอเนื้อหา โดยนำข้อความ ภาพ
รวมทั้งสื่อรูปแบบมัลติมีเดียต่าง ๆ ร่างลงบนกระดาษเพื่อให้เกิดความชัดเจนและเป็นรูปธรรม
นอกจากนี้ยังรวมถึงการเขียนสคริปต์บรรยายเนื้อหาบทเรียน ซึ่งสตอรี่บอร์ดที่พัฒนาขึ้นต้อง
ได้รับการประเมินร่วมกันของทีมงาน เนื่องจากจะถูกใช้เป็นแบบร่างในการพัฒนาสื่อจริงด้วย
โปรแกรม

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม (Program Lesson)

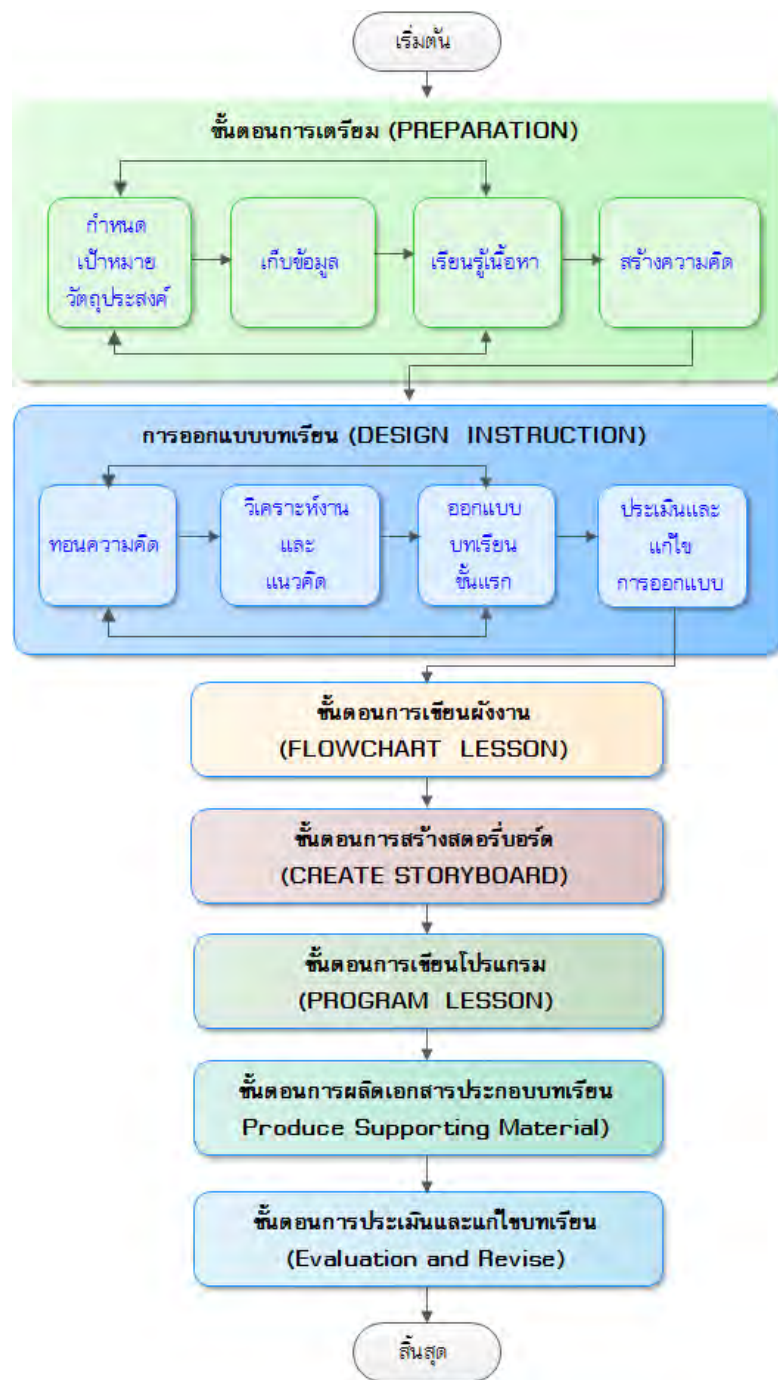
เป็นการนำสตอรี่บอร์ดที่ได้ผ่านการอนุมัติแล้วมาสร้างบนเป็นสื่อด้วยโปรแกรมสร้าง
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Authoring System) อาทิ Macromedia Authorware,
Macromedia Director, Multimedia ToolBook, Adobe Captivate 5 และ Adobe Flash
เป็นต้น การเลือกใช้โปรแกรมขึ้นอยู่กับผู้พัฒนา และงบประมาณ และทรัพยากรที่มีอยู่

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (Produce Supporting
Material) เอกสารประกอบบทเรียนสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย คู่มือผู้เรียน
คู่มือผู้สอน คู่มือสำหรับการแก้ไขปัญหาด้านเทคนิคต่าง ๆ และเอกสารเพิ่มเติมอื่น ๆ

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (Evaluation and Revise)

เป็นการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้นต่อผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ
ทั้งด้านเนื้อหาและเทคโนโลยีสื่อการศึกษา เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะและนำไปปรับปรุงต่อไป
นอกจากนี้ยังรวมทั้งการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้งานเบื้องต้นกับผู้เรียน
กลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเบื้องต้นและนำปัญหา หรือ
ข้อบกพร่องที่พบมาปรับปรุงแก้ไขด้วยเช่นกัน

สำหรับแผนผังแสดงกระบวนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ
ของอเลสซีและโทรลิปแสดงดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 โครงสร้างกระบวนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของอเลสซี่และโทรลิป (อ้างถึงใน ถนอมพร เลหาจรัสแสง, 2541)

2.5.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้งานกันในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน สำหรับการจัดประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีนักวิชาการทางการศึกษาได้จัดประเภทคล้ายกัน สามารถสรุปได้ดังนี้ (กิตานันท์ มลิทอง, 2543; บุญเกื้อ ควรหาเวช, 2545; สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2549)

2.5.3.1 ประเภทการสอน (Tutorial Instruction)

เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นำเสนอเนื้อหาความรู้แก่ผู้เรียน ในรูปแบบของข้อความ เสียง ภาพ หรือสื่อมัลติมีเดีย ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และวัดผลการเรียนด้วยการตอบคำถามแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัด ซึ่งผู้เรียนจะทราบผลการทดสอบทันที ทำให้ผู้เรียนทราบถึงระดับความรู้ความเข้าใจของตนและเลือกเรียนเนื้อหาบทเรียนอย่างเป็นอิสระตามความต้องการ

2.5.3.2 ประเภทแบบฝึกหัด (Drill and Practice)

เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นำเสนอในลักษณะข้อความในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การจับคู่ เติมคำ พรนัย ถูกผิด เป็นต้น วัตถุประสงค์หลักของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ คือ ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทำแบบฝึกหัดจนเข้าใจเนื้อหาบทเรียนได้

2.5.3.3 ประเภทเหตุการณ์จำลอง (Simulation)

เป็นการจำลองสถานการณ์ โดยกำหนดให้ผู้เรียนสัมผัสกับเหตุการณ์ในลักษณะใกล้เคียงกับของจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจเหตุการณ์ และการเรียนรู้ที่จะควบคุมสถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้น เช่น การจำลองเนื้อหาที่ไม่สามารถทดลองได้จริงในห้องปฏิบัติการ หรือในการทดลองที่ใช้ต้นทุนสูง หรือการทดลองที่เกิดความอันตราย เป็นต้น

2.5.3.4 ประเภทเกมส์ทางการศึกษา (Educational Game)

เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มุ่งเน้นการสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความสุขเพลิดเพลิน เพื่อช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสุขสนุกสนานเพลิดเพลินขณะเดียวกันก็ได้รับความรู้ไปในเวลาเดียวกัน

2.5.3.5 ประเภทแบบทดสอบ (Test)

มีลักษณะการจัดการสอบด้วยการสร้างแบบทดสอบ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และเมื่อผู้เรียนทดสอบแบบทดสอบเสร็จ จะทราบผลคะแนนการสอบทันที โดยลักษณะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้จะประกอบด้วย การสร้างข้อสอบ การจัดการข้อสอบ การตรวจสอบและให้คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบ และการจัดการสุ่มข้อสอบ

2.5.3.7 ประเภทสาธิต (Demonstration)

เป็นสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นำเสนอเนื้อหาในลักษณะสาธิตคล้ายผู้สอน สาธิตให้ผู้เรียนดูหน้าชั้นเรียนปกติ โดยดึงความสามารถของคอมพิวเตอร์ในด้านกราฟฟิก และอนิเมชัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและตั้งใจเรียน

2.5.3.8 ประเภทการค้นพบ (Discovery) หรือไต่ถาม (Inquiry)

นำเสนอข้อมูลและระบบการทำงานเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาที่ได้มอบหมายให้กับผู้เรียน เพื่อทดลองผิดลองถูก ด้วยการค้นหาข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ที่จัดเตรียมไว้

2.5.3.9 ประเภทแก้ปัญหา (Problem Solving)

นำเสนอโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณและหาคำตอบของปัญหาที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกการคิด และการตัดสินใจโดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้ผู้เรียน แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาตามเกณฑ์

2.5.3.10 แบบรวมวิธีต่างๆ เข้าด้วยกัน (Combination)

เป็นการประยุกต์รูปแบบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเภทต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งนี้ ตามวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอ

2.5.4 ขั้นตอนหลักและเกณฑ์ในการทดสอบประสิทธิภาพ

2.5.4.1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียน

โดยทั่วไปการประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีวิธีการทดสอบ 2 แนวทาง คือ การทดสอบโดยใช้แบบฟอร์มการประเมินผลบทเรียน (Courseware Evaluation) และการทดสอบโดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Developmental Testing) (ไพโรจน์ ตรีธรรนากุล, 2528) รายละเอียดการวิธีการทดสอบบทเรียนในแต่ละแนวทางดังนี้

ก) การใช้แบบฟอร์มประเมินบทเรียน (Courseware Evaluation Form) เป็นการตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Quality Evaluation) โดยการสร้างแบบฟอร์มประเมินคอร์สแวร์แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา และเทคโนโลยีทางการศึกษาเป็นผู้ประเมิน เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าสื่อมีโครงสร้างของบทเรียน กระบวนการ และเทคนิคการนำเสนอที่สมบูรณ์และเหมาะสม โดยทั่วไปใช้วิธีวัดแบบสเกล (Scale) พร้อมกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นรายด้าน ประกอบด้วย ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพการสอน ด้านเทคนิคการนำเสนอ เป็นต้น

ข) การใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเมินบทเรียน เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การเรียนรู้เพิ่มขึ้น อย่างเป็นขั้นตอนและตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด การทดสอบประสิทธิภาพแนวทางนี้มุ่งเน้นคุณภาพในเชิงวิชาการ โดยทั่วไปนิยมแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการทดสอบเบื้องต้น (Try Out)

เป็นการทดสอบการใช้งานบทเรียนเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามประเภทของสื่อ แล้วผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไขบทเรียนให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพถึงเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดไว้ จึงจะถือได้ว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ การทดสอบเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังนี้

การทดลองแบบเดี่ยว (Individual Testing) เป็นการทดลองใช้ขั้นแรกใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1-3 คน ที่มีระดับการเรียนรู้ เก่ง ปานกลาง และอ่อน ผลการประเมินที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการปรับปรุงบทเรียน

การทดลองแบบกลุ่ม (Group Testing) เป็นการทดลองรอบที่สองโดยนำบทเรียนที่ได้รับการปรับปรุงจากการทดลองขั้นแรกทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6-12 คน ที่มีระดับการเรียนรู้แตกต่างกัน แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงบทเรียนให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การทดสอบแบบภาคสนาม (Field Testing) เป็นการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง หรือกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คนขึ้นไป ที่มีความระดับการเรียนรู้แตกต่างกัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในการทดลองนี้จะนำมาเทียบกับเกณฑ์เป้าหมายประสิทธิภาพของสื่อ

ขั้นตอนการทดสอบใช้งานจริง (Trial Run)

เป็นการทดสอบการใช้งานบทเรียนที่ได้รับการปรับปรุงจากขั้นตอนการทดสอบเบื้องต้น ใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างจริง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพบทเรียนที่พัฒนาขึ้นว่ายังมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์เป้าหมายที่กำหนดในสถานการณ์จริง ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพในขั้นทดลองใช้จริง จะช่วยให้ผู้พัฒนานำไปปรับปรุงให้บทเรียนมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นก่อนการนำไปเผยแพร่แจกจ่าย หรือนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

2.5.4.2 เกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพบทเรียน

โดยทั่วไปเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย 3 เกณฑ์ คือ

ก) **เกณฑ์ความก้าวหน้า :** เป็นการกำหนดเกณฑ์ความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อเทียบค่าความรู้ในตัวผู้เรียน สมมติฐานที่นำมาใช้ คือ ก่อนการใช้บทเรียนผู้เรียนในระดับหนึ่ง และเมื่อได้ผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนแล้วจะมีขีดความสามารถในการทดสอบแบบทดสอบหลังเรียนได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.1 หรือ 0.5 หรือตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งค่าของความแตกต่างจะสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของบทเรียนว่ามีประสิทธิภาพทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นเพียงใด อย่างไรก็ตามคุณภาพของแบบทดสอบก่อน

เรียนและแบบทดสอบหลังเรียนที่นำมาใช้ต้องเป็นที่น่าเชื่อถือได้ เช่นเดียวกันผลของความแตกต่างที่ออกมาจึงจะเป็นที่ยอมรับได้

ข) **เกณฑ์สมดุลงของบทเรียน** : เป็นการกำหนดเกณฑ์ความสมดุลงของอัตราส่วนระหว่างประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process- E_1) กับเกณฑ์ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (Efficiency of Product- E_2) หรืออัตราส่วน E_1/E_2 โดยเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1 คือ คะแนนที่ได้จากผลการทำกิจกรรม หรือแบบฝึกหัดต่าง ๆ ในช่วงของการใช้บทเรียน และเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_2 คือ คะแนนที่ผู้เรียนทำได้จากการทดสอบหลังเรียน โดยทั่วไปเกณฑ์การกำหนดค่า E_1 และ E_2 จะอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 70 ถึง ร้อยละ 90 (Bloom, 1956)

ค) **เกณฑ์คุณภาพ** : เป็นการประเมินผลที่เกิดทางนามธรรม เช่น ความพึงพอใจคุณลักษณะที่เกิดขึ้นจากการใช้งานบทเรียน อาทิ ความพึงพอใจของผู้เรียน ผู้สอน หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องมีเครื่องมือในการวัดเช่น แบบประเมิน แบบสังเกต หรือแบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือ เป็นต้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่นำระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาตามาประยุกต์กับงานทางด้านการศึกษาในประเทศพบว่ายังไม่เป็นที่นิยมและแพร่หลาย ทั้งนี้อาจเนื่องจากในอดีตต้นทุนของอุปกรณ์ติดตามดวงตาค่อนข้างสูง แต่ในต่างประเทศพบว่า มีนักวิจัยให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าการนำเทคโนโลยีติดตามดวงตาประยุกต์ใช้กับงานด้านการศึกษาเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามรูปแบบการนำมาประยุกต์ใช้มีหลากหลายตามวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย การประยุกต์ใช้กับงานวิจัยด้านการรับรู้ทางภาษา เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเคลื่อนที่ของสายตาขณะอ่านมาใช้ในการศึกษาปัจจัยต่าง ในการรับรู้ทางภาษาของมนุษย์ อาทิเช่น งานวิจัยของ Shatman และ McQueen (2006) ศึกษาชั้นลักษณะที่มีผลต่อการรับรู้คำใหม่ด้วยการวิเคราะห์ตำแหน่งสายตาขณะอ่าน งานวิจัยของ Blythe และคณะ (2012) ได้ศึกษาพฤติกรรมกรรมการเคลื่อนที่ของดวงตาขณะอ่าน เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนจากการแทรกช่องว่างระหว่างคำในภาษาจีน เป็นต้น การวิจัยเพื่อประยุกต์กับการจัดรูปแบบการนำเสนอของเนื้อหาสื่อการเรียนการสอน ตัวอย่างงานวิจัยเช่น ผลงานวิจัยของ Gutl และคณะ (2004) ได้พัฒนาซอฟต์แวร์ที่ชื่อว่า AdELE ย่อมาจาก A Framework for Adaptive E-Learning through Eye Tracking งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมของผู้เรียนด้วยการตรวจจับและติดตามตำแหน่งของสายตาเพื่อนำไปใช้ในการจัดตำแหน่งองค์ประกอบของสไลด์อีเลิร์นนิ่งงานวิจัยของ Meyer และคณะ (2010) ดำเนินการศึกษาวิจัยอัตราความเร็วในการนำเสนอสื่อกับผลกระทบบการรับรู้และความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำผลการวิจัยปรับปรุงความเร็วในการนำเสนอเนื้อหา

และงานวิจัยของ Oscar และคณะ (2015) นำเทคโนโลยีติดตามดวงตามาใช้ในการศึกษา พฤติกรรมความสนใจของผู้เรียนจากการเพ่งมอง เพื่อนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลไปใช้ในการ จัดการทรัพยากรของสื่อมัลติมีเดีย โดยดำเนินการทดสอบความสนใจของผู้เรียนผ่านการมองบน สื่อมัลติมีเดียระหว่างสีและขาวดำ นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยที่นำระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วย สายตาไปใช้สร้างแอปพลิเคชันทางการศึกษาสำหรับนักเรียนในกลุ่มพิการทางสมอง (Cerebral Palsy) อีกด้วย (Man and Wong, 2007; Bruno and Paulo, 2013)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้างนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้นแบบเรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยดวงตา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ คณะผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนกรอบแนวคิดที่ได้กำหนดไว้ โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการออกเป็น 3 ส่วนหลักประกอบด้วย

- 3.1 การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 3.2 การพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา
- 3.3 การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัย

3.1 การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้นำเทคโนโลยีติดตามดวงตามาช่วยในการสร้างระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาสำหรับเด็กนักเรียนพิการซึ่งมีความบกพร่องในการใช้มือควบคุมอุปกรณ์ตัวชี้ทางกายภาพ อาทิเช่น เม้าส์ ปากกานำแสง สไตลัส จอยสติค ทัชแพด หรือแทร็คบอล เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินการวิจัย เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อเนื้อหาอาเซียนศึกษา ของรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาต่อไป

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเริ่มต้นจากการศึกษาข้อมูลทั้งในส่วนงานวิจัยที่ผ่านมา เนื้อหาสาระที่สอน และวิธีการสร้างสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากนั้นดำเนินการสร้างเครื่องมืองานวิจัย ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพสื่อบทเรียน แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดำเนินการทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และค่าสถิติต่างๆ โดยโครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยดวงตา แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้

จากโครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนข้างต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ ศึกษาข้อมูล สร้างเครื่องมืองานวิจัย ทดสอบและเก็บรวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และค่าสถิติต่างๆ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การศึกษาข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาหาข้อมูลต่างๆ เพื่อทำการวิจัย โดยดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1.1.1 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียน และส่วนประกอบอื่นๆ จากตำรา บทความ เอกสารรายงานการวิจัย สิ่งตีพิมพ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งให้ความอนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษางานวิจัย รวมทั้งศึกษาความสามารถของซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้พัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้

3.1.1.2 วิเคราะห์เนื้อหาสาระอาเซียนศึกษา ในรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้ สังคมศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กำหนด วัตถุประสงค์การเรียนรู้เชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาในหลักสูตรเรื่อง อาเซียนศึกษา

3.2.1.3 ศึกษาหลักการออกแบบและพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อหาบทเรียน รูปภาพ เสียงประกอบ เพลงประกอบ แบบฝึกหัด และ แบบทดสอบ วิธีการเก็บรวบรวมคะแนนทำกิจกรรมก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนผ่าน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.1.2 การเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการควบคุม ด้วยมือในระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ สังกัดมูลนิธิธนูเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นนทบุรี เขต 2 ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จำนวน 15 คน โดยแบ่ง ประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.1.2.1 ประชากรชุดทดสอบเบื้องต้น (Try Out) สำหรับหาคุณภาพของ เครื่องมือ จำนวน 5 คน

3.1.2.2 ประชากรที่ใช้ทดสอบจริง (Trial Run) สำหรับทดสอบการใช้งานสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจริง จำนวน 10 คน

3.1.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องความรู้ เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมิน คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องที่มี ต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

3.1.3.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับชั้น ประถมศึกษา มีวิธีการและขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดเนื้อหาสาระของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประชุมปรึกษาหารือเพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาสาระความรู้เกี่ยวกับอาเซียนใน ระดับชั้นประถมศึกษา โดยคณะผู้วิจัย ที่ปรึกษางานวิจัยซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านการพัฒนาสื่อ การเรียนการสอน โดยนำเนื้อหาสาระของอาเซียนศึกษาในระดับประถมศึกษาทั้งหมดทุก ระดับชั้น ป.1 - ป.6 โดยใช้แบบเรียนของสำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์ หรือ อจท. ซึ่งเป็นหนังสือ

แบบเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีมติที่ประชุมหารือให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาสาระเรื่องอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษา เห็นว่าเนื้อหามีความใกล้เคียงกันค่อนข้างมาก มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งมติที่ประชุมเห็นว่าเนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของแบบเรียนดังกล่าวมีความครอบคลุมจึงลงมติให้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยเนื้อหาอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 โดยอ้างอิงเนื้อหาสาระจากแบบเรียน รายวิชาเพิ่มเติม อาเซียนศึกษา ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของสมเกียรติ ภูระหงษ์และคณะ (2558) จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบเนื้อหาบทเรียนจากหนังสือแบบเรียนข้างต้น ผลการสรุปเนื้อหาแสดงดังภาพมโนทัศน์ความทัศน์ (Mind Map) ในระดับหน่วยเรียนได้ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แผนผังมโนทัศน์ระดับหน่วยเรียน

จากภาพแผนผังมโนทัศน์ระดับหน่วยเรียนข้างต้นของเนื้อหาสาระความรู้เรื่องอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 แบ่งเนื้อหาหน่วยเรียนออกเป็น 4 หน่วยเรียน ประกอบด้วย

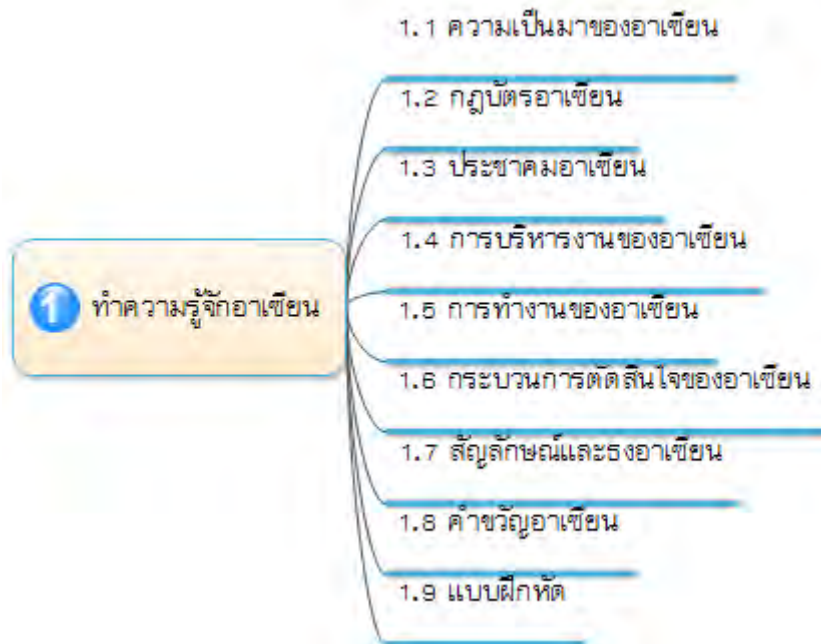
หน่วยเรียนที่ 1: ทำความรู้จักอาเซียน

หน่วยเรียนที่ 2: ลักษณะสังคมและวัฒนธรรมของอาเซียน

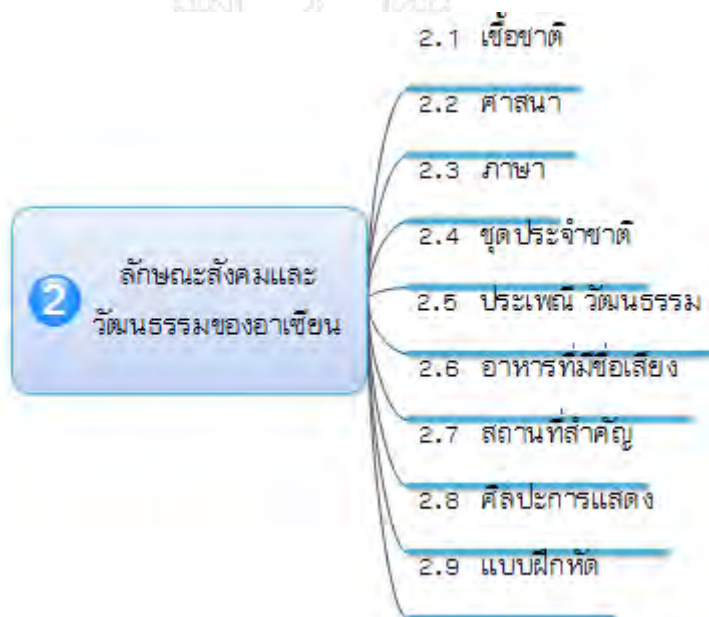
หน่วยเรียนที่ 3: ลักษณะการเมืองการปกครองของอาเซียน

