

# การประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ สำหรับเด็กผิดปกติ โดยวิธีแบบจำลอง COCOMO - II ร่วมกับวิธีการ ของ Web Model

## Cost Estimation in Developing E-Learning for Abnormal Students Using COCOMO-II and Web Model

ขวัญชนก ธนธรรมกุล<sup>1</sup> และ ปิติวัฒน์ เจริญบุญระพงษ์<sup>2</sup>

Kwanchanok Thonthammakun and Pitipatt Chermboon thanapong

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่มีผลต่อการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ สำหรับเด็กผิดปกติ โดยวิธีแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model และการอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ต้นทุนการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดในการประมาณการ โดยทำการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานหรือบริษัทที่ผลิตเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ ด้วยการสัมภาษณ์การทำงานของนักวิเคราะห์และออกแบบเนื้อหาเพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์จากรายวิชาจำนวน 9 รายวิชาของโรงเรียนศรีสังวาล และได้้นำตัวอย่างรายวิชาจำนวน 5 วิชา มาทดสอบกับแบบจำลองนี้

ผลการวิจัยพบว่าการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายด้วยแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ เท่ากับ 16.86% และวิธีการอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเท่ากับ 83.28% สรุปได้ว่าการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายด้วยแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model มีความเหมาะสมในการประมาณการต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กผิดปกติมากกว่าการประมาณการด้วยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

**คำสำคัญ :** การประมาณการต้นทุน / การพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ / เด็กผิดปกติ / วิธีแบบจำลอง COCOMO / Web Model

<sup>1,2</sup> นิสิตปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Abstract

The purpose of this research is to compare the cost estimation methods of e-learning development for abnormal child between the developed model (COCOMO-II model with web model) and the expert's cost analysis. The data was collected by interviewing of the analysts and web designers of the organizations and companies which produce the e-learning. The samples used for cost analysis were chosen from five out of nine e-learning subjects of Srisangwal school. The result shown that the cost estimation using COCOMO-II model with web model has 16.86 percentage of absolute average deviation while the expert's analysis has 83.28 percentage of absolute average deviation. The conclusion is the cost estimation using COCOMO-II model with web model is suitable for estimating the budget and expenditure than expert's analysis method.

**Keywords:** Cost Estimation / Developing E-Learning for Abnormal Students / COCOMO-II / Web Model

## บทนำ

ในปัจจุบันบทเรียนออนไลน์ (E-learning) เข้ามามีบทบาทในวงการศึกษาระดับอุดมศึกษา ไม่ว่าจะเป็นใช้เพื่อการเรียนการสอน ใช้เพื่อเสริมการเรียนรู้หรือเพื่อใช้ในการฝึกอบรม ซึ่งการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ (Content) นั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างบทเรียนออนไลน์ โดยทั่วไปจะเป็นงานที่ต้องการความละเอียดถี่ถ้วนและใช้เวลานาน อีกทั้งยังต้องการผู้ที่มีความเข้าใจในเนื้อหา เพื่อทำหน้าที่วิเคราะห์หรือแบ่งเนื้อหา และผู้ที่ทำหน้าที่ในการทำงานทางด้านกราฟิกในการทำแอนิเมชัน เพื่อใช้ในการสร้างเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ ดังนั้นในการประมาณการต้นทุนในการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ จึงต้องการรูปแบบ

ในการประมาณที่เฉพาะเจาะจงที่จะช่วยทำการประมาณการต้นทุนได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงและการเติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองต่อเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับซอฟต์แวร์ที่พัฒนาบนเว็บ ตลอดจนเครื่องมือและวิธีการต่างๆ ทำให้ข้อมูลระยะเวลาในการทำงานซอฟต์แวร์ประเภทที่พัฒนาบนเว็บแบบเก่าๆ นั้นล้าสมัยลงอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันการประมาณการยังเป็นงานที่ต้องขึ้นอยู่กับผู้เชี่ยวชาญที่จะอาศัยประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุนการพัฒนาซอฟต์แวร์มากกว่าการใช้เครื่องมืออื่นที่ช่วยในการประมาณการ

