# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ เรื่องการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมกรณีศึกษาแบบหลายมาร์คเกอร์ ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางนำมาประยุกต์ใช้ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

## 2.1 เทคโนโลยีความจริงเสมือน

เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality Technology หรือ VR) เป็นวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่เริ่มจากการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับ การทหารและจำลองการบินของประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 1960-1969 ปัจจุบันเทคโนโลยีความจริงเสมือนได้มีการพัฒนา อย่างต่อเนื่อง และได้นำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านต่าง ๆ อาทิ ด้านวิศวกรรม ด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ ด้านบันเทิง เป็นต้น และมี การแบ่งประเภทของระบบความจริงเสมือนตามพื้นฐานวิธีที่ติดต่อกับผู้ใช้ (วัฒนา, 2551) ดังนี้

1) Desktop VR หรือ Window on World Systems (WoW) เป็นระบบความจริงเสมือนที่ใช้จอภาพของคอมพิวเตอร์ในการแสดงผล

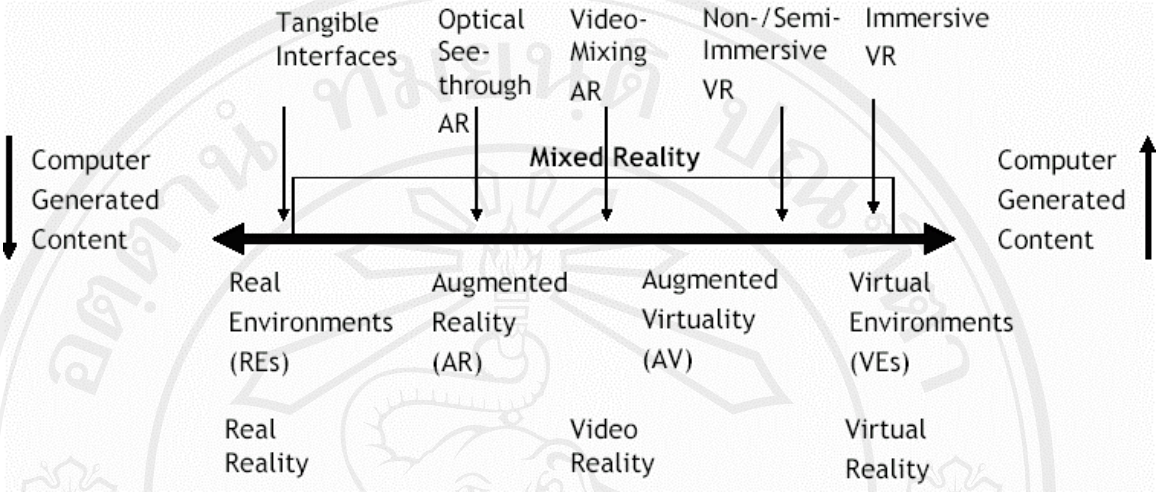
2) Video Mapping เป็นการนำวิดีโอมาเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือนำเข้าข้อมูลของผู้ใช้ และใช้กราฟิกคอมพิวเตอร์นำเสนอการแสดงผลในโมเดลแบบสองมิติหรือสามมิติ โดยผู้ใช้จะเห็นตัวเองและเปลี่ยนแปลงตัวเองจากจอภาพ

3) Immersive Systems เป็นระบบความจริงเสมือนสำหรับผู้ใช้ส่วนบุคคล โดยผู้ใช้นำอุปกรณ์ประเภทจอภาพสวมศีรษะ (Head-Mounted Display หรือ HMD) ได้แก่ หมวกเหล็กหรือหน้ากากมาใช้จำลองภาพและการได้ยิน

4) Telepresence เป็นระบบเสมือนจริงที่มีการนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณระยะไกลที่อาจติดตั้งกับหุ่นยนต์เชื่อมต่อการใช้งานกับผู้ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5) Augmented / Mixed Reality Systems เป็นการผสมผสานระหว่าง Telepresence ระบบความจริงเสริมและเทคโนโลยีภาพเพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้




รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของความจริงเสมือนและความจริงเสริม

## 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีความจริงเสริม

### 2.2.1 ความหมายของเทคโนโลยีความจริงเสริม

ความหมายของเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality Technology หรือ AR) คือ การพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงและความจริงเสริม เข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น เว็บแคมคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ หน้าจอโทรศัพท์มือถือ บนเครื่องฉายภาพ หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่น ๆ โดยภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่งสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบขึ้นกับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบว่าให้ออกมาแบบใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