หน่วยเรียนที่ 4: เศรษฐกิจของอาเซียน

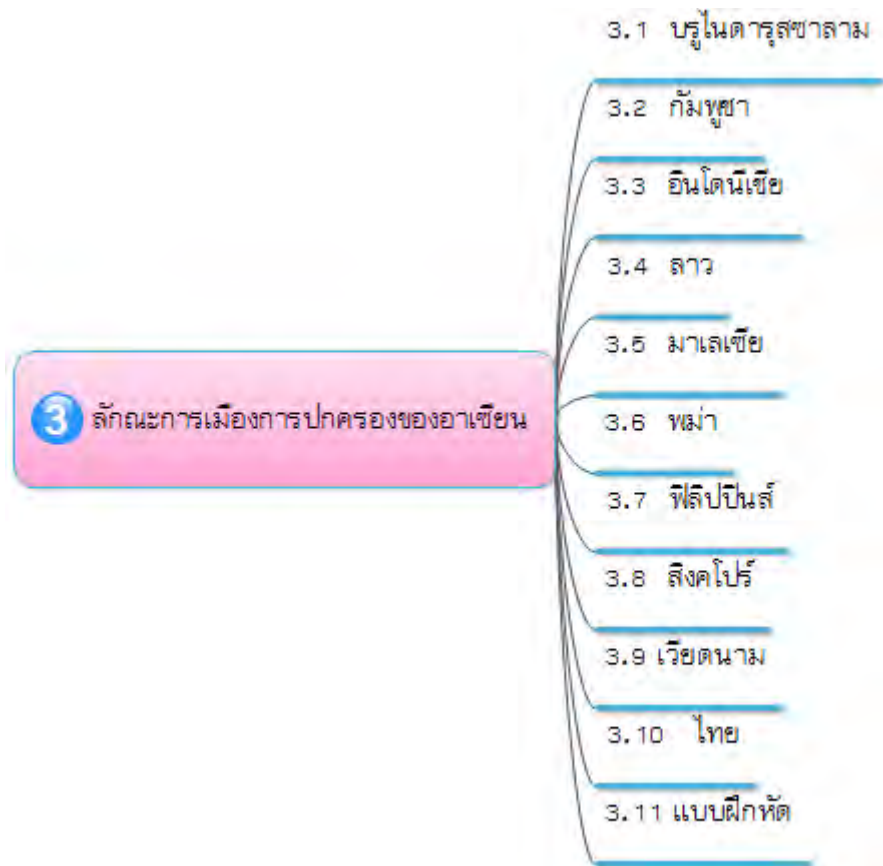
โดยหัวข้อเนื้อหาสาระในแต่ละหน่วยเรียนแสดงดังแผนภาพมโนทัศน์ภาพที่ 3-3 ถึงภาพที่ 3-6 ตามลำดับ



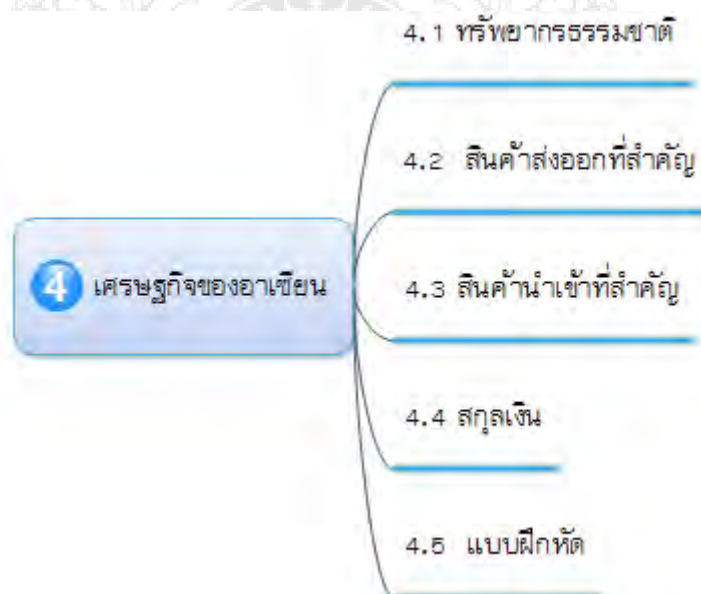
ภาพที่ 3-3 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 1: ทำควมรู้จักอาเซียน



ภาพที่ 3-4 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 2: ลักษณะสังคมและวัฒนธรรมอาเซียน



ภาพที่ 3-5 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 3: การเมืองการปกครองประเทศสมาชิกอาเซียน



ภาพที่ 3-6 แผนผังมโนทัศน์ระดับบทเรียนที่ 4: เศรษฐกิจของอาเซียน

ขั้นตอนที่ 2 เขียนแบบร่างเนื้อหาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ดำเนินการนำผลสรุปเนื้อหาที่ได้จากการประชุมหารือข้างต้น มาออกแบบและเขียนแบบร่าง (Story Board) ของเนื้อหาแต่ละหัวข้อของแต่ละหน่วยเรียน เขียนคำบรรยายเสียง ภาพนิ่ง ดนตรีบรรเลง และกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยลำดับขั้นการเรียนรู้ประกอบด้วย กิจกรรมก่อนการเรียนรู้ กิจกรรมระหว่างเรียน และกิจกรรมหลังการเรียนรู้ โดยกิจกรรมก่อนเรียนรู้ ผู้เรียนต้องดำเนินการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Pre-Test) ด้วยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ จากนั้นเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งผู้เรียนสามารถเข้าเรียนหน่วยเรียนใดก่อนก็ได้ ซึ่งในแต่ละหน่วยเรียนผู้เรียนต้องทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน และเมื่อเรียนเสร็จทั้ง 4 หน่วยเรียน ผู้เรียนจะเข้าสู่กิจกรรมหลังการเรียนรู้ด้วยการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Post-Test) ด้วย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 20 ข้อ ลำดับกิจกรรมแสดงดังภาพที่ 3-7



ภาพที่ 3-7 แผนภาพลำดับกิจกรรมการเรียนรู้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบประสิทธิภาพของเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ดำเนินการนำเสนอแบบร่างเนื้อหา (Story Board) และสคริปต์คำบรรยาย ภาพประกอบ ดนตรีบรรเลง วัตถุประสงค์การเรียนรู้ต่อที่ปรึกษางานวิจัย จากนั้นคณะผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะต่างๆ จากที่ปรึกษางานวิจัยมาปรับปรุงเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้เนื้อหามีความสมบูรณ์ถูกต้อง และวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับเนื้อหามากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 พัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Adobe Flash
นำแบบร่าง (Story Board) เนื้อหาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามคำแนะนำจากที่ปรึกษา
งานวิจัยมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้โปรแกรม Flash มีรายละเอียดพอ
สังเขปดังนี้

- (1) กำหนดเนื้อหาในการสร้างด้วยแบบร่างที่ได้ออกแบบไว้ และกำหนด
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ
- (2) กำหนดเฟรมการแสดงผลขนาด 1024x768 จุดภาพ เนื่องจากเป็นขนาดที่
เหมาะสมและเว็บไซต์ส่วนใช้ในการแสดงผล กำหนดภาพพื้นหลังโดยทำการ
ตกแต่งภาพโดยใช้ซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop
- (3) ใส่เอฟเฟค และการเคลื่อนไหว (Effect Animation) ในการนำเสนอปุ่มโต้ตอบ
เพื่อการสั่งการต่างๆ เสียงบรรยาย เพลงบรรเลง และการนำเสนอตัวอักษร
รวมทั้งการเคลื่อนไหว การเปลี่ยนเฟรม การแสดงผลต่างๆ ด้วยเครื่องมือที่อยู่ใน
ซอฟต์แวร์ Adobe Flash
- (4) ใส่แอคชั่นสคริปต์คำสั่ง (Action Script) ส่วนโต้ตอบกับผู้เรียนบนปุ่มโต้ตอบสื่อ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแต่ละเฟรมด้วยเหตุการณ์ (Event)
MouseEvent.ROLL_OVER เนื่องจากต้องการให้ปุ่มโต้ตอบสามารถทำงาน
ร่วมการสั่งการด้วยสายตา เมื่อผู้เรียนเพ่งมองไปยังตำแหน่งของปุ่ม โดยกำหนด
ระยะเวลาตรึงของสายตา (Dwell-time) ขณะเพ่งมองบนปุ่มโต้ตอบบนสื่อเพื่อ
สั่งการ พร้อมแสดงสถานะเวลาในการเพ่งมองสายตาด้วยตัวเลข
- (5) ทดสอบการทำงานของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยที่พัฒนาขึ้นเบื้องต้นโดย
คณะผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ดำเนินการนำเสนอซอฟต์แวร์สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วต่อที่
ปรึกษางานวิจัย เพื่อรับข้อเสนอแนะ และข้อบกพร่องของสื่อฯ จากนั้นคณะผู้วิจัยดำเนินการ
ปรับปรุงแก้ไขสื่อตามข้อเสนอแนะของที่ปรึกษางานวิจัย แล้วนำสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย
สอนที่แก้ไขปรับปรุงแล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 5 ท่าน
โดยใช้ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา ที่จัดทำ
ขึ้น จากนั้นนำข้อเสนอแนะต่างๆ จากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงการนำเสนอ และเทคนิคต่าง ๆ
เพื่อให้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของงานวิจัยนี้มีลำดับกิจกรรมที่ถูกต้อง และ
ขณะเดียวกันสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และเร้าความสนใจของผู้เรียนในแต่ละช่วง
อย่างเหมาะสม

3.1.3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในงานวิจัยนี้ เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกตามเนื้อหาการเรียนที่ได้แบ่งไว้ จำนวน 4 หน่วยเรียน หน่วยเรียนละ 5 ข้อ รวมจำนวน 20 ข้อ เนื่องจากในการทดสอบกับเด็กนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือด้วยรูปแบบปฏิสัมพันธ์สั่งการสายตาค่อนข้างใช้เวลาในการทดสอบนาน สำหรับรายละเอียดขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีดังนี้

- (1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลทางการศึกษา
- (2) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และกำหนดผลการเรียนที่คาดหวัง
- (3) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- (4) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือกตามเนื้อหาการเรียน 4 หน่วยเรียนๆ ละ 10 ข้อ
- (5) ตรวจสอบความสอดคล้อง (Content Validity) ระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รวมทั้งความถูกต้อง ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และครอบคลุมเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้สอนเนื้อหาอาเซียนศึกษาระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา เพื่อรับคำแนะนำ และรวบรวมข้อมูลจากความคิดเห็น และคำนวณหาค่าความสอดคล้อง (Item Object Congruence; IOC) พิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง $IOC \geq 0.50$ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
- (6) วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบรายข้อ ประกอบด้วย ค่าความยากรายข้อ (Item Difficulty) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (Item Discrimination) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability; R) โดยนำข้อสอบที่มีค่าความสอดคล้อง ≥ 0.50 ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างชุดทดสอบเบื้องต้น จำนวน 5 ราย เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ จากนั้นนำผลมาคำนวณหาค่าดัชนีความยาก (Difficulty Index; P_i) ค่าดัชนีอำนาจการจำแนก (Discrimination Index; D_i) ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด โดยใช้โปรแกรม R สำหรับเกณฑ์พิจารณาคุณภาพข้อสอบที่จะนำไปใช้มีดังนี้

เกณฑ์ค่าความยากของข้อสอบ $0.40 < P_i < 0.60$

เกณฑ์ค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบ $D_i \geq 0.20$

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่น $R_i \geq 0.70$

- (7) คัดเลือกข้อสอบ โดยใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก จากนั้นหากข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือก ≥ 20 ข้อ จะดำเนินการสุ่มข้อสอบมาจำนวน 20 ข้อ $n = 20$ และนำไปใช้เป็นข้อสอบจริง

3.1.3.3 การสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คณะผู้วิจัยศึกษาหลักการ ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินที่ใช้ในการประเมินการวิจัยและวิเคราะห์คุณสมบัติที่ต้องประเมิน และสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยทั่วไปการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา สำหรับงานวิจัยนี้ดำเนินการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นเฉพาะด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษาเท่านั้น เนื่องจากส่วนเนื้อหาสาระที่ถูกนำมาพัฒนาสื่อ นำมาจากหนังสือแบบเรียนที่สถานศึกษาต้องใช้เป็นแบบเรียน และได้รับการรับรองมาตรฐานจากกระทรวงศึกษาธิการเรียบร้อยแล้ว สำหรับการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา มีรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา
- (2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพ
- (3) สร้างแบบประเมินคุณภาพ โดยกำหนดแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ โดยกำหนดค่าความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง	ดี
ระดับ 3	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	พอใช้
ระดับ 1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

โดยเกณฑ์การยอมรับว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ คณะผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ย ≥ 3.50 สำหรับการแปลความหมายค่าเฉลี่ยผลการประเมิน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ที่ยอมรับคุณภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นช่วงคะแนนและเป็นรายชื่อ (Best, 1986:195) รายละเอียดดังนี้

ระดับ 5	คะแนนเฉลี่ย	4.50-5.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
ระดับ 4	คะแนนเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	มีคุณภาพดี
ระดับ 3	คะแนนเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2	คะแนนเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
ระดับ 1	คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง

- (4) ตรวจสอบความสอดคล้อง (Content Validity) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ การประเมิน รวมทั้งความถูกต้อง ความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และความครอบคลุมเนื้อหาของแบบประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน เพื่อรับคำแนะนำ และรวบรวมข้อมูลจากความคิดเห็น คำนวณหาค่าความสอดคล้อง (Item Object Congruence; IOC) พิจารณาข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้อง $IOC \geq 0.50$ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป
- (5) นำเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 5 ท่าน ประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

3.1.3.4 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คณะผู้วิจัยศึกษาหลักการ ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจที่ใช้งานระบบ หรือซอฟต์แวร์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยนี้ มีดังต่อไปนี้

- (1) ศึกษาทฤษฎี หลักการ วิธีการสร้างเครื่องมือวัดคุณภาพด้วยแบบสอบถามเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- (2) สร้างแบบประเมินระดับความพึงพอใจ โดยกำหนดแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วน (Rating Scale) ประเมินค่า 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert's Rating Scale) โดยกำหนดค่าความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนมีความหมาย ดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
ระดับ 3	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
ระดับ 1	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

โดยเกณฑ์การยอมรับว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ผู้วิจัยกำหนดให้มีค่าเฉลี่ย ≥ 3.50 คือ ความพึงพอใจในระดับมาก สำหรับการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยที่วัดได้ คณะผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

4.50-5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมากที่สุด
3.50-4.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับมาก
2.50-3.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับปานกลาง
1.50-2.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับน้อย
1.00-1.49	หมายถึง	มีความพึงพอใจอยู่ใน ระดับน้อยที่สุด

- (3) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยที่ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน คำนวณค่าความสอดคล้อง (Item Object Congruence; *IOC*) พิจารณาข้อคำถามที่มีค่าความสอดคล้อง $IOC \geq 0.50$ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือวัดระดับความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- (6) ดำเนินการให้นักเรียนกลุ่มทดสอบใช้งานจริง จำนวน 10 ราย และครูผู้สอนเนื้อหาวิชาอาเซียนกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา 5 ราย ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

3.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล และทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และทดสอบประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเอง ณ โรงเรียนศรีสังวาลย์ สังกัดมูลนิธิอนุเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นนทบุรี เขต 2 ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1.4.1 จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ไปยังโรงเรียนศรีสังวาลย์ สังกัดมูลนิธิอนุเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี

3.1.4.2 คัดเลือกนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนผู้พิการด้านการควบคุมด้วยมือมาจำนวน 15 คน โดยแบ่งออกเป็นชุดภาคสนามสำหรับหาคคุณภาพของเครื่องมือจำนวน 5 คน และชุดทดสอบจริง จำนวน 10 คน

3.1.4.3 ดำเนินการทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชุดทดสอบเบื้องต้น จำนวน 5 ราย เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่าง ๆ ประกอบด้วย ความชัดเจนของการนำเสนอเนื้อหา ตัวอักษร รูปภาพที่ใช้และความชัดเจนของภาษาที่ใช้ และความคมชัดของเสียงบรรยายและเสียงดนตรี การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

- (1) ปฐมนิเทศเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และอธิบายขั้นตอนวิธีการให้ผู้เรียนเข้าใจ และปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง
- (2) ฝึกปฏิบัติให้นักเรียนได้ใช้ระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาบนปุ่มโต้ตอบในสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อสร้างความคุ้นเคย และความชำนาญในการควบคุมสายตาไปยังตำแหน่งที่ต้องการผ่านอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งของสายตาที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยใช้เวลาในการฝึกปฏิบัติการสั่งการด้วยสายตาคณะละ 20 นาที
- (3) ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน)

- (4) ให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาในแต่ละบทเรียนและทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
- (5) ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
- (6) ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน)

โดยขณะทดสอบคณะผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยควบคุมการทดสอบด้วยตนเอง และทำการกระตุ้นสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาการศึกษาและทดสอบ รวมทั้งสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน คุุปฏิกิริยาระหว่างเรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น ชักถามปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.1.4.5 ดำเนินการทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนชุดทดสอบจริง จำนวน 10 ราย เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้ระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนวิธีการเช่นเดียวกันกับการทดสอบเบื้องต้น

3.1.4.4 ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลการทดสอบทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติ

3.1.5 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติดังนี้

3.1.5.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ด้วยอัตราส่วนของค่าประสิทธิภาพของนวัตกรรม (E_1/E_2) โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายเบื้องต้น 80/80 นิยามได้ด้วยสูตรดังสมการที่ (3-1) และสมการที่ (3-2) ตามลำดับ

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{NP} \times 100 \quad (3-1)$$

$$E_2 = \frac{\sum_{i=1}^N o_i}{NO} \times 100 \quad (3-2)$$

โดยที่	E_1	คือ	ค่าประสิทธิภาพระหว่างการใช่ (กระบวนกร p)
	E_2	คือ	ค่าประสิทธิภาพหลังการใช่ (ผลลัพธ์ o)
	p_i	คือ	คะแนนก่อนเรียนของนักเรียนแต่ละคน $i = 1, 2, \dots, N$

o_i	คือ	คะแนนหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน $i = 1, 2, \dots, N$
P	คือ	คะแนนเต็มรวมก่อนเรียน
O	คือ	คะแนนเต็มรวมหลังเรียน
N	คือ	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

สำหรับการแปลความหมาย E_1/E_2 ดำเนินการโดยนำค่า E_1/E_2 ที่คำนวณได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้

ถ้าค่า $E_1/E_2 \geq 80$ หมายถึง นวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
 ถ้าค่า $E_1/E_2 < 80$ หมายถึง นวัตกรรมนั้นไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ถ้าค่า $\begin{cases} E_1 < 80, \\ E_2 > 80 \end{cases}$ หมายถึง นวัตกรรมนั้นบกพร่องบางจุด

3.1.5.2 การหาความสอดคล้องข้อคำถามกับเนื้อหา (Content Validity) ใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิดังนี้

เห็นว่าสอดคล้องและเหมาะสม	ให้คะแนน	1
เห็นว่าไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้องและไม่เหมาะสม	ให้คะแนน	-1

สูตรคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องนียาอดังสมการที่ (3-3)

$$IOC_j = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N} \quad (3-3)$$

โดยที่	IOC_j	คือ	ค่าความสอดคล้องข้อคำถามแต่ละข้อ
	R_i	คือ	ผลคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน $i = 1, 2, 3, \dots, 5$
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญสำหรับงานวิจัยนี้ $N = 5$

3.1.5.3 การหาค่าดัชนีความยาก (Difficulty Index; P)

ค่าดัชนีความยาก เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อที่ i ถูกกับจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อที่ i ทั้งหมด ซึ่งถ้ามีนักเรียนตอบข้อสอบถูกมากข้อสอบข้อที่ i นั้นมีค่าดัชนีความยากต่ำ แปลความหมายว่า ข้อสอบข้อที่ i ง่าย แต่หากนักเรียนตอบข้อสอบถูกน้อยข้อสอบข้อที่ i นั้นมีค่าดัชนีความยากสูง แปลความหมายว่า ข้อสอบข้อที่ i ยากนั่นเอง

สูตรคำนวณค่าดัชนีความยาก นียาอดังสมการที่ (3-4)

$$P = \frac{\sum R}{N} \quad (3-4)$$

โดยที่ P คือ ค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบรายข้อ
 $\sum R$ คือ จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบถูกในข้อนั้น
 N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบในข้อนั้น

สำหรับเกณฑ์แปลความหมายค่าดัชนีความยากง่ายกำหนดไว้ดังนี้

$P \geq 0.80$	หมายถึง	ง่ายมาก (ต้องปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
$0.60 \leq P < 0.80$	หมายถึง	ค่อนข้างง่าย
$0.40 < P < 0.60$	หมายถึง	ปานกลาง
$0.20 < P \leq 0.40$	หมายถึง	ค่อนข้างยาก
$P \leq 0.20$	หมายถึง	ยากมาก (ต้องปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

3.1.5.4 การหาค่าดัชนีอำนาจจำแนก (Discriminant Index; D)

ค่าดัชนีอำนาจจำแนก เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงความสามารถของข้อสอบที่จำแนกนักเรียนที่เก่ง และนักเรียนที่อ่อน โดยข้อสอบข้อใดที่มีอำนาจจำแนกสูงถือเป็นข้อสอบที่ดี นักเรียนรายใดทำข้อสอบข้อดังกล่าวถูกต้องจะถูกจัดให้เป็นนักเรียนที่กลุ่มเก่ง และถ้านักเรียนรายใดทำข้อสอบข้อดังกล่าวผิดก็就会被จัดเป็นนักเรียนกลุ่มอ่อน สูตรคำนวณดังสมการที่ (3-5)

$$D = \frac{\sum R_U - \sum R_L}{N_H} \quad (3-5)$$

โดยที่ D_i คือ ค่าดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ
 $\sum R_U$ คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
 $\sum R_L$ คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ
 N_H คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มคะแนนสูง หรือกลุ่มคะแนนต่ำ

สำหรับเกณฑ์แปลความหมายค่าดัชนีอำนาจจำแนกกำหนดไว้ดังนี้

$D \geq 0.40$	หมายถึง	ดีมาก
$0.30 \leq D < 0.40$	หมายถึง	ดี
$0.20 \leq D < 0.30$	หมายถึง	ปานกลาง
$0.00 \leq D < 0.20$	หมายถึง	ปรับปรุง
$D < 0.00$	หมายถึง	ตัดทิ้ง

3.1.5.5 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability; r_{tt})

ค่าความเชื่อมั่นเป็นดัชนีที่บ่งบอกว่าข้อสอบทั้งฉบับมีความน่าเชื่อถือ และมีความแม่นยำในการวัดเพียงใด หรืออาจเรียกว่า ค่าความเที่ยงของข้อสอบ สูตรคำนวณค่าความเชื่อมั่น นิยามได้ดังสมการที่ (3-6) และสมการที่ (3-7) ตามลำดับ

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\bar{X}(n-\bar{X})}{n(S_t)^2} \right) \quad (3-6)$$

$$(S_t)^2 = \frac{N(\sum X^2) - (\sum X)^2}{N^2} \quad (3-7)$$

โดยที่	r_{tt}	คือ	ค่าความเชื่อมั่นได้ของข้อสอบทั้งฉบับ
	\bar{X}	คือ	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน
	$(S_t)^2$	คือ	ค่าความแปรปรวนของคะแนนของนักเรียน
	n	คือ	จำนวนข้อสอบ
	N	คือ	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อสอบ
	X	คือ	ค่าของคะแนนของนักเรียนแต่ละคน