งานวิจัยนี้จะให้ความสำคัญต่อการประมาณการต้นทุนในการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ สำหรับเด็กผิดปกติระดับอนุบาล ถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่อยู่ในระหว่างรับการรักษาและฟื้นฟูสมรรถภาพด้านการแพทย์ โดยเน้นที่จะกำหนดการวัดขนาดของข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย เช่น ข้อมูลภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอ และเสียงต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษากระบวนการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์จากรายวิชาจำนวน 9 รายวิชาของโรงเรียนศรีสังวาล ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเทคนิคที่อาศัยความรู้และประสบการณ์หรือข้อมูลในอดีต นั้นมีความผิดพลาดสูงในการประมาณการต้นทุน (Cost Estimation) ของการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาวิธีการประมาณการค่าใช้จ่ายโดยใช้แบบจำลองหรือสูตรทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า "COCOMO II Model" ซึ่งมีการนำปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนหลายประการมาคำนวณ ร่วมกับวิธีการของ "Web Model" เพื่อให้การประมาณการต้นทุนในการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์สามารถประมาณการได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด และจะส่งผลให้การประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ สำหรับเด็กผิดปกติถูกต้องที่สุดด้วย

## วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาข้อมูลมัลติมีเดีย ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ไฟล์เสียง ภาพวีดิโอ แบบทดสอบ เอกสารเว็บเพจ และเอกสารอื่นๆ ที่เป็นเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กผิดปกติ ระหว่างวิธีแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model และการอาศัยประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุนการพัฒนาซอฟต์แวร์ของผู้เชี่ยวชาญ

## ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการทำเนื้อหาบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กผิดปกติ โดยขอบเขตของต้นทุนที่จะประมาณการจะไม่รวมค่าใช้จ่ายในช่วงการเก็บข้อมูล โดยเนื้อหาหรือรายวิชาที่ใช้จะเป็นรายวิชาพื้นฐานจำนวน 9 รายวิชาของโรงเรียนศรีสังวาล ซึ่งการประมาณการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายของเนื้อหาที่เริ่มพัฒนาใหม่

## ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เรื่องของ การประมาณการหรือการคาดการณ์ซอฟต์แวร์ที่จะพัฒนานั้น ถือเป็นเรื่องที่สำคัญในการวางแผนงาน แต่หากซอฟต์แวร์ที่จะพัฒนานั้นมีลักษณะแตกต่างกัน ผู้ควบคุมโครงการก็ต้องวางแผนในการพัฒนาโครงการที่แตกต่างกันไป ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้นการประมาณการจะมองกันที่เรื่องของขนาด (Size) ค่าใช้จ่าย (Investment) หรืองบประมาณ บุคลากรที่ใช้ในการพัฒนา (Effort) และระยะเวลา (Time) เพื่อใช้ในการพัฒนาดำเนินงาน ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลให้การดำเนินโครงการเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการในการประมาณการนั้นประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังแสดงในตารางที่ 1

## ตารางที่ 1 กระบวนการประมาณราคาซอฟต์แวร์

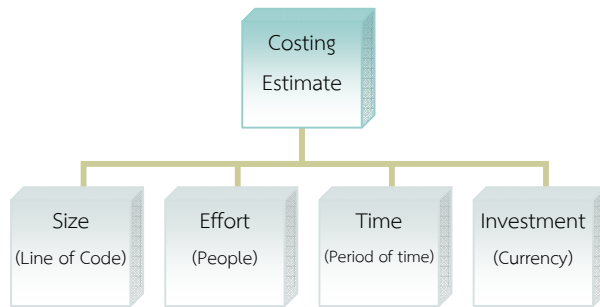
การเลือกวิธีการวัด Software Measurement Method Selection	Size Cost Effort Schedule Critical Resources
การเลือกวิธีการประมาณการ Software Estimation Techniques Selection	
ประมาณการซอฟต์แวร์ Software Product Estimation	
ประมาณการความเสี่ยง Risk Assessment / Impact Analysis	
พิจารณา ตรวจสอบเอกสาร Review / Revise / Refine / Document	
ติดตามการวัดผล Tracking / Product Measurement	
ปรับปรุงกระบวนการให้มีความถูกต้อง Process Improvement	