### 2.2.2 ประเภทของเทคโนโลยีความจริงเสริม

เทคโนโลยีความจริงเสริมสามารถแบ่งประเภทตามส่วนวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์คเกอร์เป็นหลักในการทำงาน (Marker Based Augmented Reality)

2. การวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (Marker-less Based Augmented Reality)

**2.2.3 องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความจริงเสริม**

องค์ประกอบหลักของเทคโนโลยีความจริงเสริมแบบอาศัยมาร์คเกอร์ในการทำงาน ประกอบด้วย

1. มาร์คเกอร์ (Marker) หรือเรียกว่ามาร์คอัป (Markup) หรือเออาร์โค้ด (AR-Code)

2. ตัวจับสัญญาณภาพ เช่น กล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือตัวจับสัญญาณ (Sensor) อื่น ๆ

3. ส่วนแสดงผล เช่น จอภาพครอบศีรษะ จอภาพคอมพิวเตอร์ จอภาพโทรศัพท์มือถือ

4. ซอฟต์แวร์ในส่วนการประมวลผลเพื่อสร้างภาพหรือวัตถุแบบสามมิติ

**2.2.4 กระบวนการของเทคโนโลยีความจริงเสริม**

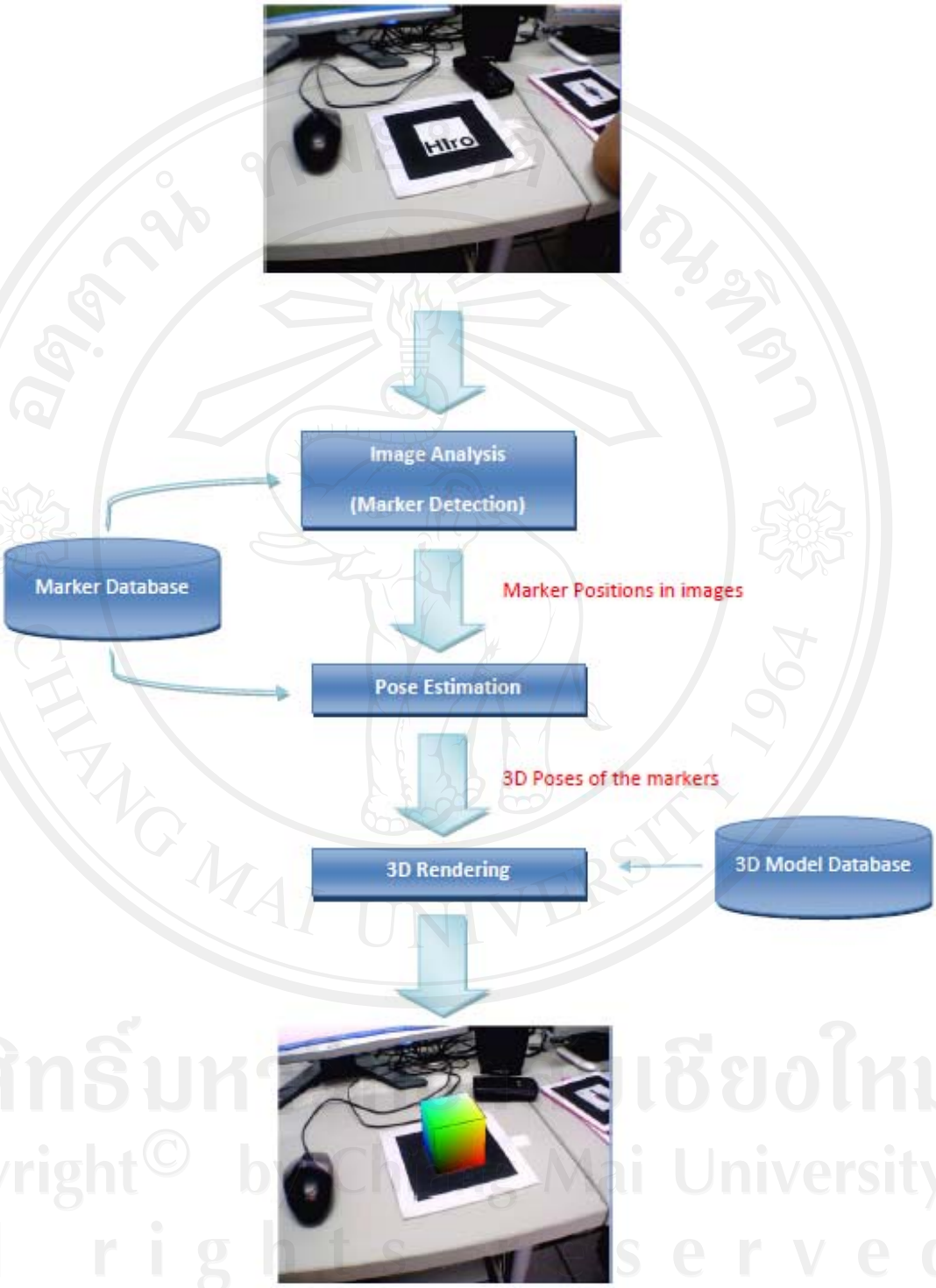
โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีความจริงเสริมประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์ (Marker) จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์คเกอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์

2. การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง

3. กระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้ จนได้ภาพกราฟิกไปซ้อนทับรูปจริง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพกระบวนการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสริม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2.5 การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis)**

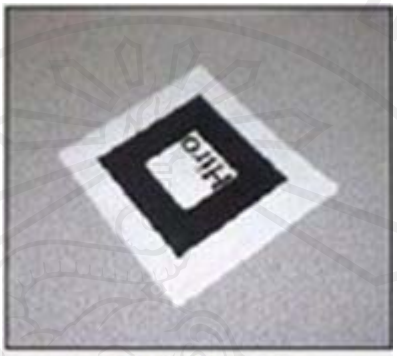
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์จากภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ โดยก่อนอื่นเราจะต้องทำการดึงข้อมูลที่จำเป็นของมาร์กเกอร์หนึ่ง ๆ ที่จะใช้นำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลเก็บไว้ก่อน ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นเหล่านี้ประกอบด้วย ขนาดของมาร์คเกอร์และลวดลายของมาร์คเกอร์เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วตามรูปแบบการใช้งานของเออาร์ทูลคิท (ARToolKit) รูปแบบของมาร์คเกอร์ จะต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขอบสีดำ พื้นหลังด้านในสีขาวและลวดลาย (Pattern) ของมาร์คเกอร์เป็นสีดำ ซึ่งสามารถแสดงดังรูป

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของมาร์คเกอร์ (Marker)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

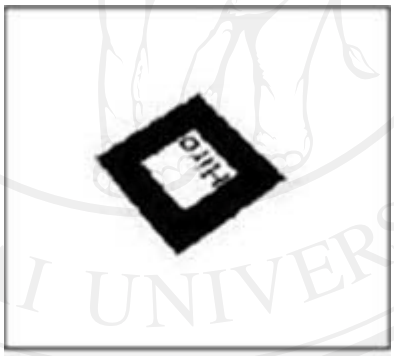
สำหรับขั้นตอนภายในของกระบวนการวิเคราะห์ภาพเพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลของมาร์คเกอร์ที่เราต้องการ โดยที่เมื่อระบบทำการค้นหามาร์คเกอร์หนึ่ง ๆ ในเฟรมภาพใด ๆ จากกล้องวิดีโอสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ทำการแปลงภาพที่ได้มาจากกล้องวิดีโอที่เป็นภาพสีนั้นให้กลายเป็นภาพสองระดับ (Binary Image) โดยการกำหนดให้แต่ละพิกเซลในภาพสองระดับมีค่าเป็น 0 หรือ 1 โดยที่จะมีค่าเป็น 0 เมื่อค่าระดับความสว่าง (Intensity) ของพิกเซลนั้นมีต่ำกว่าค่า Threshold มิฉะนั้นแล้วจะมีค่าเป็น 1