3.1.5.6 สถิติที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของนักเรียน และบุคลากรด้านการสอนที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นิยามดังสมการที่ (3-8) และสมการที่ (3-9) ตามลำดับ

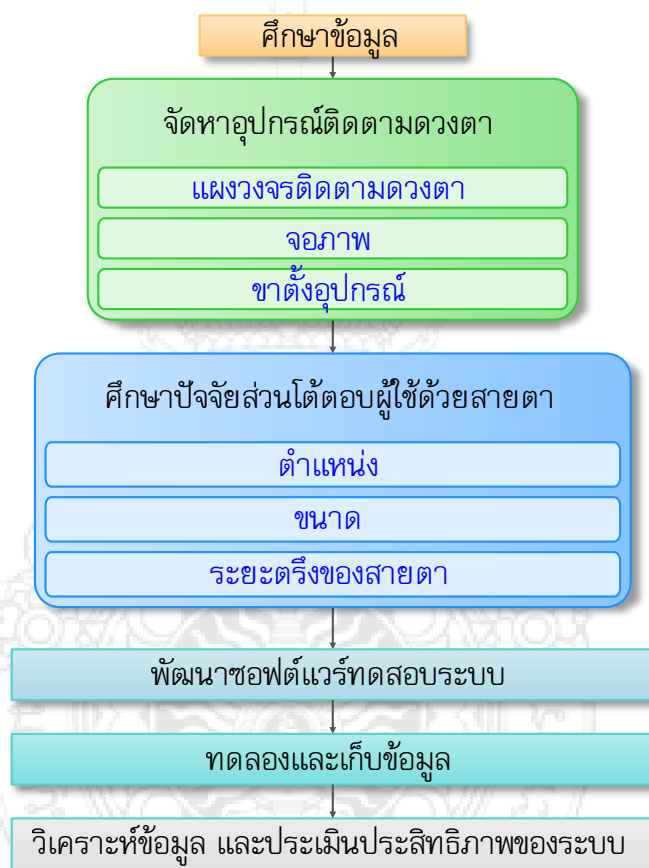
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (3-8)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} \quad (3-9)$$

โดยที่	\bar{X}	คือ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
	$S.D.$	คือ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X_i	คือ	ข้อมูลแต่จำนวน
	N	คือ	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.2 การพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาโดยใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทูลต่ำสอดคล้องกับงบประมาณที่ได้รับ โดยมีขั้นตอนเริ่มต้นจากจัดหาฮาร์ดแวร์ จากนั้นดำเนินการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานบนส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้ ดำเนินการทดสอบและนำผลการทดสอบมาหาประสิทธิภาพการทำงาน โดยโครงสร้างกระบวนการดำเนินงานแสดงดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-8 โครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

จากโครงสร้างขั้นตอนการพัฒนาบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาข้างต้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก คือ ศึกษาข้อมูล จัดหาฮาร์ดแวร์อุปกรณ์ติดตามดวงตา ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานบนส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้เรียน เขียนซอฟต์แวร์ทดสอบระบบ ทดสอบและเก็บ

รวบรวมข้อมูล และนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพการทำงาน โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาหาข้อมูลต่างๆ โดยดำเนินการศึกษาดังนี้

3.2.1.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่ใช้ในงานในปัจจุบัน จากตำรา บทความ เอกสารรายงานการวิจัย เว็บไซต์ สิ่งตีพิมพ์อื่นๆ รับฟังคำแนะนำจากที่ปรึกษา งานวิจัย รวมทั้งศึกษาอัลกอริทึม และซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาในงานวิจัยนี้

3.2.1.2 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

3.2.1.3 ศึกษามาตรฐานการทดสอบการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

3.2.2 การจัดหาอุปกรณ์ติดตามดวงตา

ปัจจุบันอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์แบ่งราคาออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มราคาสูง ราคาปานกลาง และกลุ่มราคาต่ำ โดยประสิทธิภาพความแม่นยำของการระบุตำแหน่งของสายตา และความรวดเร็วในการติดตามดวงตาก็ขึ้นอยู่กับราคาอีกด้วย อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาสำหรับนักเรียนผู้บกพร่องทางการควบคุมด้วยมือภายใต้งบประมาณที่ต่ำ เพื่อให้นักเรียนกลุ่มบกพร่องที่มีฐานะยากจนได้เข้าถึงเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับความพิการของตน ดังนั้นในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาด้านทุนต่ำ The Eye Tribe ของบริษัท The Eye Tribe Aps. จากประเทศเดนมาร์ก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการยอมรับและมีราคาที่สามารถจัดหาได้ ตัวอย่างภาพอุปกรณ์แสดงดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-9 ภาพตัวอย่างอุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe
(<https://theeyetribe.com/>, 2015)

อุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe เป็นอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่ใช้เทคโนโลยีของกล้องวีดิทัศน์ในการติดตามดวงตา หรือ “วีโอจี” (Video-Oculography : VOG) โดยทำงานร่วมกับตัวเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared Spectrum) ซึ่งจะช่วยให้การติดตามดวงตามีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ข้อดีของอุปกรณ์ติดตามดวงตาประเภทนี้ คือ มีความสะดวกต่อการใช้งานไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ หรือผู้เชี่ยวชาญพิเศษในการทดลอง ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องปฏิบัติการ และรบกวนผู้ใช้งานน้อยกว่าอุปกรณ์ติดตามดวงตาในประเภทอื่นๆ อาทิ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้หลักการของกระแสไฟฟ้ากระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง อิเล็กโทรแกรม (Electrogram Oculography : EOG) อุปกรณ์คอนแทคเลนส์ที่ติดตั้งขดลวดไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า สเคอรัลเซิร์ท คอยล์ (Scleral Search Coil : SSC) เป็นต้น จึงทำให้อุปกรณ์ติดตามดวงตาที่ใช้หลักการของกล้องวีดิทัศน์เป็นที่นิยมนำมาใช้กับงานด้านระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ หรือ เอชซีไอ (Human Computer Interface : HCI) ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ใช้ชุดอุปกรณ์ติดตามดวงตาจำนวน 5 ชุด เพื่อให้เพียงพอสำหรับการจัดเก็บและทดสอบระบบรายละเอียดคุณสมบัติของชุดอุปกรณ์ติดตามดวงตามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ชุดวงจรอุปกรณ์ The Eye Tribe

ผู้วิจัยดำเนินการจัดหาอุปกรณ์ The Eye Tribe ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทุนต่ำ (Low-cost Eye Tracking Device) ทั้งนี้การจัดหาอุปกรณ์เป็นไปตามข้อจำกัดของงบประมาณที่ได้รับ อุปกรณ์ The Eye Tribe เป็นแผงวงจรตรวจจับสัญญาณภาพดวงตาด้วยคลื่นแสงอินฟราเรด มีความสามารถกวาดสัญญาณภาพที่ความเร็ว 30Hz. ให้ค่าประสิทธิภาพในการชี้พิกัดตำแหน่งของสายตา (x,y) บนจอภาพที่ความถูกต้อง 0.5°-1° สามารถรองรับพื้นที่สำหรับติดตามตำแหน่งของสายตาขนาด 50cm. x 30cm. บนจอภาพขนาดสูงสุด 24 นิ้วที่ระยะห่างของผู้ใช้งานกับอุปกรณ์ 45cm. และสนับสนุนการทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows และ Linux โดยทำงานร่วมกับอัลกอริทึมด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ประกอบด้วย อัลกอริทึมตรวจจับดวงตา (Eye Detection) ติดตามดวงตา (Eye Tracking) และอัลกอริทึมประมาณค่าตำแหน่งของสายตา (Eye Gaze Estimation) และประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

3.2.1.2 จอภาพแสดงผล (Monitor) เป็นจอภาพชนิดแอลซีดี (LCD) ขนาด 24 นิ้ว ความละเอียดในการแสดงผล 1920 x 1080 พิกเซล

3.2.1.3 ขาตั้งจอภาพ ผู้วิจัยออกแบบ ขาตั้งจอภาพเป็นฐานเหล็กมีเสาสูง 150cm. ด้านบนติดตั้งแผ่นเหล็กให้สามารถติดตั้งจอภาพ เสาขาตั้งมีนอตยึดระดับเพื่อให้สามารถปรับระดับความสูงของจอภาพได้ตั้งแต่ 60cm. ถึง 120cm. ด้านล่างของฐานขาตั้งมีส่วนถอดเพื่อวางคอมพิวเตอร์ และมีล้อ 4 ล้อเพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนย้าย

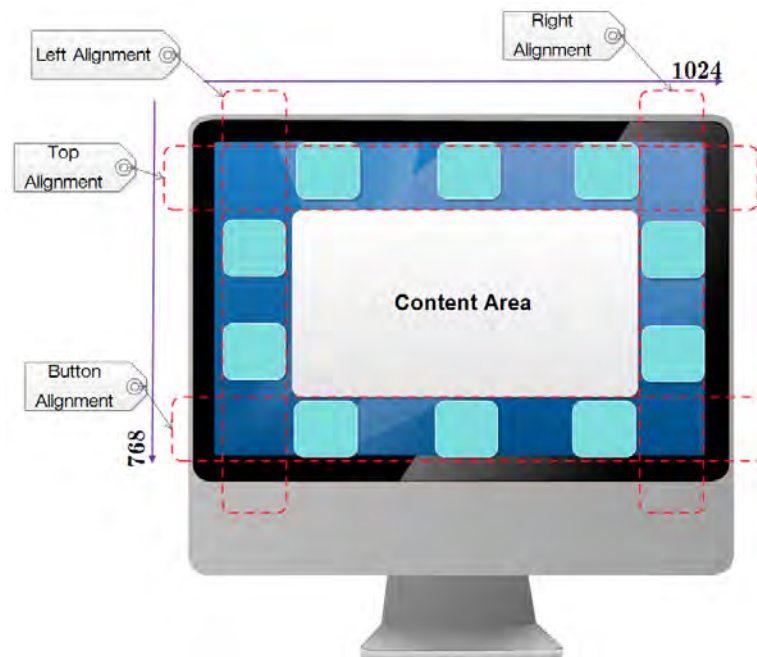
3.2.3 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

ในการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา โดยใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาในกลุ่มต้นทนต์ พบว่าอุปสรรคสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงาน คือ ความสามารถในการชี้ตำแหน่งบนจอภาพของอุปกรณ์ติดตามดวงตาที่ใช้ โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตามดวงตา ประกอบด้วย ตำแหน่ง ขนาด และรูปแบบวิธีการสั่งการด้วยสายตา (Dongheng, et al., 2005; 2006; Xu et al., 2008; Hamsn and Qiang, 2009) โดยทั่วไปหลักการออกแบบหน้าจอภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI Screen Design) ประกอบด้วยพื้นที่ส่วนต่างๆ คือ ส่วนหัว (Header Area) ส่วนเนื้อหาสาระ (Content Area) ส่วนควบคุมปฏิสัมพันธ์ติดต่อผู้ใช้ (Control Area) และส่วนปฏิกริยาตอบสนองย้อนกลับ (Feedback Area) สำหรับงานวิจัยประยุกต์ระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา กับสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมด้วยสายตา คือ ส่วนควบคุมส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Control Area) ดังนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสั่งการด้วยสายตา กับส่วนควบคุมส่วนติดต่อของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย ตำแหน่งที่ตั้ง (Area) ขนาด (Size) และระยะเวลาตรึงของสายตาในการสั่งการ (Dwell-Time) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่ง ขนาด และระยะตรึงสายตาที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีที่สุดกับการใช้งานอุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe ของเด็กนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น รายละเอียดการศึกษาปัจจัยมีดังต่อไปนี้

3.2.3.1 การศึกษาตำแหน่งที่ตั้งของส่วนควบคุม (Area)

งานวิจัยนี้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีโครงสร้างแบบสาขา (Branching) โดยผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาเนื้อหาและกิจกรรมในบทเรียนได้หลากหลายตามความสนใจ โดยส่วนควบคุมเพื่อใช้โต้ตอบกับผู้เรียน (Interactive) ด้วยปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา คือ เมนูปุ่มคำสั่งต่างๆ ประกอบด้วย เมนูสำหรับเข้าสู่บทเรียน เมนูเลือกเข้าสู่หัวข้อเนื้อหาในแต่ละบทเรียน เมนูเลือกคำตอบในรูปแบบฝึกหัด และเมนูเลือกคำตอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเมนูการควบคุมลำดับการแสดงผลของเนื้อหา โดยในงานวิจัยนี้จะเรียกปุ่มเหล่านี้ว่า “ปุ่มโต้ตอบ” อย่างไรก็ตามส่วนที่สำคัญของหน้าจอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ ส่วนที่เป็นเนื้อหา (Content Area) ซึ่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่สนใจของผู้เรียน (Area of Interest; AOI) ซึ่งในทางจิตวิทยาการศึกษาพฤติกรรมกรรมการมองของมนุษย์พบว่าบริเวณพื้นที่ตรงกลางจอภาพเป็นบริเวณที่มนุษย์สามารถเพ่งมองได้ดี และให้ความสนใจมากกว่าบริเวณอื่น (Hauland, 2003; Renshaw, et al., 2003; Jacob and Kran, 2003; Mello-Thomus et al., 2004) ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแผนผัง (Layout) ของหน้าจอภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยกำหนดให้ส่วนเนื้อหาอยู่ตรงกลางจอภาพ แล้วดำเนินการศึกษาการจัด

ตำแหน่งแนวการวางปุ่มโต้ตอบ จำนวน 4 รูปแบบ ประกอบด้วย การจัดตำแหน่งแนวด้านบน (Top Alignment) จัดตำแหน่งแนวด้านล่าง (Button Alignment) จัดตำแหน่งแนวชิดซ้าย (Left Alignment) และการจัดตำแหน่งชิดขวา (Right Alignment) แบบจำลองการจัดวางตำแหน่งปุ่มโต้ตอบเพื่อใช้งานสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยสายตา แสดงดังภาพที่ 3-10

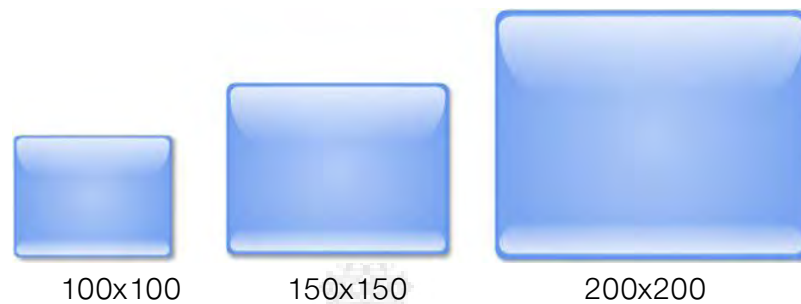


ภาพที่ 3-10 แบบจำลองการจัดวางตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบกับผู้เรียน

3.2.3.2 การศึกษาขนาดของปุ่มโต้ตอบกับผู้เรียน (Size)

นอกจากตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบที่เหมาะสมแล้ว ขนาดปุ่มก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการสั่งการด้วยสายตาดูด้วยเช่นกัน กล่าวคือ ตำแหน่งการมองเห็นที่ชัดที่สุดของดวงตาอยู่ในแ่งเล็กๆ ในจอตา (Retina) ที่เรียกว่าจุดเหลือง (Fovea) ซึ่งมีขนาดประมาณ 17 ดีกรี (Jacob and Robert, 1991) ดังนั้นขนาดปุ่มโต้ตอบจึงต้องมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของปุ่มโต้ตอบด้วยอุปกรณ์ตัวชี้ประเภทอื่นๆ อาทิ เมาส์ (Mouse) ปากกานำแสง (Light Pen) สไตลัส (Stylus) จอยสติค (Joystick) ทัชแพด (Touchpad) และแทร็คบอล (Trackball) เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้สามารถชี้ตำแหน่งได้ที่ขนาด 1 พิกเซล สำหรับอุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe ที่งานวิจัยนี้เลือกใช้มีค่าคลาดเคลื่อนในการชี้ตำแหน่งโดยประมาณ 0.5° - 1° หรือประมาณ 12-23 พิกเซล ที่ระยะห่าง 45cm. ขนาดจอภาพ 24 นิ้ว ดังนั้นขนาดของปุ่มโต้ตอบบนสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงต้องมากกว่า 23x23 พิกเซล ในขั้นตอนการศึกษา และทดสอบขนาดของปุ่มควบคุมการโต้ตอบของงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัย

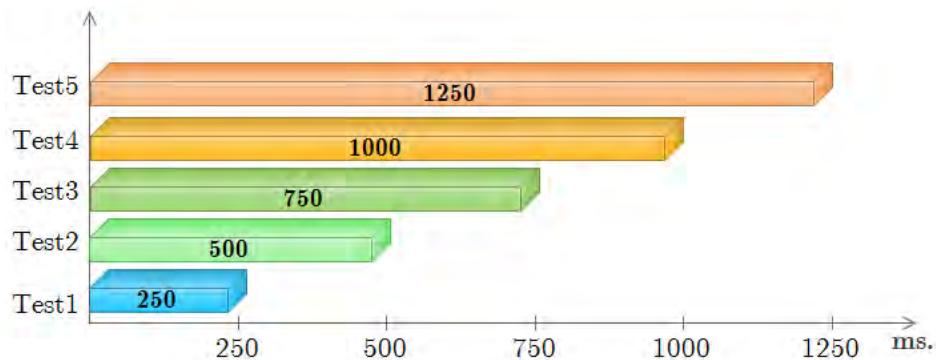
ดำเนินการออกแบบขนาดของปุ่มควบคุมการโต้ตอบเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular) ที่มีจำนวน 3 ขนาด ประกอบด้วยขนาด 100x100, 150x150 และ 200x200 จุดภาพตามลำดับ โดยจัดเรียงตามแนวตำแหน่งที่ออกแบบไว้ข้างต้น แบบจำลองขนาดของปุ่มโต้ตอบแสดงดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 แบบจำลองขนาดของปุ่มควบคุมการโต้ตอบที่ใช้ทดสอบ

3.2.3.3 การศึกษาระยะตรึงของสายตาเพื่อสั่งการควบคุม (Dwell Time)

การชี้ตำแหน่งด้วยอุปกรณ์ติดตามดวงตานั้น มีความแตกต่างจากการชี้ตำแหน่งของอุปกรณ์อื่น ๆ เนื่องจากอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งเหล่านี้ มนุษย์สามารถควบคุมสั่งการชี้ตำแหน่งได้ด้วยการควบคุมกล้ามเนื้อของนิ้วมือสัมผัสไปยังอุปกรณ์ได้โดยตรง แต่สำหรับการชี้ตำแหน่งด้วยอุปกรณ์ติดตามดวงตา มีลักษณะการชี้ตำแหน่งและสั่งการทางอ้อม ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 วิธีการ คือ การใช้ท่วงท่าที่ในการสั่งการ (Gesture) และใช้ระยะเวลาตรึงของสายตา (Dwell Time) ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีสั่งการควบคุมการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยวิธี ใช้ระยะเวลาตรึงของสายตา เนื่องจากไม่รบกวนผู้เรียน และเป็นการมองแบบธรรมชาติมากกว่า วิธีการสั่งการด้วยระยะเวลาตรึงของสายตา มีวิธีการกล่าวคือ ผู้เรียนเพ่งมองสายตาไปยังปุ่มควบคุมการโต้ตอบ จากนั้นระบบจะดำเนินการจับเวลาในการเพ่งมองไปยังปุ่มพิมพ์นั้น และหากผู้เรียนไม่กระพริบตา หรือละสายตาออกจากปุ่มจนครบตามระยะเวลาตรึงของสายตาตามที่ได้กำหนดไว้ก็ถือว่าเป็นการเพ่งมองเพื่อสั่งการ ซึ่งโดยทั่วไประยะเวลาตรึงของสายตาตามมนุษย์มีระยะเวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 400-1000 มิลลิวินาที (Mello-Thomas et al., 2004) ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยกำหนดให้ระยะเวลาตรึงของสายตาจำนวน 5 ระยะ คือ 250, 500, 750, 1000, และ 1250 มิลลิวินาที เพื่อหาระยะเวลาตรึงสายตาที่ดีที่สุดในการสั่งปุ่มโต้ตอบ แบบจำลองระยะเวลาตรึงของสายตาที่ใช้ในการทดสอบแสดงดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 แบบจำลองระยะตรงของสายตาที่ใช้ทดสอบสั่งการปุ่มโต้ตอบ

3.2.4 พัฒนาซอฟต์แวร์ทดสอบปัจจัยที่ศึกษา

ในการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ติดตามดวงตา ผู้วิจัยพัฒนาซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพด้วยการกำหนดงาน (Job Task) ภายใต้แนวคิดกระทำตามคำสั่ง (Select) โดยระบบจะออกคำสั่งด้วยการแสดงสีปุ่มสั่งการบนจอภาพ เพื่อให้ผู้ทดสอบเพ่งมองสายตาไปยังปุ่มควบคุมการโต้ตอบดังกล่าว จากนั้นระบบจะดำเนินการบันทึกระยะเวลาตรงของสายตาตามที่กำหนดไว้ข้างต้น และเมื่อครบการกำหนดระยะเวลาตรงของสายตาที่กำหนด ระบบจะเปลี่ยนสีปุ่มคำสั่งให้เป็นเช่นเดิมแล้วสั่งการให้ผู้ทดสอบมองไปยังปุ่มควบคุมการโต้ตอบถัดไปจนครบทุกปุ่มสั่งการ โดยการสั่งการแต่ละครั้งใช้วิธีการสุ่มตำแหน่ง (Random Position) ซอฟต์แวร์พัฒนา ระบบปฏิสัมพันธ์ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Studio 2013 เขียนรหัสคำสั่งด้วย ภาษา C#

3.2.5 ทดสอบและเก็บข้อมูล

คณะผู้วิจัยดำเนินการนำซอฟต์แวร์ทดสอบที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับเด็กเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือชุดทดสอบเบื้องต้น จำนวน 5 ราย และในขณะทดสอบระบบจะดำเนินการบันทึกเวลาในแต่ละคำสั่ง บันทึกเวลารวมทั้งหมด และบันทึกกิกัดตำแหน่งของสายตาในแต่ละคำสั่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา รายละเอียดขั้นตอนการทดสอบและเก็บข้อมูลมีดังต่อไปนี้

3.2.5.1 ปฐมนิเทศเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และอธิบายขั้นตอนวิธีให้ผู้ทดสอบเข้าใจ และปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง

3.2.5.2 ฝึกปฏิบัติให้นักเรียนได้ใช้งานระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาบนปุ่มโต้ตอบในซอฟต์แวร์ทดสอบการทำงานของระบบ เพื่อสร้างความคุ้นเคย และความชำนาญในการควบคุมสายตาไปยังตำแหน่งที่ต้องการผ่านอุปกรณ์ติดตามตำแหน่งของสายตาที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยใช้เวลาในการฝึกปฏิบัติการสั่งการด้วยสายตาคนละ 20 นาที

3.2.5.3 ดำเนินการให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบการใช้สายตาซึ่งตำแหน่งไปยังปุ่มควบคุมการโต้ตอบตามคำสั่งที่ โดยเครื่องมือในการทดสอบประกอบด้วย

- (1) เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดตั้งโต๊ะ (Desktop Computer) มีหน่วยประมวลผลกลางความเร็ว 1.9 GHz. ทำงานภายใต้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 8
- (2) จอภาพชนิดแอลอีดี (LED) ขนาด 24 นิ้ว
- (3) ชุดอุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe จำนวน 5 เครื่อง
- (4) ซอฟต์แวร์ทดสอบระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

โดยขณะทดสอบผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยควบคุมการทดสอบด้วยตนเอง และให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาการทดสอบ รวมทั้งสังเกตพฤติกรรมของผู้ทดสอบดูปฏิกิริยาขณะทดสอบ ชักถามปัญหา ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงแก้ไขต่อไป

3.2.6 วิเคราะห์ข้อมูลและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

นำข้อมูลที่ระบบเก็บบันทึกไว้ในขณะทดสอบมาวิเคราะห์และคำนวณหาประสิทธิภาพในตำแหน่งของอุปกรณ์ติดตามดวงตา โดยอ้างอิงค่าวัดประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ISO 9241-9 : (2000) ซึ่งเป็นมาตรฐานจากองค์การระหว่างประเทศเพื่อการมาตรฐาน (International Organization for Standardization : ISO) โดยเนื้อหาสาระในส่วนที่ 9 : (2000) กล่าวถึงหลักการของอุปกรณ์ชี้ตำแหน่งที่ไม่ใช่อุปกรณ์ทางกายภาพ หรือไม่ใช่ฮาร์ดแวร์ โดยระบุถึงข้อกำหนดในการใช้ร่วมกับอุปกรณ์แสดงผล (Visual Display Terminal) ประกอบด้วย ค่าประสิทธิภาพทราฟฟิค (Throughput : TP) ค่าเวลารวมของความสำเร็จของงาน (Complete Time Tracking : CTT) และค่าคลาดเคลื่อนในการทำงาน (Error of Task) สำหรับรายละเอียดการคำนวณของดัชนีค่าประสิทธิภาพในแต่ละค่ามีดังนี้