ที่มา : ตารางจัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย

โดยกระบวนการจะเริ่มจากการเลือกวิธีการวัดลักษณะของซอฟต์แวร์ (Measurement Method) แล้วเลือกวิธีการประมาณ (Estimation Techniques) จากนั้นทำการประมาณในส่วนของคุณค่า ค่าใช้จ่าย และระยะเวลา รวมถึงทำการประเมินความเสี่ยง หรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เมื่อนำการประมาณไปใช้ในการวางแผนงานแล้ว ก็ทำการติดตามและวัดผล ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการประมาณการว่ามีความถูกต้องหรือไม่ เพื่อดำเนินการปรับปรุงกระบวนการประมาณการให้มีความถูกต้องใกล้เคียงต่อไป

## 1. การประมาณการค่าใช้จ่าย (Cost Estimation)

แนวทางในการประมาณราคาซอฟต์แวร์ (Cost Estimate) จะมุ่งเน้นถึงการประมาณขนาดของซอฟต์แวร์ (Size) การประมาณความพยายามที่ต้องใช้ (Effort) การประมาณระยะเวลาของการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Time) และการประมาณค่าใช้จ่ายอื่นในการพัฒนา (Investment) ดังที่แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การประเมินราคาซอฟต์แวร์

ที่มา : รูปภาพจัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย

ขนาดของซอฟต์แวร์ (Size) หมายถึง ขนาดของการพัฒนาซอฟต์แวร์ มีหน่วยวัดเป็นจำนวนบรรทัด การประมาณความพยายามที่ต้องใช้ (Effort) หมายถึง กำลังคนที่จะใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ การประมาณระยะเวลาของการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Time) หมายถึง ระยะเวลาที่จะใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ มีหน่วยเป็นช่วงเวลา เช่น Man Month (MM) หรือ Person Month (PM) และการประมาณค่าใช้จ่ายอื่นในการพัฒนา (Investment) หมายถึงค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจจะเป็นค่าเสื่อมของอุปกรณ์ ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ที่เป็นค่าที่ต้องใช้จ่ายแน่นอน เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบทั้ง 4 จะเห็นว่าในการประมาณราคานั้น สิ่งที่สำคัญที่สุดจะขึ้นอยู่กับ การประมาณขนาดของซอฟต์แวร์ ซึ่งเมื่อได้ขนาดของซอฟต์แวร์ สิ่งที่จะได้ต่อมาคือความพยายามที่ต้องใช้ (Effort) และระยะเวลาในการพัฒนา (Time)

## 2. วิธีการประมาณการขนาด (Size) ของซอฟต์แวร์

การวัดขนาด (Size) ของซอฟต์แวร์จะเริ่มจาก การเลือกวิธีวัดให้เหมาะสมกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ วิธีการวัดแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การวัดโดยตรง (Direct Measures) เป็นลักษณะการวัดขนาดของงานที่สามารถวัดจากข้อมูลที่สามารถนับได้ และการวัดแบบโดยอ้อม (Indirect Measures) เป็นการวัดในด้าน ซึ่งเมื่อผนวกรวมทั้งสองลักษณะแล้วจะนำไปสู่การวัดขนาดของซอฟต์แวร์ได้ วิธีการที่พบบ่อยในการวัดขนาดของซอฟต์แวร์ มักจะใช้ตัววัดคือ Line of Code และ Function Point

## 3. วิธีในการประมาณค่าใช้จ่าย (Costing Model) ของการพัฒนาซอฟต์แวร์

Costing Model เป็นวิธีการที่จะมุ่งประมาณการค่าใช้จ่ายตั้งที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1. โดยข้อดีของการใช้ Cost Models ใช้ได้กับระบบที่เป็นแบบ Non Expert ข้อเสียของระบบนี้คือ การพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา หากใช้สมการก็ต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าตามไปด้วย ซึ่งนอกจากวิธีการใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ยังมีวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีการในการประมาณการต้นทุนและเลือกศึกษา Costing Model คือ COCOMO II เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือและได้รับความนิยมในปัจจุบัน