a. Original image

รูปที่ 2.4 แสดงรูปจากกล้องวิดีโอก่อนทำการ Binary Image

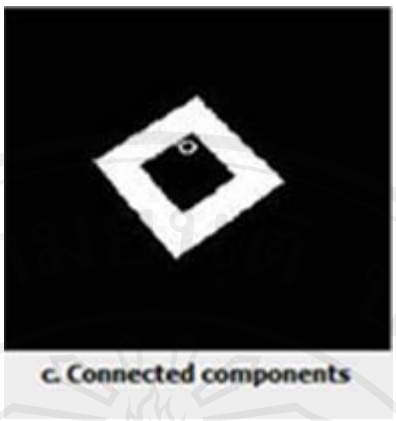


b. Thresholded image

รูปที่ 2.5 แสดงรูปหลังจากทำการ Binary Image

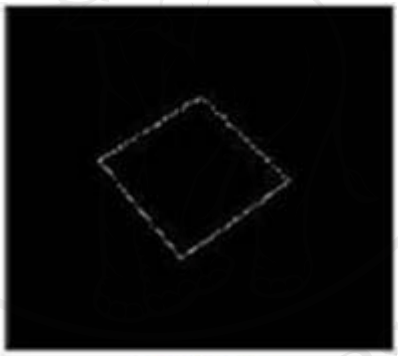
2. ทำการหาพื้นที่ติดต่อกัน (Connected components) โดยใช้เทคนิคทางการวิเคราะห์ภาพที่เรียกว่า Connected component labeling

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved




รูปที่ 2.6 แสดงรูปการหาพื้นที่ติดต่อกัน

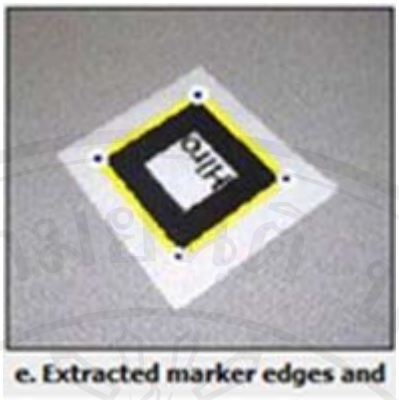
3. หลังจากนั้นระบบจะทำการหาเส้นรอบรูป (Contours) ของพื้นที่ที่ได้มาผลลัพธ์ในขั้นตอนที่แล้ว




รูปที่ 2.7 แสดงรูปการหารเส้นรอบรูป

4. จากผลลัพธ์ของขั้นตอนที่แล้วระบบจะทำการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ของสมการเส้นตรงที่แทนเส้นรอบรูปซึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมทั้ง 4 เส้น หลังจากนั้นระบบจะหาจุดมุม (Corners) ทั้ง 4 จุดของมาร์คเกอร์ จากจุดตัดของเส้นตรงทั้งสี่จุดที่หาได้ ซึ่งแสดงดังตัวอย่างรูปที่ 2.8 ซึ่งจุดมุมสี่จุดนี้จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการ Pose Estimation ซึ่งจะอธิบายต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