3.2.6.1 ค่าประสิทธิภาพทราฟฟิค (TP)

หลักการคำนวณพื้นฐานมาจากทฤษฎีแบบจำลองกฎของฟิตส์ (Fitt's Law Model) มีหน่วยวัดเป็นบิตต่อวินาที (bit per second; bps) ค่าประสิทธิภาพทราฟฟิคนิยามได้ดังสมการที่ (3-10)

$$TP = \frac{ID_e}{MT} \quad (3-10)$$

โดยที่ MT คือ เวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ของสายตาทั้งหมดในการทดลอง (วินาที)
 ID_e คือ ดัชนีค่าความยากของงาน (Effective Index of Difficulty)
มีหน่วยเป็น บิต (Bits) คำนวณได้จากสมการที่ (3-11)

$$ID_e = \log_2 \left(\frac{D}{W_e + 1} \right) \quad (3-11)$$

โดยที่ D คือ ระยะทางระหว่างปุ่มสั่งการต้นทางไปยังปุ่มสั่งการปลายทาง
 W_e คือ ความกว้างเป้าหมายประสิทธิผล คำนวณได้จากสมการที่ (3-12)

$$W_e = 4.133 \times SD \quad (3-12)$$

โดยที่ SD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในพิกัดตำแหน่งของปุ่มสั่งการต้นทางไปยังจุดกึ่งกลางของปุ่มคำสั่งปลายทาง

3.2.6.2 ค่าเวลารวมของความสำเร็จของงาน (CTT)

เป็นเวลารวมในการทดสอบทั้งหมดโดยนำเวลาในการทำตามคำสั่งของผู้ทดสอบแต่ละรายมารวมกัน หน่วยเวลาขึ้นที่กำหนดขึ้นอยู่กับงานที่ทำ บางครั้งอาจคำนวณเป็นค่าเวลาเฉลี่ยต่องานก็ได้

3.2.6.3 ค่าคลาดเคลื่อนในการทำงาน (Error of Task)

เป็นผลการคำนวณอัตราส่วนร้อยละของจำนวนงานที่ไม่สำเร็จของผู้ทดสอบแต่ละรายกับจำนวนงานทั้งหมดที่มอบหมาย

3.3 การถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยแก่กลุ่มตัวอย่าง

เป็นกระบวนการสำคัญที่ต้องดำเนินการเมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในงานวิจัย หัวใจสำคัญของกระบวนการ คือ การสื่อสาร (Transform) กล่าวคือ ผู้วิจัยเป็นผู้ส่งสาร (Sender) โดยการนำผลการวิจัยคือองค์ความรู้ใหม่ หรือนวัตกรรม รวมทั้งความสำคัญ คุณค่า และประโยชน์ในทางปฏิบัติซึ่งก็คือ สาร (Message) ถ่ายทอดไปยังกลุ่มเป้าหมาย (Receiver) ด้วยวิธีการถ่ายทอดที่เหมาะสมซึ่งเปรียบเสมือนเป็นช่องทางการสื่อสาร (Channel) โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายตอบสนองความต้องการและความจำเป็นเฉพาะของบุคคลเป้าหมาย และสามารถนำสารที่ถ่ายทอดให้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ของตนเองให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดกลุ่มเป้าหมายผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย คือ เด็กนักเรียน และบุคลากรด้านการสอน ของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานบริหารการศึกษาพิเศษ กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 2 แห่ง โดยมีวิธีการถ่ายทอดด้วยการจัดฝึกอบรม และสาธิตการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อแห่ง โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อให้นักเรียนได้ใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับสภาพความพร้อมของตน และบุคลากรด้านการสอนได้ความรู้ และ

สามารถใช้งานสื่อการสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตาได้ ยังผลต่อการนำไปใช้เป็นนวัตกรรมสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องของตนได้ สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ดำเนินการศึกษาโครงสร้างของหน่วยงานสถานศึกษา ในสังกัดสำนักงานบริหาร การศึกษาพิเศษ กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อกำหนดเป็นหน่วยงานเป้าหมายในการถ่ายทอด เทคโนโลยีงานวิจัย

3.3.2 จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย ไปยังหน่วยงาน เป้าหมาย

3.3.3 ถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยไปยังหน่วยงานเป้าหมายในรูปแบบฝึกอบรมและ สัมมนา



บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลดำเนินงานจากงานวิจัย โดยเริ่มต้นจากการพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาภายใต้แนวคิดฮาร์ดแวร์ต้นทุนต่ำ จากนั้นดำเนินการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ด้วยการนำไปทดสอบกับชุดแอปพลิเคชันทดสอบสมรรถนะงานที่ตำแหน่งด้วยสายตาที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาขึ้น เพื่อให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสมกับสมรรถนะการที่ตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เพื่อนำไปใช้สร้างระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตากับสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา รายละเอียดผลดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 3 หัวข้อ ดังนี้

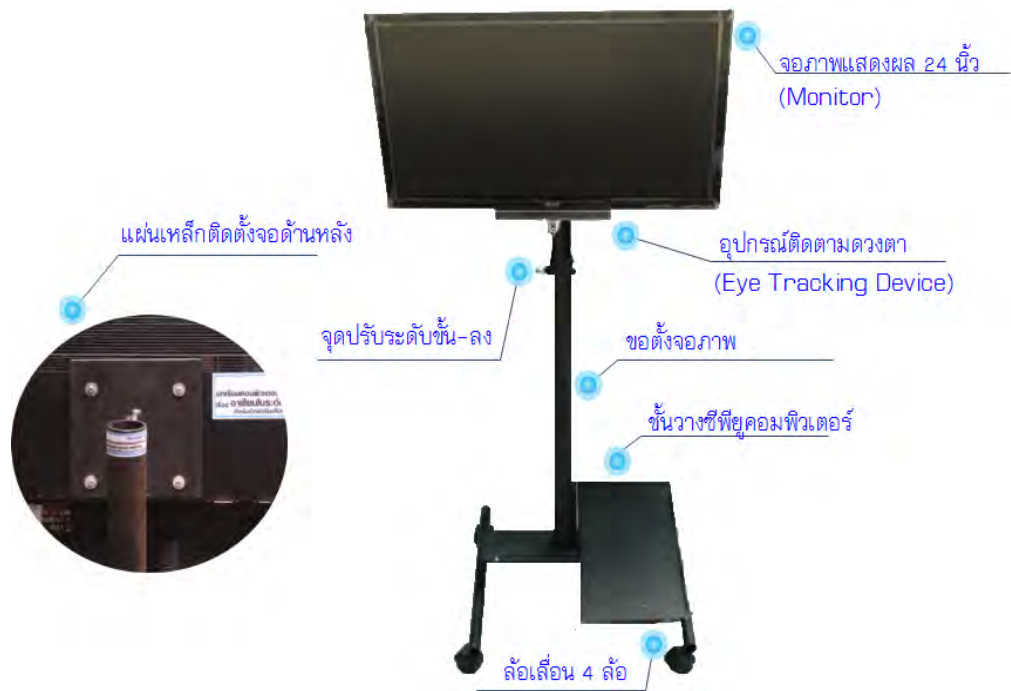
- 4.1 ผลการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา
- 4.2 ผลการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา
- 4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

ในส่วนการรายงานผลการพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ผลการพัฒนาฮาร์ดแวร์ตรวจจับและติดตามดวงตาภายใต้แนวคิดต้นทุนต่ำ และผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการที่ตำแหน่งด้วยสายตา โดยรายละเอียดในแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการพัฒนาชุดฮาร์ดแวร์ติดตามดวงตา

การพัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยพัฒนาภายใต้แนวคิดฮาร์ดแวร์ต้นทุนต่ำ โดยชุดฮาร์ดแวร์ติดตามดวงตาที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย อุปกรณ์กวาดสัญญาณภาพดวงตา The Eye Tribe บนคลื่นแสงอินฟราเรด (Infrared Spectrum) ตรวจจับและติดตามตำแหน่งของสายตาด้วยเทคโนโลยีประมวลผลบนสัญญาณภาพวีดิทัศน์ หรือ “วีโอจี” (Video-Oculography : VOG) ใช้จอภาพขนาด 24 นิ้ว และขาตั้งจอภาพซึ่งเป็นฐานเหล็กมีเสาสูง 150cm. ด้านบนติดตั้งแผ่นเหล็กให้สามารถติดตั้งจอภาพได้ เสาขาตั้งมีนอตยึดระดับเพื่อให้สามารถปรับระดับความสูงของจอภาพได้ตั้งแต่ 60cm. ถึง 120cm. ด้านล่างของฐานขาตั้งมีถาดรองเพื่อวางคอมพิวเตอร์ (Computer) และมีล้อ 4 ล้อเพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 โดยชุดฮาร์ดแวร์ติดตามดวงตาที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ แสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ชุดฮาร์ดแวร์ตรวจจับและติดตามดวงตาที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

4.1.2 ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา 3 ปัจจัย ประกอบด้วย ขนาด ตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบด้วยสายตา และระยะตรึงของสายตาเพื่อส่งการ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของสายตาของผู้เรียนบนสื่อบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยการพัฒนาซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของการชี้ตำแหน่ง ด้วยสายตา โดยกำหนดงาน (Job Task) ภายใต้แนวคิดกระทำตามคำสั่งเพื่อพิมพ์ตัวเลข 0-9 จำนวน 10 คำสั่งโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย กำหนดขนาดปุ่มโต้ตอบ 3 ขนาด คือ 100x100, 150x150, และ 200x200 จุดภาพ และกำหนดตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบ 10 ตำแหน่ง ด้วยการ จัดเรียงตำแหน่งแนวด้านบน (Top Alignment) จำนวน 3 ปุ่ม จัดตำแหน่งแนวด้านล่าง (Button Alignment) จำนวน 3 ปุ่ม จัดตำแหน่งแนวชิดซ้าย (Left Alignment) จำนวน 2 ปุ่ม และการจัดตำแหน่งชิดขวา (Right Alignment) จำนวน 2 ปุ่ม จัดเรียงบนหน้าจอขนาด 1024x768 จุดภาพ กำหนดระยะตรึงของสายตา 5 ระยะ คือ 250, 500, 750, 1000, และ ระยะตรึงของสายตา 1250 มิลลิวินาที ตามลำดับ ตัวอย่างภาพหน้าจอซอฟต์แวร์ทดสอบ ประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตาแสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างภาพหน้าจอซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา

จากภาพที่ 4-2 ระบบจะแสดงคำสั่งให้ผู้ทดสอบเพ่งมองสายตาไปยังปุ่มโต้ตอบหมายเลข 2 ด้วยการออกคำสั่งตรงบริเวณกลางจอภาพ จากนั้นปุ่มโต้ตอบหมายเลข 2 จะถูกเปลี่ยนสีเป็นสีแดงเช่นเดียวกับส่วนของคำสั่ง ผู้ทดสอบต้องเพ่งมองสายตาไปปุ่มหมายเลข 2 แล้วตรึงสายตาตามระยะเวลาที่กำหนด หากทำสำเร็จปุ่มหมายเลข 2 จะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงินเช่นเดิม จากนั้นระบบจะสุ่มหมายเลขถัดไปเพื่อสั่งให้ผู้ทดสอบเพ่งมองไปยังปุ่มโต้ตอบหมายเลขดังกล่าวรวมจำนวน 10 คำสั่งจนครบ อย่างไรก็ตามระบบจะไม่ออกคำสั่งถัดไปหากผู้ทดสอบยังทำตามคำสั่งปัจจุบันไม่สำเร็จ และในขณะที่ทดสอบระบบจะดำเนินการบันทึกตำแหน่งของสายตา (x,y) และเวลาการทำงานทั้งหมดอีกด้วย

ทดสอบประสิทธิภาพนี้ทดสอบกับนักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ซึ่งเป็นประชากรกลุ่มทดสอบเบื้องต้นจำนวน 5 ราย วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพโดยอ้างอิงค่าวัดประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ISO 9241-9 : (2000) ซึ่งเป็นมาตรฐานจากองค์การระหว่างประเทศเพื่อการมาตรฐาน (International Organization for Standardization : ISO) ส่วนที่ 9 ประกอบด้วย ค่าประสิทธิภาพทฤษฎี (Throughput : *TP*) ค่าเวลารวมของความสำเร็จของงาน (Complete Time Tracking : *CTT*) และค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนในการทำตามคำสั่ง (Error of Task) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา เพื่อให้ได้ขนาด ตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบด้วยสายตา รวมทั้งระยะเวลาจริงของสายตาที่ดีที่สุด สำหรับพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป รายละเอียดผลการทดสอบประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของสายตาแสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานตามคำสั่งด้วยสายตา

ขนาดปุ่มโต้ตอบ (Pixel)	ระยะตริ้ง สายตา (ms.)	CCT (Minute)	TP (Bits/s)	Error of Task (%)
ปุ่มโต้ตอบขนาด 100x100	250	14.31	0.51	38.00
	500	6.46	0.95	30.00
	750	9.28	0.83	34.00
	1000	9.51	0.81	34.00
	1250	13.45	0.53	40.00
ปุ่มโต้ตอบขนาด 150x150	250	12.19	0.56	34.00
	500	6.29	0.97	12.00
	750	7.29	0.86	20.00
	1000	9.10	0.81	24.00
	1250	13.22	0.53	22.00
ปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200	250	10.49	0.59	16.00
	500	5.39	0.99	6.00
	750	6.35	0.87	8.00
	1000	9.57	0.82	8.00
	1250	12.41	0.54	6.00

จากตารางที่ 4-1 สามารถอธิบายประสิทธิภาพการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาได้ดังนี้

4.1.2.1 ผลการทดสอบค่าเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด (CTT)

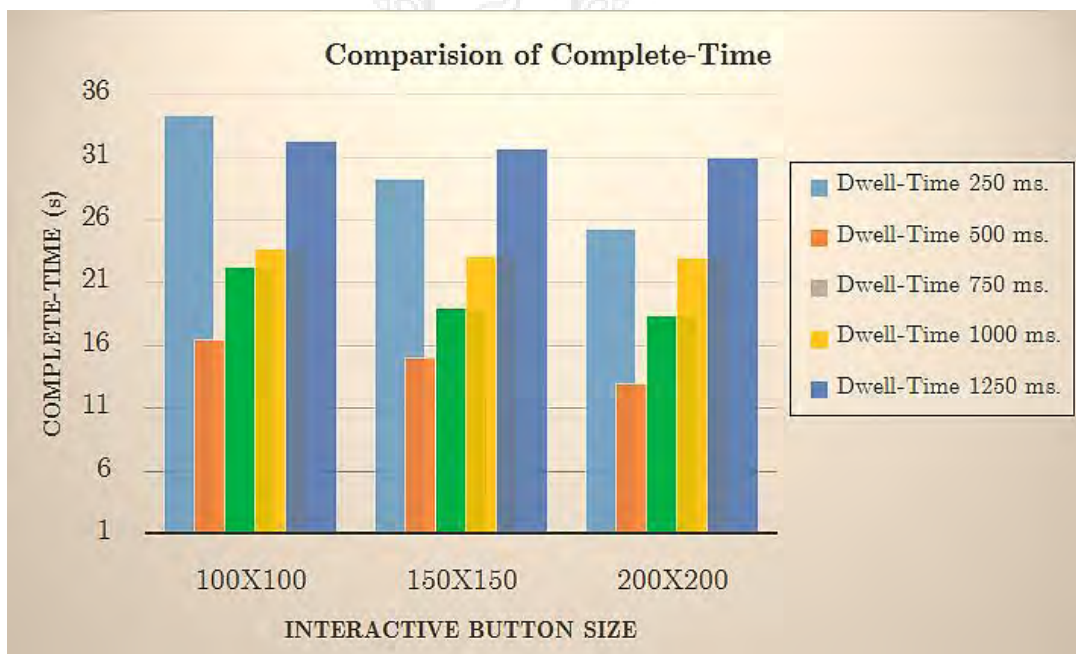
ก) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 100x100 จุดภาพ
ใช้เวลาในการทดสอบการทำงานตามคำสั่งที่ดีที่สุดกับระยะตริ้งของสายตา 500 มิลลิวินาที มีค่าเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด 6 นาที 46 วินาที หรือที่อัตราความเร็วเฉลี่ยในการทำงานต่อคำสั่งโดยประมาณ 8 วินาที

ข) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 150x150 จุดภาพ
ใช้เวลาในการทดสอบการทำงานตามคำสั่งที่ดีที่สุดกับระยะตริ้งของสายตา 500 มิลลิวินาทีเช่นกัน มีค่าเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด 6 นาที 29 วินาที หรือที่อัตราความเร็วเฉลี่ยในการทำงานต่อคำสั่งโดยประมาณ 7 วินาที

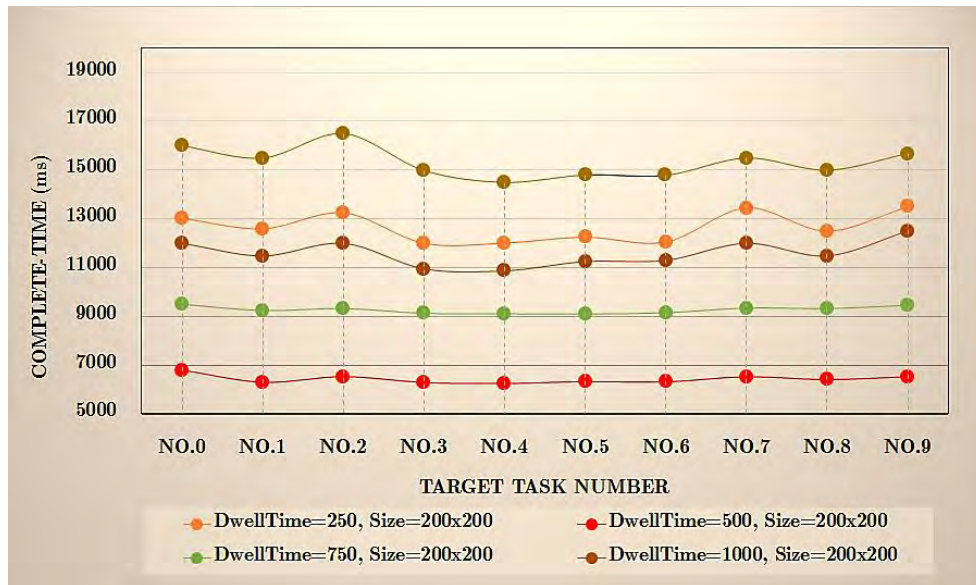
ค) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 จุดภาพ

ใช้เวลาในการทดสอบการทำงานตามคำสั่งที่ดีที่สุดกับระยะตรึงของสายตา 500 มิลลิวินาที มีค่าเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด 5 นาที 39 วินาที หรือที่อัตราความเร็วเฉลี่ยในการทำงานต่อคำสั่งโดยประมาณ 6 วินาที

จากผลการทดสอบค่าเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด (CTT) แสดงให้เห็นว่าระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำมาให้นักเรียนกลุ่มทดสอบเบื้องต้นจำนวน 5 ราย ทดสอบการพิมพ์ตัวเลข 0-9 ตามคำสั่งจำนวน 10 คำสั่ง รวมทั้งสิ้น 50 คำสั่ง พบว่า เวลา CTT ที่ดีที่สุดเท่ากับ 5 นาที 39 วินาที โดยทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 จุดภาพ ด้วยระยะตรึงสายตา 500 มิลลิวินาที อย่างไรก็ตามค่า CTT ผลลัพธ์ที่คำนวณได้รวมระยะเวลาตรึงของสายตาในการสั่งการด้วย รายละเอียดผลการเปรียบเทียบค่า CTT ในการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-3 และกราฟเปรียบเทียบอัตราความเร็วเฉลี่ยต่อคำสั่งที่ดีที่สุดของระยะตรึงสายตาแต่ละระยะแสดงดังภาพที่ 4-4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-3 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์เวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมด



ภาพที่ 4-4 กราฟเปรียบเทียบเวลาทำงานเฉลี่ยต่อคำสั่งด้วยสายตาที่ดีที่สุดของระยะตรงสายตาที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

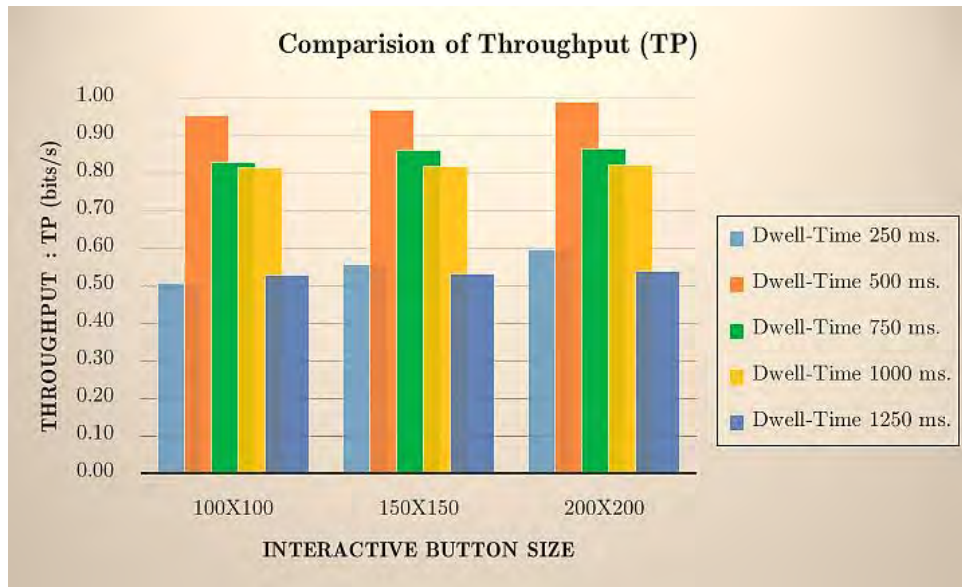
4.1.2.2 ผลการทดสอบค่าสมรรถนะการทำงานทฤษฎี (TP)

ก) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 100x100 จุดภาพ มีอัตราความเร็วในการทำงานที่ดีที่สุดที่ระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาที ด้วยอัตราความเร็วในการทำงานเฉลี่ย 0.95 บิตต่อวินาที

ข) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 150x150 จุดภาพ มีอัตราความเร็วในการทำงานที่ดีที่สุดที่ระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาทีเช่นกัน ด้วยอัตราความเร็วในการทำงานเฉลี่ย 0.97 บิตต่อวินาที

ค) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 จุดภาพ มีอัตราความเร็วในการทำงานที่ดีที่สุดที่ระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาที ด้วยอัตราความเร็วในการทำงานเฉลี่ย 0.99 บิตต่อวินาที

จากผลการทดสอบค่าสมรรถนะในการทำงานทฤษฎี (TP) แสดงให้เห็นว่าระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำมาให้นักเรียนกลุ่มทดสอบเบื้องต้น จำนวน 5 คน ทดสอบการพิมพ์ตัวเลข 0-9 ตามคำสั่งจำนวน 10 คำสั่ง รวมทั้งสิ้น 50 คำสั่ง พบว่า ค่าสมรรถนะ TP ที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.99 บิตต่อวินาที โดยทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 จุดภาพ ด้วยระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาที รายละเอียดผลการเปรียบเทียบค่า TP ในการทดสอบแสดงดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์สมรรถนะการทำงานทรูพุด