### 3.1 วิธีการแบบ COCOMO II

การประมาณการซอฟต์แวร์แบบดั้งเดิมส่วนใหญ่จะใช้แบบจำลอง COCOMO II ในการประมาณการ โดยมีพื้นฐานหลักอยู่บนการประมาณความซับซ้อนจากจำนวนฟังก์ชันการทำงานของซอฟต์แวร์ ข้อมูลเข้าจากภายนอก ข้อมูลที่ส่งออกไปสู่ภายนอก ข้อมูลที่ดึงมาจากภายนอก ข้อมูลที่ต้องการจากภายนอก ข้อมูลเชิงตรรกะภายใน ปัจจัยสภาพแวดล้อมเกี่ยวกับคน ทีมพัฒนา และระบบ และรวมไปถึงการใช้ข้อมูลเชิงสถิติเดิมมาช่วยในการประมาณขนาด ความพยายาม และระยะเวลาของการพัฒนาซอฟต์แวร์

จุดเด่นที่น่าสนใจของ COCOMO II คือ การทำเอาตัวเลขทางคณิตศาสตร์และสถิติมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามหลักการของการบริหารจัดการ เป็นการนำเอาสิ่งที่เป็นกระบวนการมาเป็นตัวเลขได้ การบริหารจัดการซอฟต์แวร์ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ โครงการ และบุคลากร นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ในการที่จะประเมินราคา และระยะเวลาในการพัฒนาของซอฟต์แวร์ โดยมีโมเดลการคำนวณเป็นดังนี้

$$PM = A \times Size \times EM + Pm_{auto} \quad (1)$$

$$E = B + 0.01 * \sum Scale\ Factors \quad (2)$$

ซึ่งเมื่อใช้สมการที่ 1 คำนวณหาค่า PM ได้แล้ว ต่อไปคือการคำนวณหาค่าระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนา ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์มีสูตรดังนี้

$$TDEV = \frac{[ C \times (PM) F ] \times SCED\%}{100} \quad (3)$$

$$F = [ D + 0.2 (E-B) ] \quad (4)$$

แบบจำลอง COCOMO II มีความเหมาะสมกับการประมาณการราคา ระยะเวลา และค่าความพยายามในการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบต่างๆ ไป ที่ไม่ใช่ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาบนเว็บ ซึ่งในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงแบบจำลองที่ใช้กับซอฟต์แวร์ที่พัฒนาบนเว็บนั้นคือ Web Model

### 3.2 วิธีการแบบ Web Model

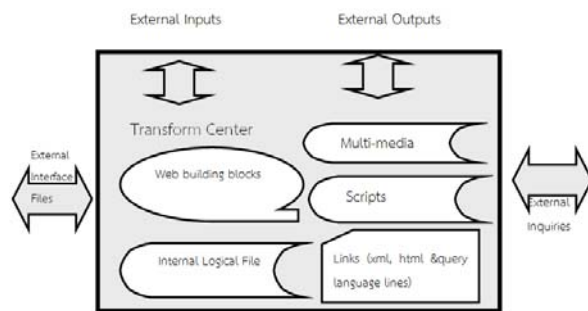
Web Model เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการประมาณการระยะเวลาและความพยายามในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่พัฒนาบนเว็บ [1] แบบจำลองนี้สร้างโดย Donald J. Reifer จาก Reifer Consultants ซึ่งพัฒนามาจาก COCOMO II ในช่วงการออกแบบในส่วนระยะเริ่มแรกของการพัฒนา โดยแบบจำลองนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาซอฟต์แวร์บนเว็บ (Web Model) เก็บข้อมูลแบบ Expert Judgment มาจากเว็บแอปพลิเคชัน 46

โครงการ และใช้วิธีการทางสถิติ Regression Analysis ในการหาค่าการประมาณการ

แบบจำลอง Web Model ได้พัฒนาจาก COCOMO II และใช้ตัวแปร Cost Drivers และ Effort Multipliers บางตัวจาก COCOMO II มาคำนวณในสมการ ซึ่งแบบจำลองนี้ใช้ค่าคงที่ 2 ค่า ค่ายกกำลัง 2 ค่า ข้อมูลค่าของ Cost Drivers และขนาดผลคูณที่แสดงในสมการที่ 5 และ สมการที่ 6

$$Effort = A \prod_{i=1}^9 d_i (Size)^{P1} \quad (5)$$

$$Duration = B \frac{Effort^{P2}}{Effort} \quad (6)$$



รูปที่ 2 แบบจำลองของตัวทำนายในการวัดขนาดของ Web Model

ที่มา : รูปภาพจัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย

ตัววัดของ Web Model ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 ประกอบไปด้วยวิธีการวัดแบบ Function Point 5 แบบ คือ External Input, External Output, External Inquiries, External Interface Files และ Internal Logical Files ตัววัดแบบ Web Object คือ Web building blocks, Multi-media, Scripts, Links (xml, html & query language lines) เป็นต้น วิธีการของแบบจำลอง Web Model วิธีการที่สามารถประมาณการความพยายามและระยะเวลาของการ