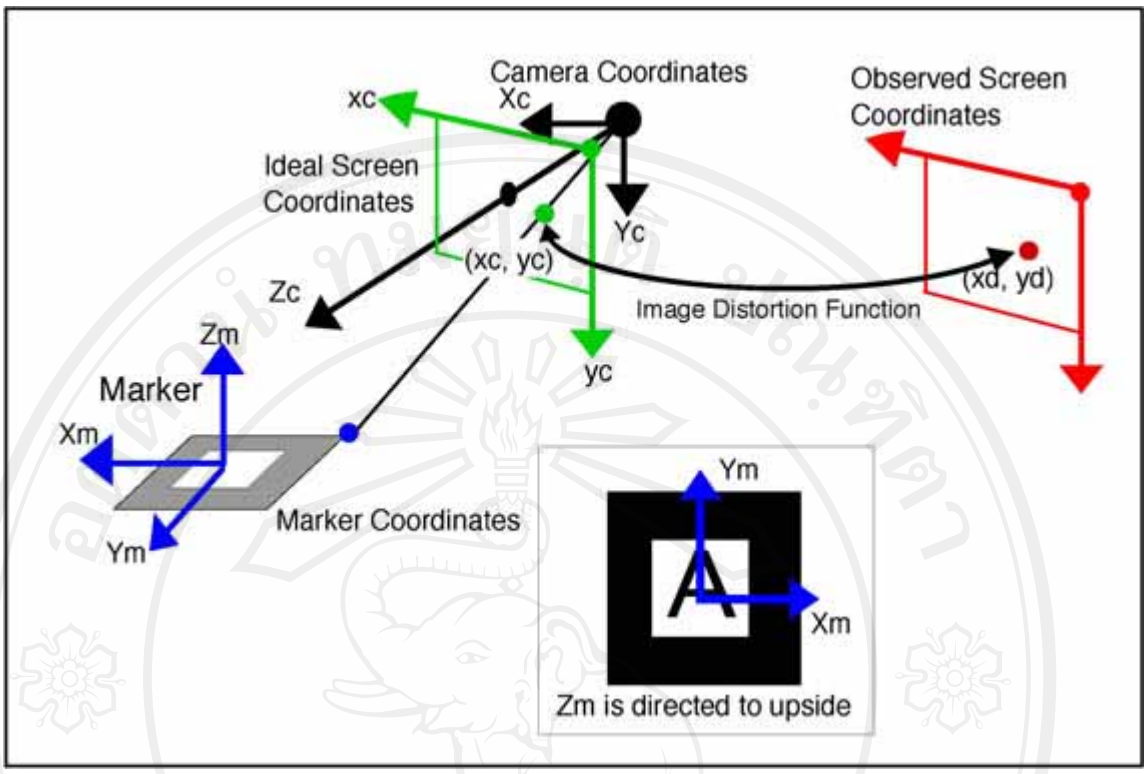



รูปที่ 2.8 แสดงรูปของจุด 4 มุมของกระบวนการ Image analysis

**2.2.6 การคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (Pose Estimation)**

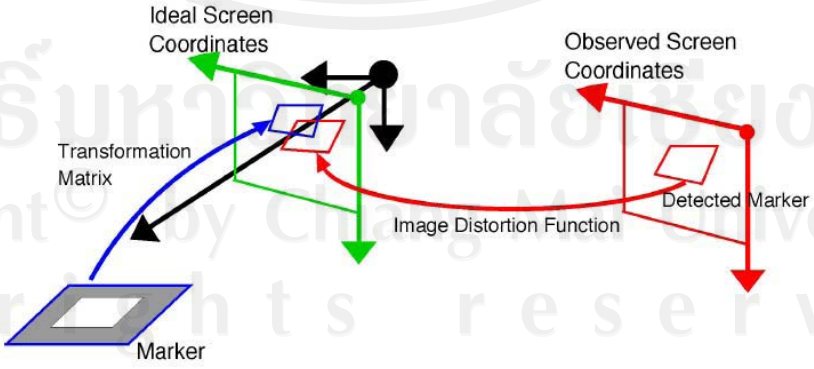
เป็นขั้นตอนของการคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ (3D Pose) ของมาร์คเกอร์เมื่อเทียบกับภาพจากกล้องวิดีโอ ค่านี้จะถูกแสดงในรูปเมตริกซ์ขนาด 4x4 (Tcm) ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง Camera Coordinated Frame และ Marker Coordinated Frame ซึ่ง Camera Coordinated Frame ก็คือ Coordinated Frame ที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งใด ๆ ของกล้องวิดีโอ และ Marker Coordinated Frame ก็คือ Coordinated Frame ที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งใด ๆ ของมาร์คเกอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved




รูปที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Camera Coordinated Frame และ Marker Coordinated Frame

ส่วนค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดใดๆ บน Ideal Screen Coordinated Frame (xI yI) กับ Observe Screen Coordinated Frame (xO yO)

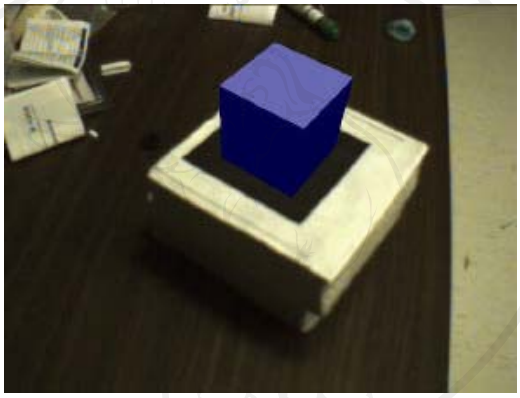



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Ideal Screen Coordinates และ Observe Screen Coordinates