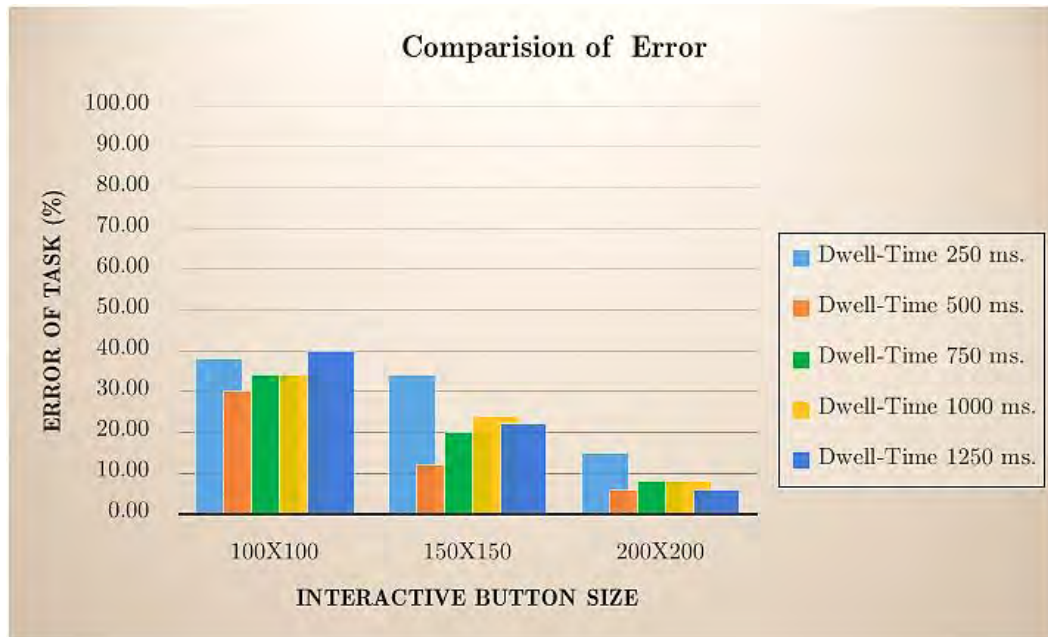
4.1.2.3 ผลการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนในการทำงาน (*Error of Task*)

ก) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 100x100 จุดภาพ มีค่าคลาดเคลื่อนในการทำงานตามคำสั่งที่น้อยที่สุด ด้วยระยะเวลาตั้งของสายตา 500 มิลลิวินาที ด้วยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 30

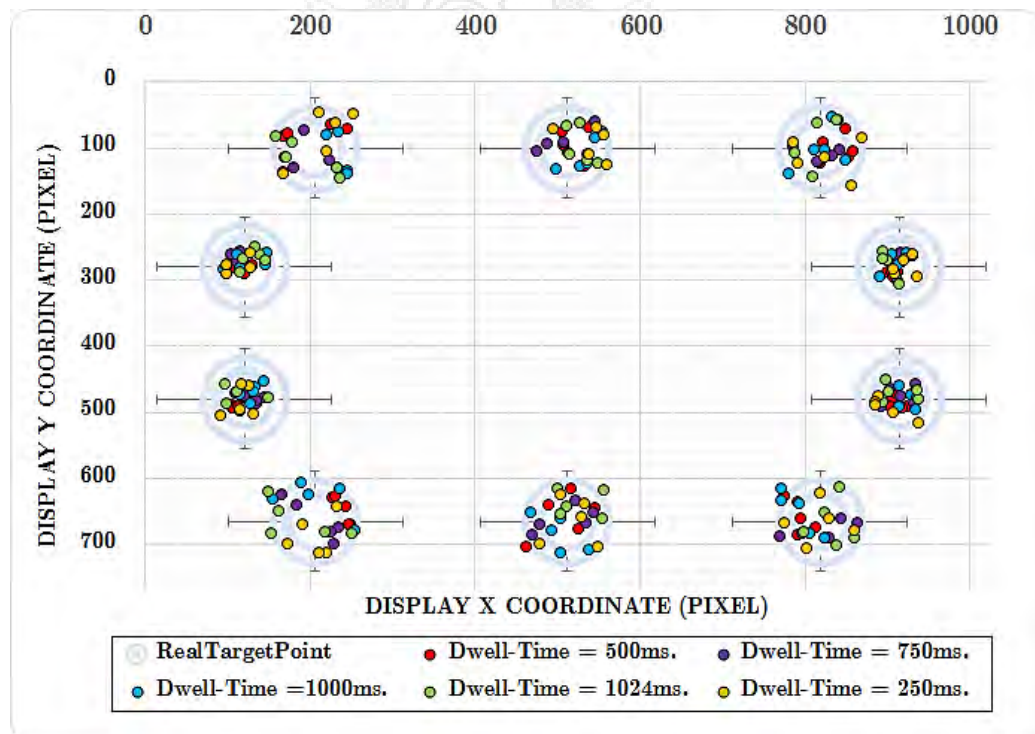
ข) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 150x150 จุดภาพ มีค่าคลาดเคลื่อนในการทำงานตามคำสั่งที่น้อยที่สุด ด้วยระยะเวลาตั้งของสายตา 500 มิลลิวินาที ด้วยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 12

ค) ประสิทธิภาพการทำงานบนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 จุดภาพ มีค่าคลาดเคลื่อนในการทำงานตามคำสั่งที่น้อยที่สุด ด้วยระยะเวลาตั้งของสายตา 500 มิลลิวินาที ด้วยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 6

จากผลการทดสอบค่าคลาดเคลื่อนในการทำงานตามคำสั่ง (*Error of Task*) แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาตั้งของสายตา 500 มิลลิวินาที บนปุ่มโต้ตอบขนาด 200x200 ผู้ทดสอบสามารถชี้ตำแหน่งเพื่อสั่งการตามคำสั่งได้ดีที่สุดที่คลาดเคลื่อนร้อยละ 6 และเมื่อพิจารณาตำแหน่ง (Location) ของปุ่มโต้ตอบบนจอภาพพบว่าตำแหน่งหมายเลข 3, 4, 5, และ 6 คือพื้นที่ที่ผู้ทดสอบสามารถชี้ตำแหน่งตามคำสั่งได้ดีที่สุด รายละเอียดการเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนจากการทำงานตามคำสั่ง แสดงดังภาพที่ 4-6 และผลลัพธ์การเปรียบเทียบตำแหน่งของสายตาบนปุ่มโต้ตอบแสดงดังภาพที่ 4-7



ภาพที่ 4-6 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากการทำงานตามคำสั่ง



ภาพที่ 4-7 แบบจำลองผลลัพธ์ของตำแหน่งสายตาดำเนินได้ตอบที่ดีที่สุด (200x200 จุดภาพ)

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา พบว่า ขนาดปุ่มโต้ตอบมีผลต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา โดยปุ่มโต้ตอบไม่ควรมีขนาดต่ำกว่า 200x200 จุดภาพ และตำแหน่งที่เหมาะสมของปุ่มโต้ตอบอยู่บริเวณแนวชิดซ้าย (Left Alignment) และตำแหน่งชิดขวา (Right Alignment) ของจอภาพ สำหรับระยะตรงของสายตา ก็มีผลต่อไปประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของสายตาด้วยเช่นกัน หากน้อยไปก็จะทำให้ผู้ทดสอบสั่งการผิดพลาด ดังจะเห็นจากค่าคลาดเคลื่อนจากการทำงานตามคำสั่ง (Error of Task) จะมีค่าที่สูง และหากมากไปก็จะทำให้มีเวลารวมของความสำเร็จของงานทั้งหมดมากขึ้น โดยผลการทดสอบในครั้งนี้พบว่าระยะตรงของสายตาที่เหมาะสมคือ ระยะตรงสายตา 500 มิลลิวินาที ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา นี้ จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบ และกำหนดขนาด ตำแหน่ง และระยะตรงของสายตาเพื่อสั่งการบนสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป

4.2 ผลการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา

การพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยดวงตา เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีติดตามดวงตากับงานด้านสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ ในส่วนการรายงานผลการดำเนินงานวิจัยคณะผู้วิจัยแบ่งการรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ (1) ผลการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (2) ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน และ (3) ผลการศึกษาความคิดเห็นของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ และบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น โดยรายละเอียดผลการพัฒนาและวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละส่วนมีดังนี้

4.2.1 ผลการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

การพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนศึกษาในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ คณะผู้วิจัยใช้เนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของสมเกียรติ ภูระหงษ์ และคณะ (2558) ซึ่งเป็นหนังสือแบบเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื้อหาหน่วยเรียนแบ่งออกเป็น 4 หน่วย ประกอบด้วย

หน่วยเรียนที่ 1: ทำความรู้จักอาเซียน

หน่วยเรียนที่ 2: ลักษณะสังคมและวัฒนธรรมของอาเซียน

หน่วยเรียนที่ 3: ลักษณะการเมืองการปกครองของอาเซียน

หน่วยเรียนที่ 4: เศรษฐกิจของอาเซียน

จากนั้นคณะผู้วิจัยพัฒนาตามขั้นตอนวิธีการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย เขียนผังมโนลำดับหน่วยเรียน และหัวข้อเรื่อง เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย (Multiple Choice) 4 ตัวเลือกให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชาความรู้อาเซียนในระดับประถมศึกษา จำนวน 40 ข้อ จากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วนำผลการประเมินคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Object Congruence; IOC) แล้วพิจารณาข้อสอบที่มีค่า $IOC \geq 0.50$ ขึ้นไป ผลการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบพบว่า มีความเหมาะสมจำนวน 38 ข้อ และไม่มีความเหมาะสมจำนวน 2 ข้อ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบโดยรวมเท่ากับ 0.91 *รายละเอียดผลการทดสอบค่าดัชนีความสอดคล้องแสดงในภาคผนวก ข*

คณะผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เสนอแนะความคิดเห็น แล้วนำไปทดสอบเบื้องต้นกับนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางการควบคุม ด้วยมือ จำนวน 5 ราย เพื่อหาค่าความยาก (Difficulty; P_i) ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination; D_i) ของข้อสอบรายข้อ โดยเกณฑ์ค่าความยากของข้อสอบ คือ $0.40 > P_i < 0.60$ และเกณฑ์ค่าอำนาจการจำแนกของข้อสอบ คือ $D_i \geq 0.20$ จากนั้นนำข้อสอบที่ได้สุ่มอย่างง่าย (Item Simple Random) โดยสุ่มข้อสอบในแต่ละบทเรียนๆ ละ 5 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบที่นำไปใช้สร้างเป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ *รายละเอียดผลข้อสอบที่นำไปใช้สร้างแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงในภาคผนวก ข*

จากนั้นคณะผู้วิจัยนำเนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้แล้ว และนำข้อสอบจริงจำนวน 20 ข้อ มาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Adobe Flash ใส่แอคชันสคริปต์คำสั่ง (Action Script) ส่วนโต้ตอบกับผู้เรียนบนปุ่มโต้ตอบผ่านเหตุการณ์ MouseEvent.ROLL_OVER โดยกำหนดขนาดปุ่มโต้ตอบสำหรับควบคุมการไหลของหน้าจอเป็นแบบวงกลม (Circular) มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดมากกว่า 200 จุดภาพ และกำหนดขนาดปุ่มโต้ตอบควบคุมการเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular) ขนาดมากกว่า 200x200 จุดภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนปุ่มโต้ตอบในแต่หน้าจอ โดยเน้นการออกแบบปุ่มโต้ตอบให้ชัดเจนและมีขนาดใหญ่พอสำหรับการชี้ตำแหน่งด้วยสายตา สำหรับตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบควบคุมการไหลของหน้าจอ จัดเรียงตามแนวชิดซ้าย (Left Alignment) และตำแหน่งชิดขวา (Right Alignment) ของจอภาพ

และกำหนดระยะเวลาตรึงของสายตา (Dwell-Time) เท่ากับ 500 มิลลิวินาที พร้อมแสดงสถานะเวลาในการเพ่งมองสายตาด้วยตัวเลขวินาทีแบบ Top-Down จะเห็นได้ว่า ขนาดตำแหน่ง และระยะตรึงของสายตาที่กำหนดในการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาข้างต้นนั่นเอง

เมื่อพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จ คณะผู้วิจัยดำเนินการประเมินคุณภาพด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา โดยสร้างแบบสอบถามประเมินคุณภาพสื่อ นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องในข้อคำถาม (Item Object Congruence; *IOC*) แล้วพิจารณาข้อสอบที่มีค่า *IOC* ≥ 0.50 ขึ้นไป ผลการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องของคำถามพบว่า ข้อคำถามของแบบประเมินคุณภาพสื่อทุกข้อมีความเหมาะสมมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบโดยรวม เท่ากับ 0.88 จากนั้นนำเสนอแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษาต่อผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษาจำนวน 5 ท่านพิจารณา และให้ข้อคิดเห็น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
ด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อจำนวน 5 ราย

รายการ	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. การจัดการเรียนและปฏิสัมพันธ์	4.53	0.04	ดีมาก
2. อักษร และสี	4.51	0.04	ดีมาก
3. ภาพ ภาษา และเสียงบรรยาย	4.51	0.05	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.52	0.19	ดีมาก

จากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล 4-2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษาเห็นว่าสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีคุณภาพที่ดีมากเหมาะสมในการนำไปใช้งานเป็นสื่อการเรียนการสอนเนื้อหาอาเซียนศึกษาในระดับประถมศึกษาโดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.52 โดยมีค่าเฉลี่ยรายด้านประกอบด้วย (1) ด้านการจัดการเรียนและรูปแบบปฏิสัมพันธ์ (2) ด้านอักษรและสีอักษร และ (3) ด้านภาพ ภาษา และเสียงบรรยาย ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าสื่อมีคุณภาพที่ดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.53, 4.51 และ 4.51 ตามลำดับ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ตัวอย่างภาพหน้าจอผลการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ แสดงดังภาพที่ที่ 4-8 ถึง ภาพที่ 4-21 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-8 หน้าจอหลักเข้าสู่ระบบสื่อการเรียนการสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา



ภาพที่ 4-9 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ภาพที่ 4-10 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 1



ภาพที่ 4-11 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 2



ภาพที่ 4-12 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 3



ภาพที่ 4-13 หน้าจอหลักเข้าสู่หน่วยเรียนที่ 4

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
อาเซียนศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๔
กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม



7. สถานที่สำคัญ

1

ประเทศสมาชิกอาเซียนที่มีสถานที่สำคัญหลายแห่ง ซึ่งแต่ละแห่งก็มีชื่อเสียงและเป็นที่ยู้งักกันดี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เมืองพุกาม ประเทศพม่า

เมืองพุกามประเทศพม่า ได้ชื่อว่าเป็นเมืองแห่งทะเลเจดีย์ ที่มีความสวยงามและเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง



ภาพที่ 4-14 ตัวอย่างหน้าจอเนื้อหาหัวข้อภายในหน่วยเรียน

แบบทดสอบท้ายหน่วยที่ 2

ข้อ 1. สิงคโปร์มีคนเชื้อสายใดมากที่สุด

ก

จีน

ข

ไทย

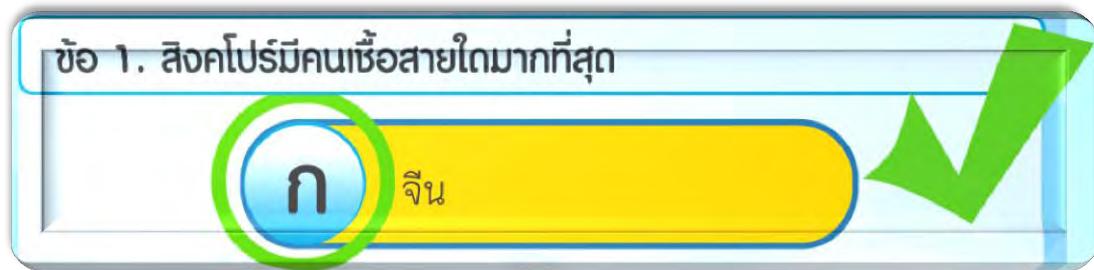
ค

อินเดีย

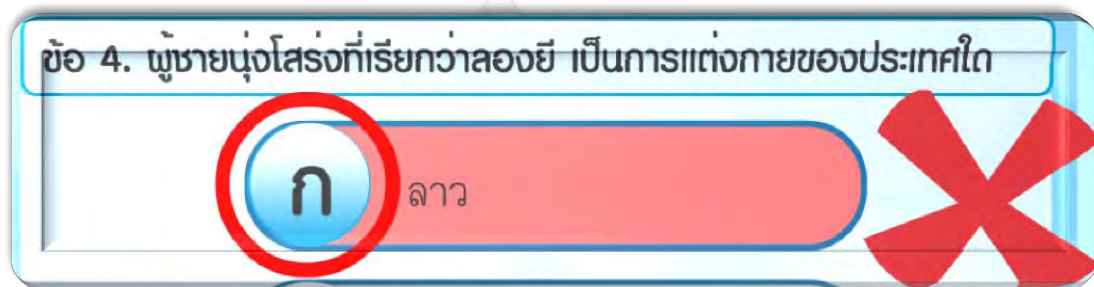
ง

มาเลเซีย

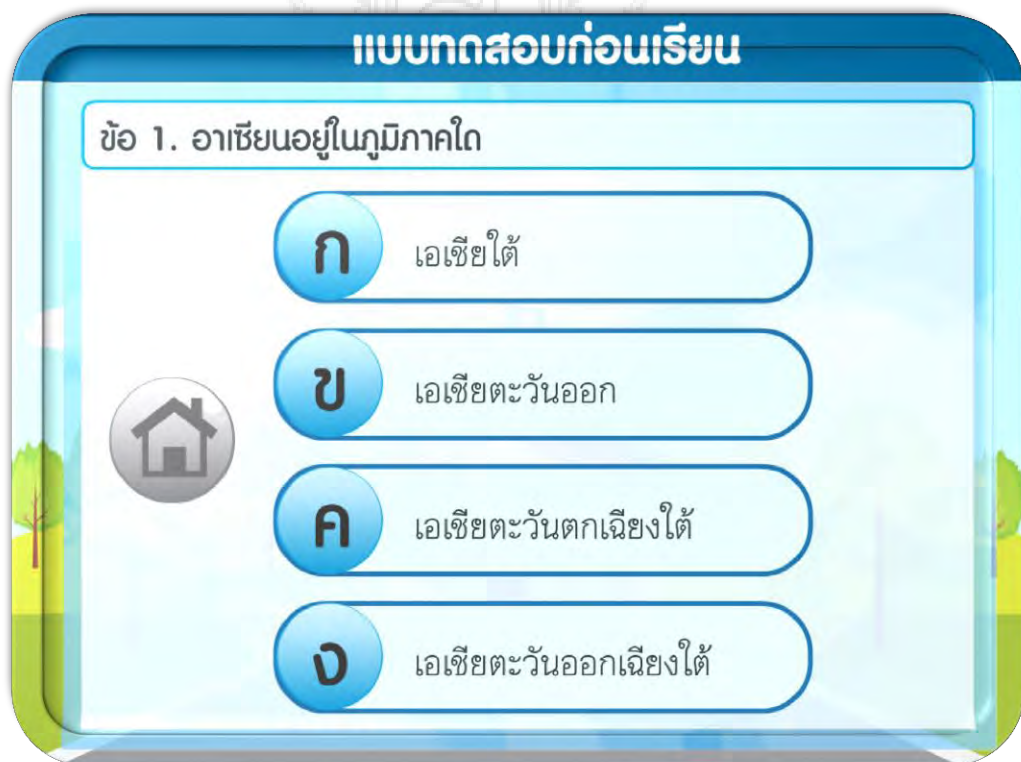
ภาพที่ 4-15 ตัวอย่างหน้าจอแบบฝึกหัดหน่วยเรียน



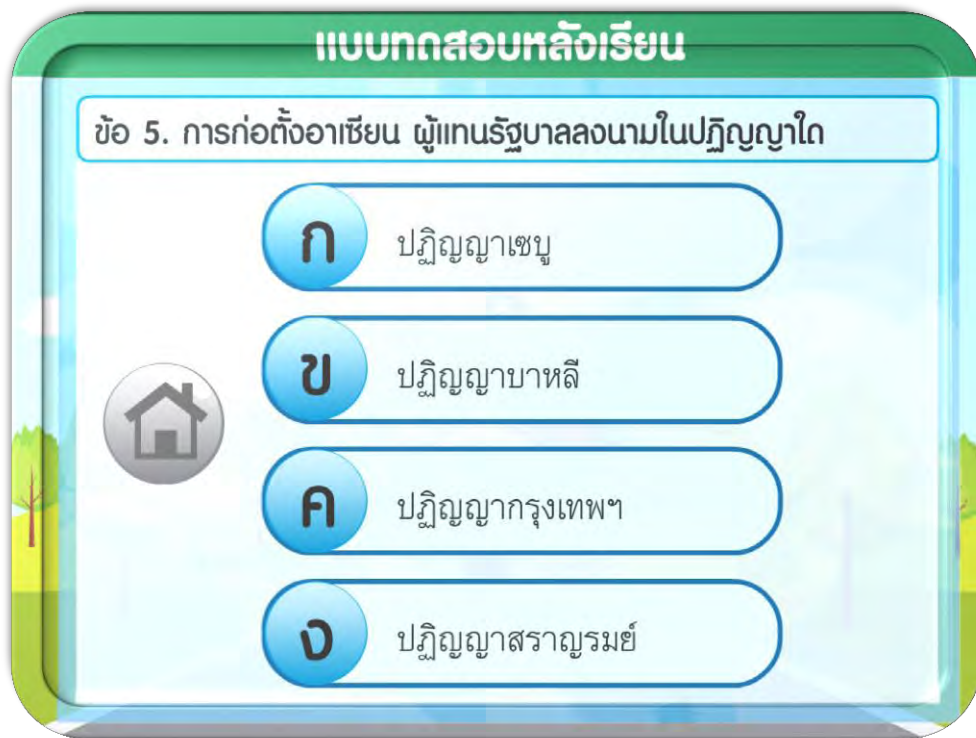
ภาพที่ 4-16 ตัวอย่าง User Feedback เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบถูกต้อง



ภาพที่ 4-17 ตัวอย่าง User Feedback เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบผิด



ภาพที่ 4-18 ตัวอย่างหน้าจอแบบทดสอบก่อนเรียน



ภาพที่ 4-19 ตัวอย่างหน้าจอแบบทดสอบหลังเรียน



(ก) Feedback สถานะปกติ (ข) Feedback สถานะถูกเลือกด้วยการเพ่งมอง

ภาพที่ 4-20 สถานะปุ่มโต้ตอบควบคุมการไหลของเฟรมสื่อเมื่อผู้ใช้เพ่งมองสายตา



(ก) ตัวเลขบอกสถานะเริ่มต้นสั่งการ (ข) ตัวเลขสถานะสิ้นสุดการสั่งการ

ภาพที่ 4- 21 ตัวเลขแสดงสถานะระยะครึ่งของสายตาเพื่อให้ผู้ใช้ทราบ (Feedback)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา” สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

คณะผู้วิจัยดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา กับประชากรนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือในระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ สังกัดมูลนิธิธิดานุเคราะห์คนพิการในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาหนองบุรี เขต 2 ตำบลบางตลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี จำนวน 15 คน โดยแบ่งประชากรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ประชากรชุดทดสอบเบื้องต้น (Trial Out) จำนวน 5 ราย และประชากรกลุ่มทดสอบจริง (Trial Run) จำนวน 10 ราย โดยรูปแบบการทดสอบมีลักษณะเป็นการทดสอบแบบเดี่ยว (Individual Testing) สำหรับนักเรียน 1 คน ต่อผู้ควบคุมการทดสอบ 1 คน โดยมีรายละเอียดผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ผลการทดสอบเบื้องต้น (Try Out Experimental Result)

การทดสอบเบื้องต้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่างๆ ประกอบด้วย ความชัดเจนของการนำเสนอเนื้อหา ตัวอักษร รูปภาพที่ใช้ และความชัดเจนของภาษาที่ใช้ ความคมชัดของเสียงบรรยายและเสียงดนตรี โดยคณะผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายของสื่อ (E_1/E_2) เท่ากับ 80/80 และให้เวลานักเรียนฝึกปฏิบัติสั่งการด้วยสายตาเป็นเวลา 20 นาที เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยและมีความชำนาญในการสั่งการสื่อ ด้วยสายตา ทดสอบกับประชากรกลุ่มทดสอบเบื้องต้นจำนวน 5 ราย รายละเอียดผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากการทดลองใช้งานเบื้องต้นกับนักเรียนชุดทดสอบเบื้องต้นจำนวน 5 ราย

จำนวนผู้ทดสอบ	ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน		เกณฑ์การประเมิน
	กระบวนการ (E_1)	ผลลัพธ์ (E_2)	
5	70.00	71.00	80/80

$E_1/E_2 = 70/71$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า เมื่อทดลองใช้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตากับกลุ่มนักเรียนชุดทดสอบเบื้องต้นได้คะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 70 และคะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 71 ดังนั้นค่าประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เท่ากับ 70/71 ซึ่งค่าประสิทธิภาพนี้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คณะผู้วิจัยนำผลการทดสอบเสนอต่อที่ปรึกษางานวิจัย และคุณครูผู้สอนเนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาในระดับประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ เพื่อรับฟังข้อเสนอแนะต่างๆ ผลการปรึกษาหารือสามารถสรุปประเด็นปัญหา 2 ประเด็นหลัก คือ