พัฒนาซอฟต์แวร์ที่พัฒนาบนเว็บได้ถูกต้องใกล้เคียงมาก แต่แบบจำลองนี้ยังไม่มีการกำหนดการวัดขนาดของข้อมูล ประเภทมัลติมีเดีย เช่น ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอ และเสียง ไว้มากนัก ทำให้ยังไม่สามารถไปใช้ในการประมาณการความพยายามและระยะเวลาในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากข้อมูลของเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับมัลติมีเดีย ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอ และเสียง

#### 4. ซอฟต์แวร์บริหารจัดการระบบการเรียนการสอนออนไลน์

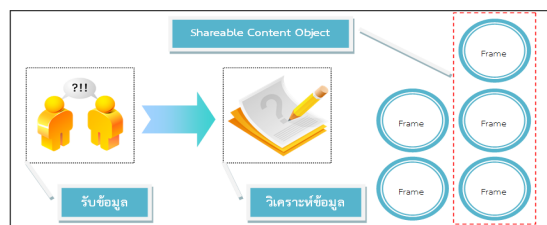
การเรียนรู้แบบออนไลน์ หรือ บทเรียนออนไลน์ เป็นการศึกษาศึกษาและเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต (Internet) หรืออินทราเน็ต (Intranet) เป็นการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผู้เรียนจะได้เรียนตามความสามารถ และความสนใจของตน โดยเนื้อหาของบทเรียนซึ่งประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียงวิดีโอและ มัลติมีเดียอื่นๆ จะถูกส่งไปยังผู้เรียนผ่าน Web Browser โดยผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้นเรียน ทุกคนสามารถติดต่อปรึกษา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันได้เช่นเดียวกับการเรียนในชั้นเรียนปกติโดยอาศัยเครื่องมือการติดต่อสื่อสารที่ทันสมัย (e-mail, web-board, chat) จึงเป็นการเรียนสำหรับทุกคน เรียนได้ ทุกเวลา และทุกสถานที่ (Learn for all: anyone, anywhere and anytime)

### วิธีการดำเนินการวิจัย

แนวทางในการประมาณการราคาในการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นมุ่งเน้นถึงการทำการประมาณการขนาดความพยายามและระยะเวลาเป็นสำคัญ เพราะเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้บริหารโครงการต้องให้การตัดสินใจในดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง หรือใกล้เคียงมากที่สุด เพื่อจะได้นำเอาข้อมูลไปประมาณราคาต้นทุนและกำไรต่อไปได้

### 1. แบบจำลองวงจรในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์

การพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ สำหรับเด็ก ผิดปกติจะเริ่มจากการเก็บข้อมูลเนื้อหารายละเอียดจากผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา (Subject Matter Expert) จากนั้นข้อมูลจะถูกวิเคราะห์และแบ่งเป็นส่วนๆ โดยผู้ออกแบบการสอน (Instructional Designer) ซึ่งข้อมูลที่แบ่งแล้วจะเรียกว่า “เฟรม” ข้อมูลในแต่ละเฟรมจะถูกนำมารวบรวมอีกครั้งโดยผู้ผลิตสื่อประกอบในการสอน (Producer) โดยข้อมูลในแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และจะถูกรวมออกมาเป็นกลุ่มของเนื้อหา ซึ่งจะเรียกว่า SCO (Shareable Content Object) เพื่อที่จะได้นำไปทำเป็นแพ็คเกจต่อไป ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองการวิเคราะห์และแบ่งเนื้อหา  
ที่มา : รูปภาพจัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย

### 2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการเก็บข้อมูลของการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กผิดปกติ โดยทำการเก็บข้อมูลจากหน่วยงานหรือบริษัทที่ผลิตเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

ลักษณะของเนื้อหารายวิชาที่ใช้ทำว่าประกอบด้วย ข้อมูลอะไรบ้าง

ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาในแต่ละรายวิชา โดยหน่วยของระยะเวลาเป็นจำนวนเดือนที่ใช้ในการพัฒนา 1 คน