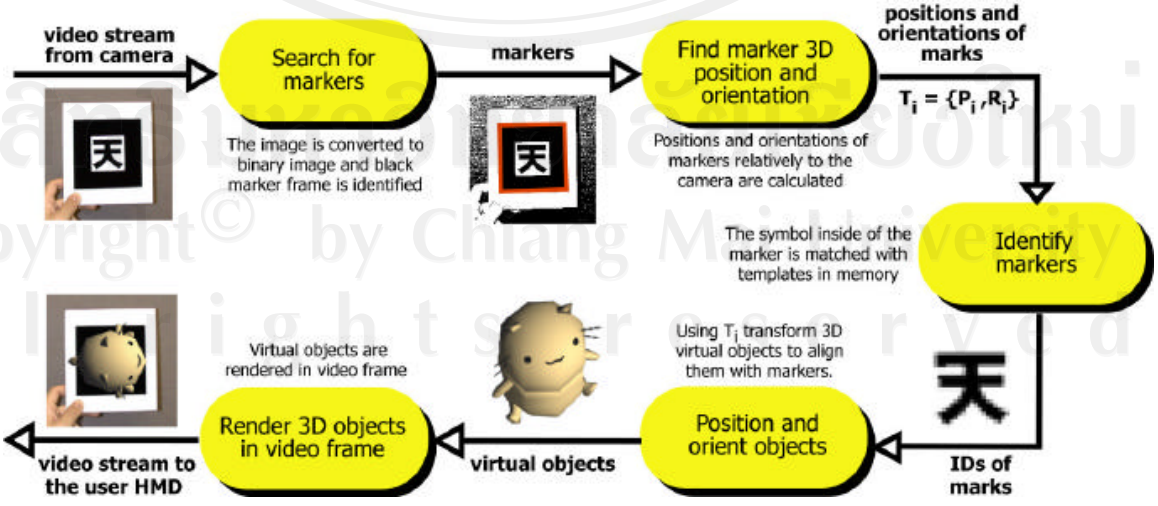
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2.7 กระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering)**

ส่วนนี้เป็นส่วนสุดท้ายที่จะทำให้กระบวนการของเทคโนโลยีความจริงเสริมครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งก็คือ การเพิ่มส่วนของความจริงเสริมที่เราต้องการเพิ่มเข้าไป ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเป็นกราฟิกโมเดลสามมิติ (3D Models) ลงไปในภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ ณ ตำแหน่งที่มาร์คเกอร์ปรากฏอยู่ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิงสามมิติที่คำนวณได้จากขั้นตอนการคำนวณค่าตำแหน่งเชิงสามมิติ มากำหนดเป็นตำแหน่งที่กราฟิกโมเดลสามมิติ ที่ต้องการเพิ่มลงไป จากนั้นนำไปซ้อนทับกับภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอแล้วแสดงผลออกทางจอภาพ



รูปที่ 2.11 แสดงภาพจากที่แผ่นกระบวนการสร้างภาพสองมิติจากโมเดลสามมิติ




รูปที่ 2.12 แสดงกระบวนการทำงานของเออาร์ทูลคิท (ARToolkit)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.2.8 ประเภทการแสดงผลของเทคโนโลยีความจริงเสริม**

Isdale (2001) จำแนกชนิดของเทคโนโลยีความจริงเสริมตามรูปแบบการแสดงผลออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. ความจริงเสริมแบบแสดงผลโดยการมองผ่านเลนส์ (Optical See-Through Augmented Reality Display) มีลักษณะการทำงาน คือ ผู้ใช้จะต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวมแสงอยู่ด้านหน้าของตาผู้ใช้ โดยทำหน้าที่ลดแสงจากที่ผู้ใช้มองเห็นจากสภาพแวดล้อมจริงและสะท้อนแสงที่ได้มาจากจอภาพกราฟิกเข้าไปยังตาของผู้ใช้ ผลรวมของแสงทั้งสองจะทำให้เกิดการรวมภาพจริงและภาพเสมือน

2. ความจริงเสริมแบบแสดงผลโดยใช้เครื่องฉายภาพ (Projector Based Augmented Reality) มีลักษณะการทำงานคือฉายภาพที่ได้คำนวณไปยังวัตถุที่ต้องการเพิ่มลวดลาย (Texture) เป็นความจริงเสริมแบบเพิ่มรายละเอียดให้กับวัตถุจริง

3. ความจริงเสริมแบบแสดงผลโดยการมองผ่านกล้องวิดีโอ (Video See-Through Augmented Reality) มีลักษณะการทำงาน คือ ภาพของสภาพแวดล้อมจริงในมุมมองของผู้ใช้จะถูกเก็บภาพด้วยกล้องวิดีโอ จากนั้นจะถูกนำมารวมกับภาพกราฟิกที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ แล้วนำผลที่ได้ส่งไปยังจอแสดงผลที่อยู่ตรงตาจองผู้ใช้ในอุปกรณ์จอภาพครอบศีรษะเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้มองเห็น