ประเด็นแรก คณะผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายสูงเกินไป ไม่เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนกลุ่มบกพร่อง และรูปแบบการทดสอบเป็นแบบเดี่ยว (Individual Testing) และจากข้อมูลนักเรียนที่คัดกรองเข้าทดสอบพบว่า มีเด็กพิเศษประเภทซีพี (Cerebral Palsy; CP) ประเภท Spastic และ Spastic Diplegia เข้าร่วมการทดสอบด้วยจำนวน 2 ราย รายละเอียดข้อมูลแสดงไว้ในภาคผนวก ข

ประเด็นที่สองนักเรียนยังไม่มี ความชำนาญในการควบคุมด้วยสายตา ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเลือกคำตอบ อีกทั้งระยะเวลาการทดสอบค่อนข้างรีบเร่งในการเก็บข้อมูลเด็กนักเรียนเกิดความเมื่อยล้าสายตาในการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดสอบเบื้องต้น คณะผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยปรับเกณฑ์พิจารณาประสิทธิภาพของสื่อเป็น 70/70 เพื่อให้มีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของนักเรียนและรูปแบบการทดสอบ ดำเนินการวางแผนการทดสอบใช้งานจริงโดยเพิ่มเวลาให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติควบคุมสายตาเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้นักเรียนเกิดความคุ้นเคยและมีความชำนาญในการควบคุมสายตาในการสั่งการมากยิ่งขึ้น รวมทั้งให้นักเรียนพักเป็นเวลา 5 นาทีของการทดสอบในแต่ละหน่วยเรียน เพื่อช่วยลดอาการเมื่อยล้าของนักเรียนอีกด้วย

4.2.2.2 ผลการทดสอบใช้งานจริง (Trial Run Experimental Result)

คณะผู้วิจัยนำสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทดลองใช้งานจริงกับเด็กนักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องการควบคุมด้วยมือกลุ่มทดสอบจริง จำนวน 10 ราย โดยมีนักศึกษากลุ่มซีพีเข้าร่วมการทดสอบจำนวน 6 ราย ประกอบด้วยกลุ่ม Spastic Diplegia จำนวน 3 ราย Diplegia จำนวน 2 ราย และ Diplegia จำนวน 1 ราย โดยปรับปรุงเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมสื่อ (E₁/E₂) เท่ากับ 70/70 และระยะเวลาฝึกปฏิบัติควบคุมสายตาเป็นเวลา 30 นาที และหยุดพักทุก 5 นาที เมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบในแต่ละหน่วยเรียนรายละเอียดผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากการทดลองใช้งานจริงกับนักเรียนชุดทดสอบจริงจำนวน 10 ราย

จำนวนผู้ทดสอบ	ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน		เกณฑ์การประเมิน
	กระบวนการ (E ₁)	ผลลัพธ์ (E ₂)	
10	70.00	71.50	70/70
$E_1/E_2 = 70/71.50$			

จากตารางที่ 4-4 พบว่า เมื่อทดลองใช้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตากับกลุ่มนักเรียนชุดทดสอบใช้งานจริงได้คะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพของกระบวนการ (E₁) เท่ากับ 70 และคะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E₂) เท่ากับ 71.50 ดังนั้นค่าประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เท่ากับ 70/71.50 ซึ่งค่าประสิทธิภาพนี้ถึงเกณฑ์ที่กำหนดแสดงว่าสื่อมีประสิทธิภาพและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตานี้สามารถนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาสำหรับรายวิชากลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาในระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของเด็กนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือได้

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือระดับชั้นประถมศึกษา และบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คณะผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถาม ดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและพิจารณาข้อคำถามที่มีค่า $IOC \geq 0.50$ ขึ้นไป โดยผลการคำนวณค่า IOC ของข้อคำถามพบว่า ข้อคำถามของแบบประเมินความพึงพอใจทุกข้อมีความเหมาะสม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 โดยมีค่า IOC ของแบบสอบถามโดยรวม เท่ากับ 0.94 รายละเอียดผลการทดสอบแสดงในภาคผนวก ข จากนั้นดำเนินการนำแบบสอบถามทดสอบระดับความพึงพอใจกับผู้เรียนกลุ่มทดลองใช้งานจริงจำนวน 10 ราย และคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษาที่เกี่ยวข้องจำนวน 5 ราย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง

รายการ	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. เนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4.21	0.80	มาก
2. รูปแบบการนำเสนอ	4.43	0.57	มาก
3. คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ	4.16	0.94	มาก
เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.27	0.79	มาก

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบและบุคลากรที่เกี่ยวข้องพบว่า ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยสายตาอยู่ในระดับ มาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.27 อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานเห็นว่าระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยสายตาที่พัฒนาขึ้นใช้งานไม่ถนัด ดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยในข้อคำถาม “ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน” มีค่าเฉลี่ย 2.87 (รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงไว้ในภาคผนวก ข) ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมสั่งการตัวชี้ด้วยสายตาต้องดำเนินการเปรียบเทียบสายตาก่อนการใช้งานทุกครั้ง อีกทั้งในการทดลองมีเวลาค่อนข้างจำกัด ทำให้ผู้ใช้งานมีเวลาฝึกปฏิบัติการใช้สายตาควบคุมค่อนข้างน้อย ทำให้ทักษะการใช้สายตาควบคุมและสั่งการของผู้ใช้ยังมีไม่มากนัก ซึ่งหากให้ผู้ใช้งานมีเวลาฝึกปฏิบัติใช้สายตาสั่งการมากขึ้นจะทำให้ผู้ใช้งานมีทักษะ และเกิดความคุ้นเคยกับปฏิสัมพันธ์สั่งการสายตามากยิ่งขึ้น ส่งผลส่งผลให้ระดับความพึงพอใจในข้อนี้อยู่ในระดับที่มากขึ้น

4.3 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากงานวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้กำหนดกลุ่มเป้าหมายเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย คือ เด็กนักเรียน และบุคลากรด้านการสอน ของสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานบริหารการศึกษาพิเศษ กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 2 แห่ง คือ

4.3.1 ศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดชัยนาท อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท

4.3.2 ศูนย์การศึกษาพิเศษเขต 6 หน่วยบริการโคกสำโรง อ.โคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

โดยมีวิธีการถ่ายทอดด้วยการจัดฝึกอบรม และสาธิตการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อแห่ง ผลการสอบถามและร่วมประชุมปรึกษารื้อกับบุคลากรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยพบว่า ระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตาบนสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยมีประโยชน์และสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้ ตัวอย่างภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 4-22 และ ภาพที่ 4-23 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-22 ตัวอย่างภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย จังหวัดชัยนาท



ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยีงานวิจัย จังหวัดลพบุรี



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป และอภิปรายผล

รายงานการวิจัยฉบับนี้เสนอการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัย (1) เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้นแบบ เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาด้วยระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยดวงตา (2) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา และ (3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ และบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น โดยมีจุดมุ่งหวังเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสื่อการเรียนการสอนสำหรับเด็กนักเรียนผู้บกพร่องให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัย และเหมาะสมกับความบกพร่องของตน อันเป็นการลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา

การดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับและติดตามตำแหน่งของสายตาท้ายได้แนวคิดฮาร์ดแวร์ต้นทนต์ และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของสายตา ประกอบด้วย ขนาดตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบ และระยะตรึงของสายตาที่เหมาะสม เพื่อนำผลลัพธ์ที่หาได้ไปใช้ในพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งแบ่งส่วนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ (1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา (2) ผลการหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และ (3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดในแต่ละส่วนการศึกษาวิจัยสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

อุปกรณ์ติดตามดวงตาที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดฮาร์ดแวร์ต้นทนต์ เลือกใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตา The Eye Tribe ตรวจจับและติดตามตำแหน่งของสายตา (Gaze Point) ด้วยหลักการประมวลผลภาพวีดิทัศน์ (Video-Oculography; VOG) ที่ทำงานร่วมกับอุปกรณ์แปลงสัญญาณคลื่นแสงอินฟราเรด (Infrared Spectrum) ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณด้านล่างจอภาพที่ติดตั้งบนขาตั้ง งานวิจัยนี้พัฒนาอุปกรณ์ติดตามดวงตาจำนวน 5 ชุด

เพื่อให้เพียงพอต่อการทดสอบและเก็บข้อมูล ดำเนินการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการชี้ตำแหน่งของสายตา ประกอบด้วย (1) ศึกษาปัจจัยขนาดปุ่มโต้ตอบจำนวน 3 ขนาด คือ 100x100, 150x150, และ 200x200 จุดภาพ (2) ศึกษาปัจจัยตำแหน่งปุ่มโต้ตอบประกอบด้วย 10 ตำแหน่ง และ (3) ศึกษาปัจจัยระยะตรงของสายตาเพื่อสั่งการ จำนวน 5 ระยะเวลา ประกอบด้วย 250, 500, 750, 1000 และ 1250 มิลลิวินาที ดำเนินการทดสอบกับนักเรียนผู้มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือจำนวน 5 ราย โดยการกำหนดคำสั่งจำนวน 10 คำสั่งเพื่อให้ผู้ทดสอบเพ่งมองสายตาไปยังตำแหน่งที่กำหนดบนจอภาพ เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 9241-9 (ISO. ISO/DIS 9241-9, 2000) ประกอบด้วย ค่าทราฟฟิค (Throughput; *TP*) ค่าเวลารวมของความสำเร็จของทั้งหมด (Complete Time Tracking : *CTT*) และค่าคลาดเคลื่อนของการทำงานตามคำสั่ง (Error of Task) สรุปผลการทดลองได้ว่า ขนาดปุ่มโต้ตอบที่เหมาะสมเท่ากับ 200x200 จุดภาพ ด้วยการใช้ระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาที โดยตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบที่ดีที่สุด คือ แนวขีดซ้าย และแนวขีดขวาของจอภาพ ดังนั้นขนาดปุ่มโต้ตอบในสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยจึงออกแบบไม่ให้ออกแบบให้ต่ำกว่า 200x200 จุดภาพ จัดเรียงในแนวขีดซ้าย-ขวาของจอภาพ โดยผู้เรียนควบคุมสั่งการด้วยระยะตรงของสายตา 500 มิลลิวินาที

5.1.2 สรุปผลการหาประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบโต้ตอบด้วยสายตา โดยใช้เนื้อหาสาระอาชีวศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของสมเกียรติ ภูระหงษ์ และคณะ (2558) ซึ่งเป็นหนังสือแบบเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื้อหาหน่วยเรียนแบ่งออกเป็น 4 หน่วย คณะผู้วิจัยพัฒนาตามขั้นตอนวิธีการพัฒนาสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วย เขียนผังมโนลำดับหน่วยเรียน และหัวข้อเรื่อง เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัย (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก พัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Adobe Flash ใส่แอคชันสคริปต์คำสั่ง (Action Script) ส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้เรียนบนปุ่มโต้ตอบผ่านเหตุการณ์ MouseEvent.ROLL_OVER โดยกำหนดขนาด และตำแหน่งของปุ่มโต้ตอบ รวมทั้งระยะตรงของสายตาโดยใช้ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา ดำเนินการเก็บข้อมูลและทดสอบกับประชากรนักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือในระดับชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนศรีสังวาลย์ โดยดำเนินการทดสอบ 2 ครั้ง ประกอบด้วย การทดสอบเบื้องต้น (Trial Out) และการทดสอบใช้งานจริง (Trial Run) โดยรูปแบบการทดสอบมีลักษณะเป็นการทดสอบแบบเดี่ยว (Individual Testing) แล้วนำผลการ

ทดสอบมาหาค่าประสิทธิภาพสื่อ (Effectiveness) จากการพิจารณาอัตราส่วนประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ต่อประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ในการทดสอบประสิทธิภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเบื้องต้นกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 ราย มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายที่กำหนดไว้ 80/80 โดยมีอัตราส่วนประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 70/71 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือกระบวนการ หรือกลุ่มประชาที่ทดสอบ มีข้อบกพร่องเกิดขึ้นจากการพิจารณาข้อมูลและร่วมกันปรึกษาหารือ สรุปผลได้ว่าเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 สาเหตุคือ ในการทดสอบครั้งนี้มีนักเรียนที่มีความบกพร่องกลุ่มเด็กซีพีเข้าร่วมการทดสอบด้วย 2 ราย เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือเพียงอย่างเดียวมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการทดสอบ อย่างไรก็ตามคุณครูผู้ดูแลและช่วยคัดกรองเด็กนักเรียนจากโรงเรียนศรีสังวาลย์ได้พิจารณาแล้วว่าเด็กนักเรียน 2 รายนี้สามารถเรียนรู้และใช้งานสื่อได้ แต่เป็นที่ทราบกันว่าเด็กเรียนในกลุ่มซีพีจะมีพัฒนาที่ช้ากว่าระดับการเรียนรู้ของเด็กปกติ อีกทั้งรูปแบบการเรียนการสอนของในโรงเรียนศรีสังวาลย์เน้นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนให้กับผู้เรียนเป็นรายบุคคลเพื่อให้มีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้และความพิการเฉพาะตน ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมาย 80/80 ซึ่งเป็นเกณฑ์สำหรับเด็กปกติจึงไม่มีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ สาเหตุประการสำคัญอีกสาเหตุหนึ่งคือ เด็กนักเรียนไม่สามารถควบคุมอารมณ์ ความตื่นเต้น รวมทั้งไม่มีความชำนาญในการใช้สายตาสั่งการบนปุ่มโต้ตอบที่เพียง และยังเกิดอาการเมื่อยล้าเมื่อต้องใช้สายตาควบคุมสื่อเป็นเวลานาน

ดังนั้นในการทดสอบการใช้งานสื่อจริงกับเด็กนักเรียนจำนวน 10 ราย คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการปรับเกณฑ์ประสิทธิภาพบทเรียนเป้าหมายใหม่เป็น 70/70 เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการระดับการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และดำเนินการปรับปรุงรูปแบบการทดสอบโดยให้เวลาเด็กนักเรียนฝึกปฏิบัติการที่ตำแหน่งด้วยสายตาเพิ่มขึ้น และให้หยุดพักสายตาขณะทดสอบในแต่ละหน่วยเรียน ผลลัพธ์ค่าประสิทธิภาพสื่อสรุปผลได้ว่าสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นในงานนี้มีประสิทธิภาพเหมาะสมช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจบทเรียนได้เป็นอย่างดีโดยมีค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์เป้าหมาย โดยมีอัตราส่วนประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_1/E_2) เท่ากับ 70/71.5

5.1.3 สรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง จำนวน 15 ราย สรุปได้ว่า ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระดับมาก

(\bar{X} =4.27, S.D.=0.79) อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานเห็นว่าระบบปฏิสัมพันธ์ควบคุมสั่งการด้วยสายตาที่พัฒนาขึ้นยังมีรูปแบบการใช้งานไม่ถนัดนัก

จากรายละเอียดสรุปผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปผลภาพรวมการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ได้ว่า การใช้อุปกรณ์ติดตามดวงตาต้นทนต์้าพัฒนาระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตากับการประยุกต์ใช้งานด้านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถทำงานได้ในระดับดี อย่างไรก็ตามทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสนับสนุน อาทิเช่น ขนาดของปุ่มโต้ตอบที่ต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอต่อความสามารถในการชี้ตำแหน่งของอุปกรณ์ ตำแหน่งที่จัดวางปุ่มโต้ตอบที่เหมาะสม รวมทั้งระยะตรึงของสายตาต้องไม่น้อย หรือมากเกินไป เพราะหากกำหนดน้อยไปผู้เรียนจะสั่งการผิดพลาด หรือที่เรียกว่าสั่งการโดยไม่ได้ตั้งใจ (Midas Touch Problem) และหากมากเกินไปก็จะทำให้ผู้เรียนจะไม่สามารถตรึงสายตากับปุ่มโต้ตอบตามระยะเวลาที่กำหนดได้สำเร็จ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การวิจัยในครั้งนี้ พัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตาใช้เนื้อหาสาระอาเซียนศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของสมเกียรติ ภูระหงษ์ และคณะ (2558) ซึ่งเป็นหนังสือแบบเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแบบเรียนของเด็กนักเรียนปกติ ซึ่งไม่มีความเหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนพิเศษที่มีความบกพร่อง ดังนั้นในการดำเนินงานวิจัยครั้งต่อไปควรวิเคราะห์เนื้อหาให้สอดคล้องกับระดับความรู้ของผู้เรียนกลุ่มบกพร่องเป็นรายบุคคล เนื่องจากความบกพร่องทางร่างกายและสติปัญญาของผู้เรียนถือเป็นอุปสรรคสำคัญ และส่งผลต่อระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละบุคคลให้มีความแตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพเป้าหมายจึงไม่ควรใช้เกณฑ์ของผู้เรียนที่มีสภาพปกติ

5.2.2 รูปแบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา ผู้ใช้งานต้องได้รับการฝึกฝนการใช้เครื่องมือและวิธีการสั่งการจนมีความชำนาญ จึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการสั่งงานด้วยสายตา อีกทั้งจะช่วยลดความตื่นเต้นผู้ใช้งานอีกด้วย นอกจากนี้อาจใช้วิธีการสั่งการด้วยสายตาแบบผสมร่วมกัน อาทิ การใช้วิธีสั่งการด้วยระยะตรึงของสายตาร่วมกับการกระพริบตา (Eye Blink) เพื่อช่วยในการสั่งการมีความรวดเร็ว และแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กิดานันท์ มลิทอง. (2540). *เทคโนโลยีทางการศึกษาและนวัตกรรม*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____ (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิณพิชญ์ชา มะมม. (2557). *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน: เทคโนโลยีศึกษาเพื่อพัฒนาความรู้และทักษะสำหรับนักศึกษาพยาบาล*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2557: 286-293.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2546). *การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์และบทเรียนเครือข่าย*. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เบญจจา ชลธารันนท์. (ม.ท.ป.). [ออนไลน์]. *เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ*. [สืบค้นวันที่ 10 มกราคม 2559]. จาก <http://dusithost.dusit.ac.th/~education/book/nawasarn1/01.pdf>
- พวงแก้ว กิจธรรม. (2547). *เอกสารการสอนเรื่องการศึกษาสำหรับคนที่มีความบกพร่องทางร่างกายหรือสุขภาพสำหรับนักศึกษาประกาศนียบัตรบัณฑิตและปริญญาโท สาขาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. (2528). *ไมโครคอมพิวเตอร์ประยุกต์ทางการศึกษา*. ศูนย์เสริมกรุงเทพ. 2558: 63-89.
- สมเกียรติ ภูระหงษ์ และคณะ. (2558). *แบบเรียน อาเซียนศึกษา ชั้นประถมศึกษาชั้นปีที่ 4*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์ (อจท).
- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2550). *พระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ พ.ศ. ๒๕๕๐*. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124/ตอนที่ 61, 27 กันยายน 2550.
- สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2555). [ออนไลน์]. *เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรพัฒนาศักยภาพบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการในระดับอุดมศึกษา เรื่องสิทธิในการขอรับบริการสนับสนุนและความรับผิดชอบของนักศึกษาพิการ*. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. [สืบค้นวันที่ 20 ธันวาคม 2558]. จาก <http://www.mua.go.th/users/des/information/Training%20for%20students%20with%20disabilities/Rights%20and%20Reponsibilities.pdf>

- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2551). พระราชบัญญัติการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการ พ.ศ. ๒๕๕๑. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125/ตอนที่ 28 ก, 1 กุมภาพันธ์ 2551.
- สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. (2552). คู่มือกฎหมายการปฏิบัติงานเพื่อการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- วีรวรรณ จันทนะทรัพย์ และพยุ่ง มีสัจ. (2559). การพัฒนาและวัดประสิทธิภาพระบบติดตามดวงตาต้นทูนตัว. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มีนาคม 2559: 141-145.
- ศิริชัย สงวนแก้ว. (2534). แนวทางการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. วารสาร Computer review, ปีที่ 8 ฉบับที่ 78:173-176.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (ม.ท.ป.). [ออนไลน์]. เทคโนโลยีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ. [สืบค้นวันที่ 15 มกราคม 2559]. จาก http://www.nectec.or.th/atc/history_t.html#content

ภาษาอังกฤษ

- Alessi, S., and Trollip, S. (1991). *Computer-Based Instruction : Method and developments*. 2nd ed. Engwood Cliffs, NJ : Prentice Hall. pp. 274-278.
- Alberto, D., S. and Daniela, L. (2009). Robust real time eye tracking for computer interface for disabled people. *Computer Method and Programs in Biomedicine*. 96, 1(October 2009): 1-11.
- Bloom, Benjamin, A. (1956). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David Mc Kay Company.
- Blythe, H. I., et al. (2012). Inserting spaces into Chinese text helps readers to learn new words: An eye movement study. *Journal of Memory and Language*. 67: 241-254.
- Bradski, G. and Kaebler, A. (2008). *Learning OpenCV Computer Vision with the OpenCV Library*. Cambridge : O'Reilly.
- Bruno, P., and Paulo, M. (2013). "An Interactive for People Suffering from Cerebral Palsy". *International Journal of Reliable and Quality E-Healthcare*. 2, 3: 30-43.
- Buswell, G., T. (1935). *How people look at picture. A study of the psychology of perception in art*. Chicago: The University of Chicago Press.

- Chronos Vision. (2014). [online]. *Scleral Search Coils 2D/3D*. [cited 18 April, 2016]. Available at: <http://www.chronos-vision.de/>
- Cook, M. A., and Polgar, J., M. (2008). *Cook and Hussey's Assistive Technologies: Principles and Practice*, 3e 3rd Edition. China: MOSBY Elsevier.
- Delabarre, E., B. (1898). "A method of recording eye-movements". *American Journal of Psychology*. 9, 4: 572-574.
- Dykes, K., M., and Lee, M., J. (1994). *Assistive Technology. Curricular and Instructional Approaches for Person with Severe Disabilities*. Massachusetts: Allyn and Bacon A Division of Paramount Publishing.
- Dongheng, L., Babcock, J. and Parkhurst, D. (2006). "openEyes : a low-cost head-mounted eye-tracking solution." In *Proceedings of the 2006 symposium on Eye tracking research & applications (ETRA06)*, ACM New York : USA, 95-100.
- Dongheng, L., Winfield, D. and Parkhurst, D. (2005). "Starburst : A hybrid algorithm for video-base eye tracking combining feature-base and model-base approaches." In *Proceeding of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ACM New York : USA, 79-99.
- Duchowski, A., T. (2007). *Eye Tracking methodology : Theory and practice*. Berlin : Springer.
- Gao, J., and et al. (2009). Application of hough transform in eye tracking and targeting. In *9th International IEEE Conference on Electronic Measurement & Instruments, ICEMI'09*, Beijing, China, 751-754.
- Gips, J. and Olivieri, P. (1996). EagleEyes : An eye control system for persons with disabilities. In *The Eleventh International Conference on Technology and Persons with Disabilities*. Los Angeles : MIT Press.
- Gütl, C., et al. (2004). "AdELE: A Framework for Adaptive E-Learning through Eye Tracking". In *Proceedings of IKNOW*.
- Hansen, D., W., and Qiang, J. (2010). In the Eye of the Beholder : A Survey of Models for Eyes and Gaze. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*. 32, 3: 478-500.
- Hess, C., W., Muri, R., and Meienberg, O. (1986). Recording of horizontal saccadic eye movements: methodological comparison between electro-oculography and infrared reflection oculography. *Neuro-Ophthalmology*. 6: 265-272.