ต่อ 1 รายวิชา (Person Month)

ระยะเวลาที่ใช้วิเคราะห์เนื้อหาวิชาเพื่อสร้างเอกสาร  
รูปแบบของเอกสารของแต่ละบริษัท

ลักษณะของสื่อที่ใช้สร้างเนื้อหา เช่น ภาพนิ่ง  
ภาพเคลื่อนไหว เสียง ฯลฯ

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อกำหนด  
ลักษณะการเก็บข้อมูลที่เหมาะสมในแต่ละบทเรียน

### 2.1 วิธีดำเนินการวิจัย

1) สัมภาษณ์การทำงานของนักวิเคราะห์และ  
ออกแบบเนื้อหา

2) วิเคราะห์ Story Board ของแต่ละบริษัท

3) เก็บข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการพัฒนาและระยะเวลา  
ในการทำภาพเคลื่อนไหวและข้อมูลมัลติมีเดีย

4) เก็บข้อมูลขั้นตอนการดำเนินงานจาก 5 กลุ่ม  
บุคคลที่มีบทบาทและมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำเนื้อหาบท  
เรียนออนไลน์

เมื่อเก็บข้อมูลต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป  
คือการกำหนดตัวแปรที่มีผลต่อการพัฒนาเนื้อหาบทเรียน  
ออนไลน์เพื่อหาแบบจำลองในการวัดความซับซ้อนของข้อมูล  
มัลติมีเดีย

### 2.2 การวิเคราะห์ส่วนประกอบลักษณะของเนื้อหาวิชา

การวิเคราะห์ส่วนประกอบของเนื้อหา ทำโดยการ  
ดูข้อมูลบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กฝึกปฏิบัติ สारวจในแต่ละ  
เนื้อหาวิชาว่ามีข้อมูลลักษณะแบบใดบ้าง

หลังจากนั้นได้สัมภาษณ์การทำงานของโปรแกรม  
เมอร์ที่ทำซอฟต์แวร์ประเภทเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ของ  
บริษัทต่างๆ โดยสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามและสัมภาษณ์  
ด้วยตัวเอง ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปลักษณะของตัววัดข้อมูลเพื่อจะ  
แบ่งข้อมูลเป็น 3 ระดับ คือ ซับซ้อนน้อย (Simple) ซับซ้อน  
ปานกลาง (Average) และซับซ้อนมาก (Complex)

### 2.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์

ระยะเวลาของการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์  
สำหรับเด็กฝึกปฏิบัติ ได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตสื่อ  
ประกอบในการสอนและโปรแกรมเมอร์ของบริษัทที่พัฒนา  
เนื้อหา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลการพัฒนาจริงและใช้ในการ  
เปรียบเทียบกับข้อมูลที่จะประมาณ

### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะการประมาณการ  
ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็ก  
ฝึกปฏิบัติ โดยวิธีแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการ  
ของ Web Model

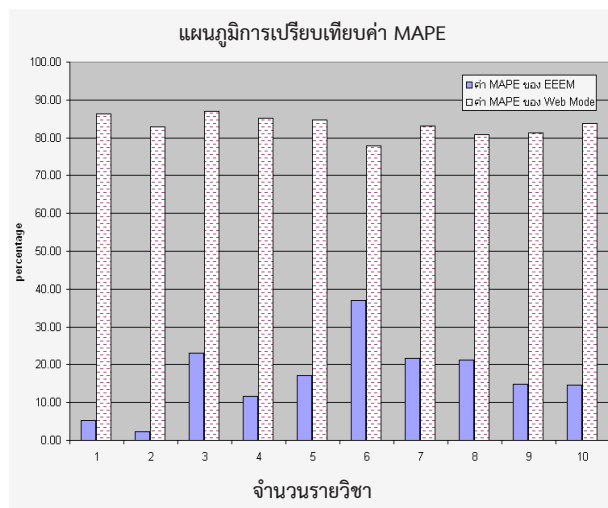
ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูล  
รายวิชาทั้ง 9 รายวิชา และได้นำรายวิชาตัวอย่างรายวิชา  
จำนวน 5 วิชา มาทดสอบกับแบบจำลองนี้ พบว่าแบบจำลอง  
COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model มีความเหมาะสม  
ในการประมาณการต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการพัฒนา  
เนื้อหาบทเรียนออนไลน์สำหรับเด็กฝึกปฏิบัติมากกว่าการ  
ประมาณการด้วยการอาศัยประสบการณ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำ ค่า  
ประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายมาวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์  
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) เทียบกับการอาศัย  
ประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุน

จากผลการทดลองพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาด  
เคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ของแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธี  
การของ Web Model มีค่าน้อยกว่าการอาศัยประสบการณ์  
ในการวิเคราะห์ต้นทุน ในทุกรายวิชาดังตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 สรุปผลค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE)

รายวิชา	ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE)	
	แบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model	การอาศัยประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุน
ภาษาอังกฤษ	5.21	86.41
ภาษาไทย	11.62	85.07
คณิตศาสตร์	17.15	84.71
สังคมและสิ่งแวดล้อม	36.92	77.76
วิทยาศาสตร์	21.73	83.06
ค่า MAPE จำนวน 5 รายวิชา	16.86	83.28

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบค่า MAPE ระหว่างแบบจำลอง



COCOMO-II ร่วมกับวิธี Web Model และการอาศัยประสบการณ์

ที่มา : รูปภาพจัดทำขึ้นโดยผู้วิจัย

จากรูปที่ 4 เป็นภาพกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) จำนวน 5 รายวิชาที่ใช้ในการทดลองระยะเวลาที่ได้จากการประมาณการด้วยแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model และการอาศัยประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุน

ซึ่งจะเห็นว่าค่า MAPE ของแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model ที่เป็นกราฟสีเข้ม มีค่าต่ำกว่าค่าการอาศัยประสบการณ์ในการวิเคราะห์ต้นทุนที่เป็นกราฟสีอ่อนกว่า

### สรุปและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย

วิธีในการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการพัฒนา (Cost Estimation) ที่มีการพัฒนาต่อเนื่องมาเรื่อยๆ เป็นเวลาหลายปี วิธีการหนึ่ง ที่ได้รับความนิยม คือ การอาศัยประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ที่ใช้ในการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาซอฟต์แวร์ แต่ต่อมาเมื่อการพัฒนาซอฟต์แวร์และเครื่องมือที่ใช้เปลี่ยนแปลงไป ทำให้โปรแกรมเมอร์สามารถพัฒนาได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ดังนั้นจึงมีผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลในการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมขึ้นมามากมายจนมีโมเดลในการประมาณการที่แยกย่อยมา หนึ่งในโมเดลที่ทางผู้วิจัยได้นำเสนอนั้น คือ วิธีแบบจำลอง COCOMO-II ร่วมกับวิธีการของ Web Model ซึ่งโมเดลนี้ใช้ในการประมาณการต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาเนื้อหาของบทเรียนออนไลน์ สำหรับผลิตปกติ เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีโมเดลใดที่เหมาะสมในการประมาณการการพัฒนาเนื้อหาบทเรียนออนไลน์ดังกล่าว



## เอกสารอ้างอิง

- เมลินี นาคมณี, (2547). **Software Project Planning** การวางแผนโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: แวนแก้ว จำกัด. หน้า 78-79.
- Boehm, B., Horowitz, E., Madachy, R., Reifer, DJ., Clark, BK., Steece, B., Winsor Brown, A., Chulani, A., and Abts, C., (2000,) **Software Cost Estimation with COCOMO II. 1<sup>st</sup> Ed.** Prentice-Hall, January.
- Cowderoy, A.J.C., (2000,) "Measures of size and complexity for web-site content", **Proceedings of the Combined 11th European Software Control and Metrics Conference and the 3rd SCOPE conference on Software Product Quality**, p:423-431 Munich, Germany,
- Reifer, D.J., (2000,) "Web Development: Estimating Quick-to-Market Software", **IEEE Software**, November- December 2000, Vol. 17, No. 6, pp. 57-64.
- Reifer, DJ., Reifer Consultants, Inc., (2002,) "Estimating Web Development Costs: There Are Differences", **The Journal of Defense Software Engineering**, pp 58-64.
- Vickers, P., (2001.) **An Introduction to Function Point Analysis.** Northumbria University School of Informatics UK,