- Huey, E., B. (1898). Preliminary experiments in the physiology and psychology of reading. *American Journal of Psychology*. 9, 4: 575-586.
- _____ (1900). On the psychology and physiology of reading. *American Journal of Psychology*. 11: 283-302.
- Javadi, A., H. and et al., SET: a pupil detection method using sinusoidal approximation. *Frontiers in Neuroengineering*. 8, 4(2015). Published online 2015 Apr 9. doi:10.3389/fneng.2015.00004.
- Javal, E. (1905). *Physiologie de la lecture et de l'écriture*. Paris : Alcan.
- Judd, C., H., McAllister, C., N., and Steel, W., M. (1905). General introduction to a series of studies of eye movements by means of kinoscopic photographs. In J.M. Baldwin, H.C. Warren & C.H. Judd (Eds.) *Psychological Review, Monograph Supplement*. 7: 1-16.
- Kocejko, T., Bujnowski, A. and Wtorek, J. (2008). Eye mouse for disabled. *Proceedings of Human System Interactions, 25-27 May 2008*: 199-202.
- Man, D. W. K., and Wong, M.-S. L. (2007). Evaluation of computer-access solutions for students with quadriplegic athetoid cerebral palsy. *American Journal of Occupational Therapy*. 61: 335-364.
- Nguyen, K., et al. (2002). Differences in the Infrared Bright Pupil Responses of Human Eyes. s.l., In *Proceeding of The 2002 Symposium on Eye Tracking Research & Application*. ETRA'02. ACM Press 2002: 133-138.
- Oscar, N., et al. (2015). Evaluation of multimedia education materials using eye tracking. In *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 197(2015): 2236-2243.
- PHYWE. (2015). [online]. Wir messen unsere Augenbewegungen. [cited 15 June, 2016]. Available: <http://www.phywe-systeme.com/>
- Raymond, D. and Sparks, C., T. (1901). The Angle Velocity of Eye Movement. *Psychological Review*. 8, 2: 145-157.
- Robinson, D., A. (1963). A method of measuring eye movements using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE Trans. Biomed. Electron BME*. 10: 137-145.

- Shuo Samuel Liu, et al. (2010). An Eye-Gaze Tracking and Human Computer Interface System for People with ALS and Other Locked-in Diseases. *Journal on Medical and Biological Engineering*. 32, 2(2010): 111-116.
- Stanberry, K., and Raskind, M., H. (2008). *Assistive Technology: A Parent's Guide*. London: GreatSchools Inc.
- Takahiro, I., et al. (2004). Passive driver gaze tracking with active appearance models. In *Proceedings of the 11th World Congress on Intelligent Transportation Systems*. pp. 1-12.
- The EyeWriter Project. (2013). The EyeWriter. [Online]. Available at: <http://www.eyewriter.org> [Accessed 10 07 2014].
- Veerawan, J., and Phayung, M. (2015). Evaluation of a Low-Cost Eye Tracking System for Computer Input. In *King Mongkut's University of Technology North Bangkok International Journal of Applied Science and Technology KMUTNB: IJAST*. 8(3). doi : <http://dx.doi.org/10.14416/j.ijast.2015.07.001>
- Xu, S., Jiang, H., and Lau, F.C., (2008). User-oriented document summarization through vision-based eye-tracking. In *IU09: Proceedings of the 13th international Conference on Intelligent user interfaces*, ACM, NY, USA, 7-16.
- Yarbus, A., L. (1967). *Eye movement and Vision*. New York: Plenum Press.






ภาคผนวก ก แบบฟอร์มต่างๆ

1. แบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพสื่อ
3. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
4. แบบสอบถามประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
5. แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. บอกความเป็นมา เหตุผลในการก่อตั้งและวัตถุประสงค์ของอาเซียนได้ 2. อธิบายความหมายของสัญลักษณ์ และคำขวัญอาเซียนได้ 3. บอกความสำคัญของกฎบัตรอาเซียนได้			
8. การตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ขออาเซียนใช้วิธีใด ก. จันทามติ ข. ทำประชามติ ค. เลขานุการอาเซียนเป็นผู้ตัดสิน ง. ลงคะแนน ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
9. ข้อใดตรงกับวัตถุประสงค์ของอาเซียน ก. ร่วมกันพัฒนาองค์กำลัง ข. ร่วมกันพัฒนาเศรษฐกิจ ค. ร่วมกันสร้างเขื่อนเก็บน้ำ ง. ร่วมกันสร้างตลาดการค้า ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
10. รวบรวมสัญลักษณ์ของอาเซียนหมายถึงข้อใด ก. 10 ประเทศสมาชิก ข. เอเชียตะวันออก ค. ประชากร 10 ประเทศ ง. กฎบัตรอาเซียน 10 ข้อ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
จุดประสงค์ หน่วยเรียนที่ 2 ลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมของประเทศสมาชิกอาเซียน			
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. อธิบายลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมของประเทศสมาชิกอาเซียนได้			
11. สิงคโปร์มีคนเชื้อสายใดมากที่สุด ก. จีน ข. ไทย ค. อินเดีย ง. มาเลย์ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
12. โบสถ์คริสต์จะพบได้มากในประเทศใด ก. บรูไน ข. มาเลเซีย ค. ฟิลิปปินส์ ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
13. ภาษาใดไม่ใช่ภาษาราชการของสิงคโปร์ ก. ภาษาทมิฬ ข. ภาษาสเปน ค. ภาษาอังกฤษ ง. ภาษาจีนกลาง ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. อธิบายลักษณะทางสังคมและวัฒนธรรมของประเทศสมาชิกอาเซียนได้			
14. ข้อใดเป็นประเทศที่ใช้ภาษามลายูเป็นภาษาราชการ ก. บรูไน มาเลเซีย ค. สิงคโปร์ เวียดนาม ข. กัมพูชา สิงคโปร์ ง. ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
15. ผู้ชายนุ่งผ้าโสร่งที่เรียกว่า ลองยีเป็นการแต่งกายของประเทศใด ก. ลาว ค. เวียดนาม ข. เมียนมาร์ ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
16. จากภาพ เป็นการแต่งกายของประเทศใด ก. ไทย ค. เวียดนาม ข. มาเลเซีย ง. ฟิลิปปินส์  ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
17. ประเทศใดที่มีกฎเคร่งครัดใน การห้ามดื่มสุรา ก. กัมพูชา ค. ฟิลิปปินส์ ข. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
18. ข้อใดเป็นอาหารของประเทศบรูไนที่มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก ก. อัมบูยัต ค. แหนมเนือง ข. หล่าเพ็ด ง. นาซี เลอแม็ก ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
19. การแสดงหนังใหญ่ของไทยมีลักษณะคล้ายกับการแสดงในข้อใด ก. ระบำอัปสรา ค. ฟ็อนหน้ากาก ข. หุ่นเชิดว้ายัง ง. หุ่นกระบอกน้ำ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
20. ถ้านักท่องเที่ยวต้องการไปเยี่ยมชมมัสยิดสีชมพูควรเดินทางไปประเทศใด ก. เมียนมาร์ ค. มาเลเซีย ข. บรูไน ง. ฟิลิปปินส์ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			

จุดประสงค์ : หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลักษณะการเมืองการปกครองของอาเซียน			
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. บอกข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเมืองการปกครองของประเทศสมาชิกอาเซียนได้			
21. ประเทศใดปกครองในระบอบสังคมนิยม ก. บรูไน ข. กัมพูชา ค. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
22. ประเทศใดมีประธานาธิบดีประเทศเป็นประมุข ก. ลาว ข. เมียนมาร์ ค. กัมพูชา ง. มาเลเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
23. ประเทศบรูไนปกครองด้วยระบอบใด ก. เผด็จการ ข. สังคมนิยม ค. ประชาธิปไตย ง. สมบูรณาญาสิทธิราชย์ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
24. ประเทศใดมีประมุขและผู้นำรัฐบาลเป็นคนเดียวกัน ก. ไทย ข. สิงคโปร์ ค. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
25. ชื่อทางการประเทศบรูไนคือชื่อใด ก. สาธารณรัฐบรูไน ข. ราชอาณาจักรบรูไน ค. เนการาบรูไนดารุสซาลาม ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยบรูไน ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
26. ประเทศใดมีชื่อทางการเหมือนชื่อประเทศ ก. มาเลเซีย ข. ฟิลิปปินส์ ค. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
27. ชื่อใดคือธงชาติของเมียนมาร์ ก.  ข.  ค.  ง.  ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. บอกข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเมืองการปกครองของประเทศสมาชิกอาเซียนได้			
28. ผู้นำรัฐบาลของกัมพูชาดำรงตำแหน่งใด ก. ประมุข ค. นายกรัฐมนตรี ข. ประธานาธิบดี ง. ประธานาธิบดีประเทศ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
29. ชื่อทางการของประเทศลาวคือชื่อใด ก. สาธารณรัฐลาว ค. สาธารณรัฐแห่งสหภาพลาว ข. ราชอาณาจักรลาว ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
30. นอกจากประเทศไทยแล้วการใช้คำราชาศัพท์ยังใช้ในประเทศใดต่อไปนี้ ก. กัมพูชา ค. อินโดนีเซีย ข. เวียดนาม ง. ฟิลิปปินส์ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
จุดประสงค์ : หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เศรษฐกิจของอาเซียน			
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. ยกตัวอย่างทรัพยากรที่สำคัญของประเทศสมาชิกอาเซียนได้ 2. ระบุสินค้าส่งออกและสินค้านำเข้าของประเทศสมาชิกอาเซียนได้			
31. ผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของอาเซียนคือชื่อใด ก. ข้าวเจ้า ค. ข้าวโอ๊ต ข. ข้าวฟ่าง ง. ข้าวสาลี ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
32. ประเทศเมียนมามีทรัพยากรธรรมชาติอะไรที่สำคัญ ก. ทองคำ ค. แร่ธาตุ ข. ลัตว์น้ำ ง. ถ่านหิน ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			
33. ประเทศมาเลเซียส่งออกสินค้าชื่อใด ก. กาแฟ ค. ยางพารา ข. ถ่านหิน ง. อาหารทะเล ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....			



โครงการวิจัยและพัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls.

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพสื่อ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน

ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

คำชี้แจง

แบบสอบถามความคิดเห็นชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสอดคล้องของ ข้อคำถาม ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและมีความเชี่ยวชาญ ขอได้โปรดพิจารณาความสอดคล้องในแต่ละ ข้อคำถามให้ครบถ้วน สมบูรณ์ และตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด เพราะความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ ในครั้งนี้

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่ารายการประเมินแต่ละข้อมี คำถามสามารถประเมินรายการได้ตรงความเหมาะสมหรือไม่

- +1 ท่านแน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นเหมาะสมกับรายการประเมิน
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นเหมาะสมกับรายการประเมิน
- 1 ท่านแน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่เหมาะสมกับรายการประเมิน

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

วีรวรรณ จันทะทรัพย์

หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพสื่อ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา
เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน
ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ความคิดเห็น			หมายเหตุ ข้อเสนอแนะ
		แน่ใจ +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1.	การจัดการบทเรียนและปฏิสัมพันธ์				
	1.1 การออกแบบหน้าจอบทเรียนโดยรวม				
	1.2 รูปแบบในการดำเนินการเรียน				
	1.3 ความเหมาะสมของการนำเสนอ				
	1.4 รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอต่อการใช้งาน				
	1.5 ความเหมาะสมของจำนวนกรอบ				
	1.6 ปุ่มและคำอธิบาย ง่ายต่อการใช้งาน				
2.	อักษร และสี				
	2.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ				
	2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ				
	2.3 แบบตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสม				
	2.4 ความเหมาะสมของการใช้สีของตัวอักษร				
	2.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นหลัง				
	2.6 สีของภาพ และกราฟิก โดยรวม				
	2.7 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยรวม				
3.	ภาพ ภาษา และเสียง				
	3.1 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย				
	3.2 ความสอดคล้องของภาพกับเนื้อหา				
	3.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการเรียน				
	3.4 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้				
	3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสมเข้าใจง่าย				
	3.6 ภาษาที่ใช้สอดคล้องกับภาพ				
	3.7 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



โครงการวิจัยและพัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls.

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

คำชี้แจง

แบบสอบถามความคิดเห็นชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาความสอดคล้องของข้อคำถาม ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิและมีความเชี่ยวชาญ ขอให้โปรดพิจารณาความสอดคล้องในแต่ละข้อคำถามให้ครบถ้วน สมบูรณ์ และตรงกับระดับความคิดเห็นท่านมากที่สุด เพราะความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ ในครั้งนี้

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่ารายการประเมินแต่ละข้อมีคำถามสามารถประเมินรายการได้ตรงความเหมาะสมหรือไม่

- +1 ท่านแน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นเหมาะสมกับรายการประเมิน
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นเหมาะสมกับรายการประเมิน
- 1 ท่านแน่ใจว่าข้อคำถามข้อนั้นไม่เหมาะสมกับรายการประเมิน

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

วีรวรรณ จันทะทรัพย์

หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา
เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน
ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ			หมายเหตุ ข้อเสนอแนะ
	แน่ใจ +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
1. เกี่ยวกับความพึงพอใจบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน				
1.1 บทเรียนใช้งานง่ายและสะดวก				
1.2 ลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา				
1.3 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา				
1.4 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหากับระดับผู้เรียน				
1.5 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง				
2. เกี่ยวกับความพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอ				
2.1 รูปแบบโดยรวมของการแสดงข้อมูลในหน้าแรก				
2.2 ความเหมาะสม ชัดเจน ความสวยงามของสี ขนาด ตัวอักษร และฉากหลัง				
2.3 ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่ง ส่วนประกอบต่าง ๆ				
2.4 การใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ในหน้าจอ				
2.5 ความน่าสนใจของหน้าจอภาพ				
3. เกี่ยวกับความพึงพอใจในประโยชน์ที่ได้รับ				
3.1 ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อบทเรียน				
3.2 ช่วยให้มีการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่				
3.3 ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน				
3.4 สามารถทบทวนบทเรียนได้				
3.5 ช่วยให้มี ความสนใจในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง				

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ



โครงการวิจัยและพัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls.

แบบสอบถามประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

คำชี้แจง

แบบสอบถามความคิดเห็นชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาคุณภาพด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ และมีความเชี่ยวชาญด้านสื่อเทคโนโลยีการศึกษา ขอได้โปรดพิจารณาระดับความเหมาะสมในแต่ละข้อคำถามให้ครบถ้วน สมบูรณ์ และตรงกับระดับความคิดเห็นท่านมากที่สุด เพราะความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยรวมและเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องมือสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ ในงานวิจัยนี้ต่อไป

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็น ซึ่งมี 5 ระดับความคิดเห็น ดังต่อไปนี้

ค่าระดับ 5 หมายถึง	เหมาะสมดีมาก
ค่าระดับ 4 หมายถึง	เหมาะสมดี
ค่าระดับ 3 หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าระดับ 2 หมายถึง	เหมาะสมพอใช้
ค่าระดับ 1 หมายถึง	ควรปรับปรุงแก้ไข

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

วีรวรรณ จันทะทรัพย์

หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แบบสอบถามประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา
เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน
ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	การจัดการบทเรียนและปฏิสัมพันธ์					
	1.1 การออกแบบหน้าจอบทเรียนโดยรวม					
	1.2 รูปแบบในการดำเนินการเรียน					
	1.3 ความเหมาะสมของการนำเสนอ					
	1.4 รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอต่อการใช้งาน					
	1.5 ความเหมาะสมของจำนวนกรอบ					
	1.6 ปุ่มและคำอธิบาย ง่ายต่อการใช้งาน					
2.	อักษร และสี					
	2.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ					
	2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ					
	2.3 แบบตัวอักษรที่ให้อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสม					
	2.4 ความเหมาะสมของการใช้สีของตัวอักษร					
	2.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นหลัง					
	2.6 สีของภาพ และกราฟิก โดยรวม					
	2.7 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยรวม					
3.	ภาพ ภาษา และเสียง					
	3.1 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย					
	3.2 ความสอดคล้องของภาพกับเนื้อหา					
	3.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการเรียน					
	3.4 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
	3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสมเข้าใจง่าย					
	3.6 ภาษาที่ใช้สอดคล้องกับภาพ					
	3.7 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน					

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....



โครงการวิจัยและพัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls.

แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

ต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา
เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน
ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

คำชี้แจง

แบบสอบถามความคิดเห็นชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับคุณภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนและบุคลากรทางการสอนเนื้อหาสาระอาเซียนศึกษา ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ใช้งานสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ ขอโปรดพิจารณาระดับพึงพอใจในแต่ละข้อคำถามให้ครบถ้วน สมบูรณ์ และตรงกับระดับความคิดเห็นท่านมากที่สุด เพราะความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยโดยรวมและเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเครื่องมือสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ ในงานวิจัยนี้ต่อไป

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความคิดเห็น ซึ่งมี 5 ระดับความคิดเห็น ดังต่อไปนี้

ค่าระดับ 5 หมายถึง	เหมาะสมดีมาก
ค่าระดับ 4 หมายถึง	เหมาะสมดี
ค่าระดับ 3 หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าระดับ 2 หมายถึง	เหมาะสมพอใช้
ค่าระดับ 1 หมายถึง	ควรปรับปรุงแก้ไข

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

วีรวรรณ จันทนะทรัพย์

หัวหน้าโครงการวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ
ต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา
เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียน
ที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. เกี่ยวกับความพึงพอใจใบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน					
1.1 ใบบทเรียนใช้งานง่ายและสะดวก					
1.2 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา					
1.3 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหากับระดับผู้เรียน					
1.5 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง					
2. เกี่ยวกับความพึงพอใจในรูปแบบการนำเสนอ					
2.1 รูปแบบโดยรวมของการแสดงข้อมูลในหน้าแรก					
2.2 ความเหมาะสม ชัดเจน ความสวยงามของสี ขนาดตัวอักษร และฉากหลัง					
2.3 ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งส่วนประกอบต่าง ๆ					
2.4 การใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ในหน้าจอ					
2.5 ความน่าสนใจของหน้าจอภาพ					
3. เกี่ยวกับความพึงพอใจในประโยชน์ที่ได้รับ					
3.1 ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อบทเรียน					
3.2 ช่วยให้มีการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่					
3.3 ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน					
3.4 สามารถทบทวนบทเรียนได้					
3.5 ช่วยให้มี ความสนใจในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ผลการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ข้อสอบที่นำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
3. ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพสื่อ
4. ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
5. ผลประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านสื่อ เทคโนโลยีการศึกษา
6. ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
7. ผลการประเมินประสิทธิภาพบทเรียนเบื้องต้น
8. ผลการประเมินประสิทธิภาพบทเรียนทดสอบใช้งานจริง

1. ผลแบบประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา
สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

จุดประสงค์ : หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 รู้จักอาเซียน							
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (รายบุคคล)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1. บอกความเป็นมา เหตุผลในการก่อตั้งและวัตถุประสงค์ ของอาเซียนได้ 2. อธิบายความหมายของสัญลักษณ์ และคำขวัญอาเซียนได้ 3. บอกความสำคัญของกฎบัตรอาเซียนได้							
2. กลุ่มประเทศอาเซียน อยู่ในภูมิภาคใดของทวีปเอเชียใด ? ก. เอเชียใต้ ข. เอเชียตะวันออก ค. เอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ง. เอเชียตะวันออกเฉียงใต้	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
3. การก่อตั้งอาเซียนผู้แทนรัฐบาลลงนามในปฏิญญาใด ? ก. ปฏิญญาเซบู ข. ปฏิญญาบาหลี ค. ปฏิญญารุงเทพ ง. ปฏิญญาสราญรมย์	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
4. ประเทศใดเป็นหนึ่งในสมาชิกผู้ก่อตั้งอาเซียน ก. เมียนมาร์ ข. บรูไน ค. ฟิลิปปินส์ ง. เวียดนาม	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
5. ประเทศใดเข้าเป็นสมาชิกอาเซียน เป็นประเทศลำดับที่ 10 ก. เมียนมาร์ ข. บรูไน ค. สิงคโปร์ ง. กัมพูชา	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
6. สำนักเลขาธิการอาเซียนทำงานประจำอยู่ที่ประเทศใด ? ก. ไทย ข. สิงคโปร์ ค. มาเลเซีย ง. อินโดนีเซีย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
7. สำนักเลขาธิการอาเซียนแห่งชาติของไทย เรียกว่าอะไร ก. ศูนย์อาเซียน ข. ทบวงอาเซียน ค. กรมอาเซียน ง. อาเซียนแห่งประเทศไทย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม

-ต่อ-

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (รายบุคคล)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
23. ประเทศบรูไนปกครองด้วยระบอบใด ก. เผด็จการ ข. สังคมนิยม ค. ประชาธิปไตย ง. สมบูรณาญาสิทธิราชย์	-1	-1	1	1	-1	-0.20	ไม่ เหมาะสม
24. ประเทศใดที่มีประมุขและผู้นำรัฐบาลเป็นคน เดียวกัน ก. ไทย ข. ลิงคโปร์ ค. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
25. ชื่อทางการบรูไนคือชื่อใด ก. สาธารณรัฐบรูไน ข. ราชอาณาจักรบรูไน ค. เนการาบรูไนดารุสซาลาม ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยบรูไน	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
26. ประเทศใดมีชื่อทางการเหมือนชื่อประเทศ ก. มาเลเซีย ข. ฟิลิปปินส์ ค. เวียดนาม ง. อินโดนีเซีย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
27. ชื่อใดคือธงชาติของเมียนมาร์ ก.  ข.  ค.  ง. 	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
28. ผู้นำรัฐบาลของกัมพูชาดำรงตำแหน่งใด ก. ประมุข ข. ประธานาธิบดี ค. นายกรัฐมนตรี ง. ประธานาธิบดีประเทศ	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
29. ชื่อทางการของลาวคือชื่อใด ก. สาธารณรัฐลาว ข. ราชอาณาจักรลาว ค. สาธารณรัฐแห่งสหภาพลาว ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม

-ต่อ-

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (รายบุคคล)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
30. นอกจากประเทศไทยแล้วการใช้คำราชาศัพท์ยังใช้ในประเทศใดต่อไปนี้ ก. กัมพูชา ข. เวียดนาม ค. อินโดนีเซีย ง. ฟิลิปปินส์	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
จุดประสงค์ : หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 ลักษณะการเมืองการปกครองของอาเซียน							
1. ยกตัวอย่างทรัพยากรที่สำคัญของประเทศสมาชิกอาเซียนได้ 2. ระบุสินค้าส่งออกและสินค้านำเข้าของประเทศสมาชิกอาเซียนได้							
31. ผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของอาเซียนคือข้อใด ก. ข้าวเจ้า ข. ข้าวฟ่าง ค. ข้าวโอ๊ต ง. ข้าวสาลี	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
32. ประเทศฟิลิปปินส์มีทรัพยากรธรรมชาติอะไรที่สำคัญ ก. ทองคำ ข. สัตว์น้ำ ค. แร่ธาตุ ง. ถ่านหิน	0	1	1	1	1	0.80	เหมาะสม
33. ประเทศมาเลเซียส่งออกสินค้าข้อใด ก. กาแฟ ข. ถ่านหิน ค. ยางพารา ง. อาหารทะเล	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
34. สินค้าส่งออกที่สำคัญของกัมพูชาคือข้อใด ก. โกโก้ ข. ไม้แปรรูป ค. ข้าวโพด ง. ยางพารา	1	0	1	1	1	0.80	เหมาะสม
35. ประเทศไทยใช้เงินสกุลใด ก. บาท ข. จัต ค. รिंगกิต ง. เรียล	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
36. ผู้ผลิตและส่งออกอาหารฮาลาลรายใหญ่อยู่ที่ประเทศใด ก. เมียนมาร์ ข. ลาว ค. สิงคโปร์ ง. มาเลเซีย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
37. น้ำมันมะพร้าวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศใด ก. เมียนมาร์ ข. กัมพูชา ค. เวียดนาม ง. ฟิลิปปินส์	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม

-ต่อ-

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (รายบุคคล)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
38. ข้อใดเป็นสินค้าที่ประเทศสมาชิกอาเซียน จำเป็นต้องสั่งเข้ามาใช้ ก. เคมีภัณฑ์ ข. ยานพาหนะ ค. น้ำมันปิโตรเลียม ง. ชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
39. การจับจ่ายซื้อของในเมืองเวียงจันทน์ จะต้องใช้ เงินสกุลใด ก. กีบ ข. ดอง ค. เรียล ง. ดอลลาร์	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
40. นักเรียนสามารถใช้เงินรูเปียห์ได้ที่ประเทศใด ก. มาเลเซีย ข. เวียดนาม ค. ฟิลิปปินส์ ง. อินโดนีเซีย	1	1	1	1	1	1	เหมาะสม
ผลคะแนนเฉลี่ยค่า IOC ทั้งหมด	0.91						



2. ข้อสอบที่นำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

แบบทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 รู้จักอาเซียน

1. อาเซียนอยู่ในภูมิภาคใด
 - ก. เอเชียใต้
 - ข. เอเชียตะวันออก
 - ค. เอเชียตะวันตกเฉียงใต้
 - ง. เอเชียตะวันออกเฉียงใต้
2. การก่อตั้งอาเซียน ผู้แทนรัฐบาลลงนามในปฏิญญาใด
 - ก. ปฏิญญาเซบู
 - ข. ปฏิญญาบาหลี
 - ค. ปฏิญญากรุงเทพฯ
 - ง. ปฏิญญาสุราธรรม์
3. สำนักเลขาธิการอาเซียนแห่งชาติของไทย เรียกว่าอะไร
 - ก. ศูนย์อาเซียน
 - ข. ทบวงอาเซียน
 - ค. กรมอาเซียน
 - ง. อาเซียนแห่งประเทศไทย
4. การตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ของอาเซียนใช้วิธีใด
 - ก. ฉันทามติ
 - ข. ทำประชามติ
 - ค. เลขาธิการอาเซียนเป็นผู้ตัดสิน
 - ง. ลงคะแนน
5. ข้อใดตรงกับวัตถุประสงค์ของอาเซียน
 - ก. ร่วมกันพัฒนากองกำลัง
 - ข. ร่วมกันพัฒนาเศรษฐกิจ
 - ค. ร่วมกันสร้างเขื่อนเก็บน้ำ
 - ง. ร่วมกันสร้างตลาดการค้า

แบบทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ลักษณะสังคมและวัฒนธรรมของอาเซียน

6. ลิงคโปร์มีคนเชื้อสายใดมากที่สุด

ก. จีน

ข. ไทย

ค. อินเดีย

ง. มาเลย์

7. ข้อใดเป็นประเทศที่ใช้ภาษามาเลย์เป็นภาษาราชการ

ก. บรูไน มาเลเซีย

ข. กัมพูชา ลิงคโปร์

ค. ลิงคโปร์ เวียดนาม

ง. ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย

8. จากภาพ เป็นการแต่งกายของประเทศใดต่อไปนี้

ก. ไทย

ข. มาเลเซีย

ค. เวียดนาม

ง. ฟิลิปปินส์



9. ผู้ขายนุ่งผ้าโสร่งที่เรียกว่า ลองยีเป็นการแต่งกายของประเทศใด

ก. ลาว

ข. เมียนมา

ค. เวียดนาม

ง. อินโดนีเซีย

10. การแสดงหนังใหญ่ของไทยมีลักษณะคล้ายกับการแสดงในข้อใด

ก. ระบำอัสตรา

ข. หุ่นเชิดว้ายัง

ค. ฟ้อนหน้ากาก

ง. หุ่นกระบอกน้ำ

แบบทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ลักษณะการเมืองการปกครองของอาเซียน

11. ประเทศใดปกครองในระบอบสังคมนิยม

ก. บรูไน

ข. เมียนมา

ค. เวียดนาม

ง. อินโดนีเซีย

12. ชื่อทางการของประเทศบรูไนคือชื่อใด

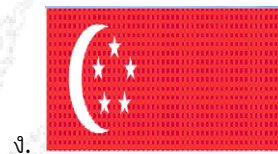
ก. สาธารณรัฐบรูไน

ข. ราชอาณาจักรบรูไน

ค. เนการาบรูไนดารุสซาลาม

ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยบรูไน

13. ชื่อใดคือธงชาติของเมียนมา



14. ผู้นำรัฐบาลของกัมพูชาดำรงตำแหน่งใด

ก. ประมุข

ข. ประธานาธิบดี

ค. นายกรัฐมนตรี

ง. ประธานประเทศ

15. ชื่อทางการของลาวคือชื่อใด

ก. สาธารณรัฐลาว

ข. ราชอาณาจักรลาว

ค. สาธารณรัฐแห่งสหภาพลาว

ง. สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

3. ผลประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น	
		ค่าดัชนี IOC	ความหมาย
1.	การจัดการบทเรียนและปฏิสัมพันธ์		
	1.1 การออกแบบหน้าจอบทเรียนโดยรวม	0.80	เหมาะสม
	1.2 รูปแบบในการดำเนินการเรียน	1.00	เหมาะสม
	1.3 ความเหมาะสมของการนำเสนอ	0.80	เหมาะสม
	1.4 รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอต่อการใช้งาน	0.80	เหมาะสม
	1.5 ความเหมาะสมของจำนวนกรอบ	0.60	เหมาะสม
	1.6 ปุ่มและคำอธิบาย ง่ายต่อการใช้งาน	1.00	เหมาะสม
	ค่าเฉลี่ย	0.83	เหมาะสม
2.	อักษร และสี		
	2.1 รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	0.60	เหมาะสม
	2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	0.80	เหมาะสม
	2.3 แบบตัวอักษรที่ใช้อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสม	1.00	เหมาะสม
	2.4 ความเหมาะสมของการใช้สีของตัวอักษร	0.80	เหมาะสม
	2.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นหลัง	1.00	เหมาะสม
	2.6 สีของภาพ และกราฟิก โดยรวม	0.80	เหมาะสม
	2.7 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยรวม	1.00	เหมาะสม
	ค่าเฉลี่ย	0.86	เหมาะสม
3.	ภาพ ภาษา และเสียง		
	3.1 ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย	1.00	เหมาะสม
	3.2 ความสอดคล้องของภาพกับเนื้อหา	1.00	เหมาะสม
	3.3 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการเรียน	0.80	เหมาะสม
	3.4 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	1.00	เหมาะสม
	3.5 ภาษาที่ใช้เหมาะสมเข้าใจง่าย	1.00	เหมาะสม
	3.6 ภาษาที่ใช้สอดคล้องกับภาพ	1.00	เหมาะสม
	3.7 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน	0.80	เหมาะสม
	ค่าเฉลี่ย	0.94	เหมาะสม
	ค่าเฉลี่ยโดยรวม	0.88	เหมาะสม

4. ผลประเมินความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ	
	IOC	ความหมาย
1. เนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน		
1.1 บทเรียนใช้งานง่ายและสะดวก	0.80	เหมาะสม
1.2 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	0.80	เหมาะสม
1.3 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	1.00	เหมาะสม
1.4 ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหากับระดับผู้เรียน	1.00	เหมาะสม
1.5 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง	1.00	เหมาะสม
ค่าเฉลี่ยรวม	0.92	เหมาะสม
2. รูปแบบการนำเสนอ		
2.1 รูปแบบโดยรวมของการแสดงข้อมูลในหน้าแรก	1.00	เหมาะสม
2.2 ความเหมาะสม ชัดเจน ความสวยงามของสี ขนาดตัวอักษร และฉากหลัง	1.00	เหมาะสม
4.1 ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งส่วนประกอบต่าง ๆ	1.00	เหมาะสม
2.4 การใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ในหน้าจอ	0.80	เหมาะสม
2.5 ความน่าสนใจของหน้าจอภาพ	1.00	เหมาะสม
ค่าเฉลี่ยรวม	0.96	เหมาะสม
3. คุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ		
3.1 ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อบทเรียน	1.00	เหมาะสม
3.2 ช่วยให้มีการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่	1.00	เหมาะสม
3.3 ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	0.80	เหมาะสม
3.4 สามารถทบทวนบทเรียนได้	1.00	เหมาะสม
3.5 ช่วยให้เกิดความสนใจในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	0.80	เหมาะสม
ค่าเฉลี่ยรวม	0.92	เหมาะสม
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	0.94	เหมาะสม

5. ผลการประเมินคุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา เรื่อง ความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ลำดับที่	รายการ	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1.	การจัดการบทเรียนและปฏิสัมพันธ์			
1.1	การออกแบบหน้าจอบทเรียนโดยรวม	4.40	0.55	ดี
1.2	รูปแบบในการดำเนินการเรียน	4.60	0.55	ดีมาก
1.3	ความเหมาะสมของการนำเสนอ	4.80	0.45	ดีมาก
1.4	รูปแบบการจัดระเบียบหน้าจอต่อการใช้งาน	4.60	0.55	ดีมาก
1.5	ความเหมาะสมของจำนวนกรอบ	4.40	0.55	ดี
1.6	ปุ่มและคำอธิบาย ง่ายต่อการใช้งาน	4.40	0.55	ดี
	เฉลี่ยรวม	4.53	0.04	ดีมาก
2.	อักษร และสี			
2.1	รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	4.60	0.55	ดีมาก
2.2	ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	4.60	0.55	ดีมาก
2.3	แบบตัวอักษรที่ให้อ่านง่ายและมีขนาดเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
2.4	ความเหมาะสมของการใช้สีของตัวอักษร	4.80	0.45	ดีมาก
2.5	ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีพื้นหลัง	4.40	0.55	ดี
2.6	สีของภาพ และกราฟิก โดยรวม	4.40	0.55	ดี
2.7	สีของพื้นหลังบทเรียนโดยรวม	4.40	0.55	ดี
	เฉลี่ยรวม	4.51	0.04	ดีมาก
3.	ภาพ ภาษา และเสียง			
3.1	ความเหมาะสมของภาพในการสื่อความหมาย	4.80	0.45	ดีมาก
3.2	ความสอดคล้องของภาพกับเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
3.3	ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบการเรียน	4.60	0.55	ดีมาก
3.4	ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.40	0.55	ดี
3.5	ภาษาที่ใช้เหมาะสมเข้าใจง่าย	4.60	0.55	ดีมาก
3.6	ภาษาที่ใช้สอดคล้องกับภาพ	4.40	0.55	ดี
3.7	เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบการเรียน	4.20	0.45	ดี
	เฉลี่ยรวม	4.51	0.05	ดีมาก
	เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.52	0.19	ดีมาก

6. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยสายตา เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษาสำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

ลำดับที่	รายการ	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1.	ด้านเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
6.1	บทเรียนใช้งานง่ายและสะดวก	3.87	0.81	มาก
6.2	ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	4.60	0.49	มากที่สุด
6.3	ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.33	0.79	มาก
6.4	ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหากับระดับผู้เรียน	4.27	0.85	มาก
6.5	บทเรียนใช้งานง่ายและสะดวก	4.00	0.82	มาก
	เฉลี่ยรวม	4.21	0.80	มาก
2.	ด้านรูปแบบการนำเสนอ			
2.1	รูปแบบโดยรวมของการแสดงข้อมูลในหน้าแรก	4.53	0.50	มากที่สุด
2.2	ความเหมาะสม ชัดเจน ความสวยงามของสี ขนาด ตัวอักษร และฉากหลัง	4.47	0.62	มาก
2.3	ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่ง ส่วนประกอบต่างๆ	4.40	0.49	มาก
2.4	การใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ในหน้าจอ	4.13	0.62	มาก
2.5	ความน่าสนใจของหน้าจอภาพ	4.60	0.49	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.43	0.57	มาก
3.	ด้านคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับ			
3.1	ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการตอบสนองต่อบทเรียน	4.40	0.71	มาก
3.2	ช่วยให้มีการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่	4.33	0.70	มาก
3.3	ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	2.87	0.88	ปานกลาง
3.4	สามารถทบทวนบทเรียนได้	4.73	0.44	มากที่สุด
3.5	ช่วยให้มีความสนใจในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง	4.47	0.50	มาก
	เฉลี่ยรวม	4.16	0.94	มาก
	เฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.27	0.79	มาก

7. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมืองานวิจัยเบื้องต้น (Result of Trial Out)

ID	Sex	Age	Disable_Type	Pre	Practice	Post
1	Female	10	Arthrogryposis Multiplex Congenita	14	18	18
2	Female	10	C.P. Spastic	8	12	13
3	Female	12	C.P. Spastic Diplegia	9	12	12
4	Female	11	Spinal Muscular Atrophy	10	18	18
5	Male	13	C.P. Diplegia	7	10	10
SUM				48.00	70.00	71.00
Total Trial out				5.00	5.00	5.00
Max Score					20.00	20.00
Efficiency Index (E1/E2)					70.00	71.00

Two Sample t-test

data: pretest and posttest
 $t = -2.2718$, $df = 8$, $p\text{-value} = 0.05274$, $sd = 3.2016$
 alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
 95 percent confidence interval: -9.2693025 0.0693025
 sample estimates:
 mean of pretest mean of posttest
 9.6 14.2

8. ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมืองานวิจัยจริง (Result of Trial Run)

ID	Sex	Age	Disable_Type	Pre	Practice	Post
1	Male	11	Spinal Muscular Atrophy	13	18	18
2	Male	10	Arthrogryposis Multiplex Congenita	14	17	18
3	Male	10	Arthrogryposis Multiplex Congenita	11	16	16
4	Male	11	Arthrogryposis Multiplex Congenita	12	17	17
5	Male	13	C.P. Spastic Diplegia	7	11	12
6	Male	9	C.P. Spastic Diplegia	8	12	12
7	Female	13	C.P. Spastic Diplegia	9	12	12
8	Female	11	C.P. Diplegia	10	13	14
9	Female	11	C.P. Tripletgia	9	12	12
10	Female	12	C.P. Diplegia	10	12	12
SUM				103.00	140.00	143.00
Total Trial out				10.00	10.00	10.00
Max Score					20.00	20.00
Efficiency (E1/E2)					70.00	71.50

Two Sample t-test

data: pretest and posttest
 $t = -3.6481$, $df = 18$, $p\text{-value} = 0.001839$, $sd = 2.4518$
 alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
 95 percent confidence interval: -6.303575 -1.696425
 sample estimates:
 mean of pretest mean of posttest
 10.3 14.3

ภาคผนวก ค รายนามที่ปรึกษางานวิจัย และผู้เชี่ยวชาญ

1. รายนามที่ปรึกษางานวิจัย
2. รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา
3. รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและตรวจสอบคุณภาพข้อสอบ
4. รายนามผู้เชี่ยวชาญคัดกรองกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

1. รายงานที่ปรึกษางานวิจัย

- 1.1 รองศาสตราจารย์ ดร.พยุง มีสังข์
ที่ปรึกษาด้านระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา
คณะบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- 1.2 รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์
ที่ปรึกษาด้านสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. รายงานผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและเทคโนโลยีการศึกษา

- 2.1 ดร.ทิพวัลย์ ชันธมะ
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- 2.2 ดร.เรื่อนขวัญ อยู่สบาย
อาจารย์ประจำสาขาวิชาการบริหารคนและองค์การ
คณะวิทยาการจัดการสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
- 2.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศรี ศรีสวัสดิ์
หัวหน้าศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตสุพรรณบุรี
- 2.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระ จิตสุภา
อาจารย์ประจำสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ
คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
- 2.5 รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์
อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3. รายนามผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและตรวจสอบคุณภาพข้อสอบ

- 3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัญพร บุษปฤกษ์
อาจารย์ประจำกลุ่มวิชามนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์
คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 3.2 นายศิริชัย ศิลป์สาคร
ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา โรงเรียนอนุบาลด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี
- 3.3 นางสาวสุภาภรณ์ เปารีบุตร
ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา โรงเรียนกลาโหมอุทิศ จ.นนทบุรี
- 3.4 นายสาชล ชั่งอินทร์
ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา โรงเรียนวัดปากน้ำ จ.นนทบุรี
- 3.5 นางสาวภาวนา สระทองล้อม
ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา โรงเรียนวัดสร้อยทอง จ.นนทบุรี

4. รายนามผู้เชี่ยวชาญคัดกรองกลุ่มนักเรียนตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

- 4.1 ครูชั้นทอง แสงสวัสดิ์
รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ
โรงเรียนศรีสังวาลย์ ของมูลนิธิธิดานุเคราะห์คนพิการ
ในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จ.นนทบุรี
- 4.2 ครูวราภรณ์ ปัญญาประโชติ
ครูประจำศูนย์คอมพิวเตอร์สำหรับเด็กพิเศษ
โรงเรียนศรีสังวาลย์ ของมูลนิธิธิดานุเคราะห์คนพิการ
ในพระราชูปถัมภ์ของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จ.นนทบุรี

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ นางวีรวรรณ จันทนะทรัพย์
MRS. VEERAWAN JANTHANASUB
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
เวลาที่ใช้ทำวิจัย 10 ชั่วโมง : สัปดาห์
3. ที่อยู่ทำงาน สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ. ประราชภูมิ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ
กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์ (+66) 0-2836-3016
โทรสาร (+66) 0-2836-3016
e-mail : veerawan.j@rmtup.ac.th
4. ประวัติการศึกษา ปรัชญาคุณวุฒิบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ
6. งานวิจัยที่ผ่านมา
 - 6.1 Ratre Jannasub and Nidapan Sureerattanan. "Car License Plate Recognition through Hausdorff Distance.", in Proceedings of The 17st IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence." November 14-16, 2005. Hong Kong.
 - 6.2 ราตรี จันทนะทรัพย์ และนิดาพรรณ สุวีรัตน์. "การรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ไทยโดยใช้เทคนิคแฮดอร์ฟดิสแทนซ์." วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม, 2548 : 27-31.

งานวิจัยที่ผ่านมา (ต่อ)

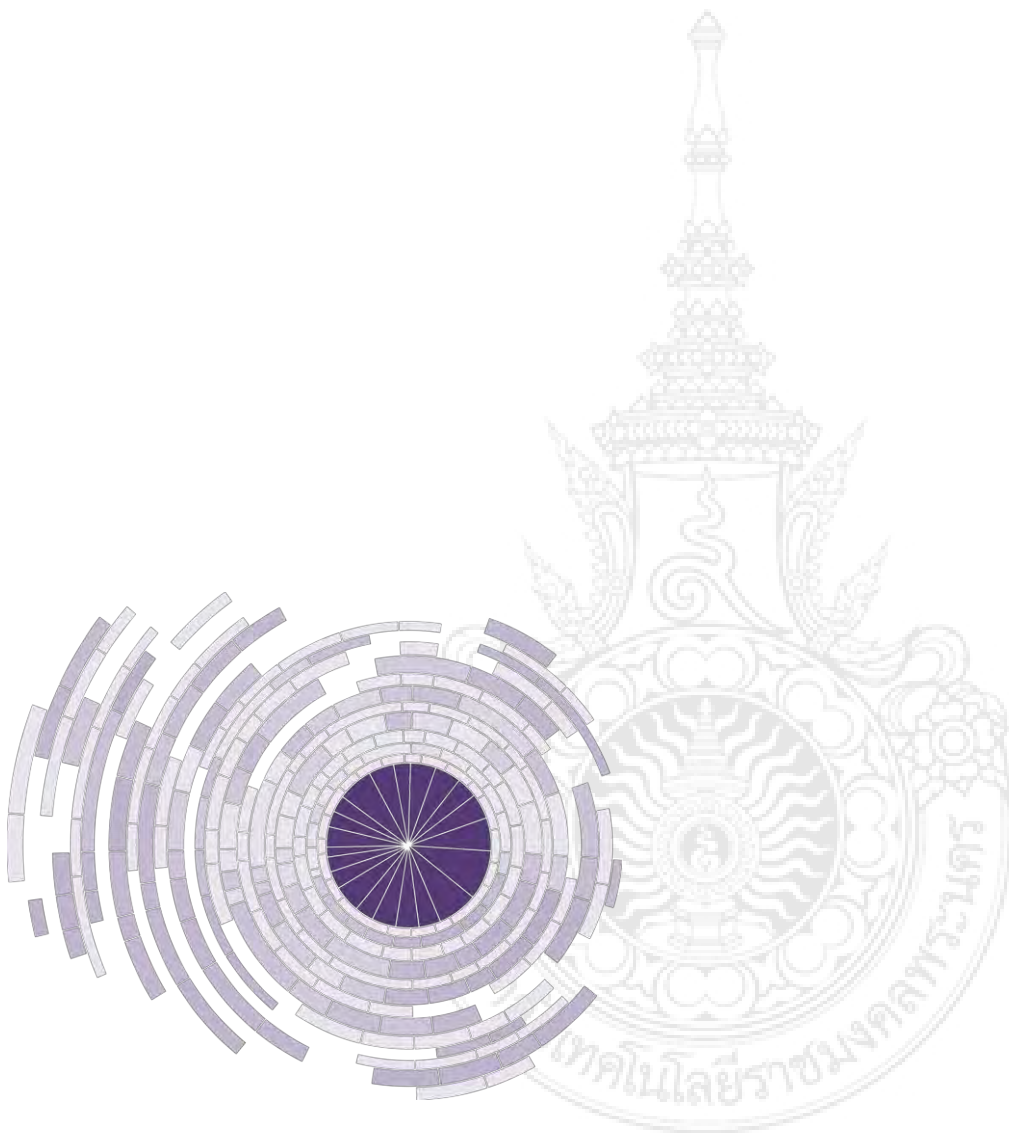
- 6.3 วีรวรรณ จันทะทรัพย์. “การจำแนกปลายนิ้วมือด้วยเทคนิคแฮตอโรพดิสแทนซ์.” การประชุมวิชาการบทความของมหาวิทยาลัยต่อการศึกษาที่เน้นการปฏิบัติงานจริง ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 23-28 สิงหาคม 2552. เชียงใหม่.
- 6.4 วีรวรรณ จันทะทรัพย์ และคณะ. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามดวงตาด้วยอัลกอริทึมมีนชิปและลูคัส-คานาเดะ”. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 9, 9-10 พฤษภาคม 2556, กรุงเทพฯ.
- 6.5 วีรวรรณ จันทะทรัพย์. “การพยากรณ์ผลการเรียนด้วยการแบบจำลองถดถอยโพลีโนเมียลเชิงพหุ” การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานนานาชาติ ครั้งที่ 2. 6-7 ธันวาคม 2554, ภูเก็ต.
- 6.6 วิภาวรรณ บัวทอง, กิตติพงศ์ สุวรรณราช และวีรวรรณ จันทะทรัพย์. “การวิเคราะห์ผลกระทบการลดมิติของข้อมูลกับประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลแบบต้นไม้ตัดสินใจ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และนาอ็อบเบย์.”การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 8. 9-10 พฤษภาคม 2555, พัทยา ชลบุรี.
- 6.7 วีรวรรณ จันทะทรัพย์ และภักดิ์สร สิงหธรรม. “การวิจัยและพัฒนาระบบจัดการเนื้อหาเว็บศิลปวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมของชุมชน”. การประชุมทางวิชาการระดับชาติเทคโนโลยี ราชมงคล ครั้งที่ 5. 15-16 กรกฎาคม 2556. กรุงเทพฯ.
- 6.8 วีรวรรณ จันทะทรัพย์, พยุง มีสัง และเมธา ศิริกุล. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการติดตามดวงตาด้วยอัลกอริทึมมีนชิปและลูคัส-คานาเดะ”. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 9, 9-10 พฤษภาคม 2556, กรุงเทพฯ.
- 6.9 วีรวรรณ จันทะทรัพย์, พยุง มีสัง และเมธา ศิริกุล. “การออกแบบโครงสร้างแป้นพิมพ์เสมือนด้วยการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ”. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 10, 8-9 พฤษภาคม 2557, ภูเก็ต. หน้าที่ 804-809.

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ นาง.วิภา จักรชัยกุล
MRS.VIPA JAKCHAIKUL
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์
เวลาที่ใช้ทำวิจัย 5 ชั่วโมง : สัปดาห์
3. ที่อยู่ทำงาน สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ. ประราชบุรี 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์ (+66) 0-2836-3016
โทรสาร (+66) 0-2836-3016
e-mail : vipa.j@rmutp.ac.th
4. ประวัติการศึกษา ปริญญาตรีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ ทางการศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนการสอน
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
6. งานวิจัยที่ผ่านมา
 - 6.1 การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการมอดูลการเรียน (2556)
 - 6.2 การประเมินหลักสูตรสาขาวิชาเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 6.3 องค์ประกอบพื้นฐานการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อย่างมีประสิทธิภาพ (2551)
 - 6.4 การผลิตบัณฑิตของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครกับการศึกษาตลอดชีพ คณะวิศวกรรมศาสตร์ (2550)
 - 6.5 สร้างชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง วิชาโครงสร้างข้อมูลในหลักสูตร ระดับปริญญาตรีของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2541)

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ นางสาววีวรรณ์ วิเศษสิงห์
MISS WAREEWAN WISEDSING
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
เวลาที่ใช้ทำวิจัย 5 ชั่วโมง : สัปดาห์
3. ที่อยู่ทำงาน สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ. พระราชกัฏร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์ (+66) 0-2836-3016
โทรสาร (+66) 0-2836-3016
e-mail : maneenate.w@rmtup.ac.th
4. ประวัติการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม) คณิตศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ วัตผลการศึกษา คณิตศาสตร์ประยุกต์ และสถิติวิเคราะห์
6. งานวิจัยที่ผ่านมา -



โครงการวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน
ด้วยระบบปฏิสัมพันธ์สั่งการด้วยสายตา

The Development of Computer Assisted Instruction Interactive with Eyes Lesson on Knowledge of ASEAN in Elementary Education for Students with Disabled Hand Controls.

โครงการวิจัยและพัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบโต้ตอบด้วยดวงตา

เรื่องความรู้เกี่ยวกับอาเซียนในระดับประถมศึกษา

สำหรับเด็กนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการควบคุมด้วยมือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

เลขที่ 399 ถ. สามเสน แขวงวิเศษยาบาล เขตดุสิต กทม. 10300 โทรศัพท์ : 0-2665-3777