4. ความจริงเสริมแบบแสดงผลโดยจอภาพ (Monitor-Based Augmented Reality) ลักษณะการทำงานจะใช้กล้องวิดีโอในการทำหน้าที่รับภาพจริงเข้ามา โดยตำแหน่งของกล้องจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างภาพกราฟิก ภาพกราฟิกที่ได้จะถูกนำไปรวมกับภาพจริงที่ได้จากกล้องวิดีโอแล้วผลที่ได้จะถูกนำไปแสดงผลยังหน้าจอ ซึ่งในกรณีที่ต้องการสร้างภาพในลักษณะสองตาโดยใช้กล้องสองตัวจะใช้การแสดงผลที่จอด้วยการสลับการแสดงผลของกล้องไปมา โดยผู้ใช้งานจะสวมแว่นเสตอริโอเพื่อใช้ในการบังตาทีละข้างให้สอดคล้องกับจังหวะการแสดงผลของภาพบนหน้าจอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะของจอภาพครอบศีรษะ (Head-Mounted Display)

**2.3 คอมพิวเตอร์กราฟิก (computer graphics)**

คอมพิวเตอร์กราฟิก (computer graphics) หรือในศัพท์บัญญัติว่า วิชาเรขภาพคอมพิวเตอร์ คือหนึ่งในศาสตร์ องค์ความรู้ ของระเบียบวิธีการแก้ปัญหาเชิงคอมพิวเตอร์ (computing methodology) ที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องของภาพหรือการแสดงภาพ โดยเน้นการประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ให้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญญาณต่าง ๆ แทน ตำแหน่งพิกัด สี รูปทรง ความสว่าง

ขั้นตอนแรกเริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลอง (modeling) เพื่อแทนความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นให้สามารถประมวลผลได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ตามด้วย การแปรเป็นภาพสุดท้าย หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเรนเดอร์ หรือการให้แสงและเงา (rendering) เป็นการแปรหรือแสดงผลลัพธ์ทางอุปกรณ์แสดงผลลัพธ์ เช่น จอภาพ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ออกมาเป็นภาพเชิงเรขาคณิตมองเห็น รูปทรง สีสัน ลวดลาย ลายผิว หรือ ลักษณะแสงเงา รวมถึง ข้อมูลอื่น ๆ ของภาพ เช่น ข้อมูลการเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลง ลักษณะการเชื่อมต่อ และ ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือสิ่งของในภาพ

คอมพิวเตอร์กราฟิกยังครอบคลุมถึงการศึกษาด้านระบบในการแสดงภาพ ทั้งฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ สถาปัตยกรรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์เชื่อมต่อ หรือ อุปกรณ์ในการนำเข้า และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสดงผล ปัจจุบันมีการประยุกต์ วิชาเรขภาพคอมพิวเตอร์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีอื่น เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหวหรือ แอนิเมชัน งานภาพยนตร์ เกม สื่อประสมภาพและเสียง ศึกษาบันเทิง หรือ ระบบสร้างภาพความจริงเสมือน เป็นต้น

ระเบียบวิธีที่นิยมแบ่งเป็นสองวิธีหลัก คือ การใช้หลักการฉายและการใช้หลักการตามรอยละแสง สำหรับวิธีการสร้างภาพโดยใช้หลักการฉาย (projective method) ซึ่งใช้หลักการแปลงพิกัดข้อมูลตำแหน่งต่าง ๆ ในสามมิติ ให้เป็นข้อมูลที่มีพิกัดสองมิติแล้วแสดงผลบนอุปกรณ์แสดงผลเช่น จอภาพ เป็นต้น โดยระหว่างการแปลงพิกัดจะมีการคำนวณย่อย เช่น การขริบ (clipping) การขจัดเส้นแฝงผิวแฝง (hidden line/surface removal) และ การทำให้เป็นจุดภาพเป็นต้น อีกวิธีที่นิยมใช้ คือ การตามรอยลำแสง (ray tracing) ซึ่งเป็นการคำนวณโดยอาศัยหลักไล่ตามรอยทางเดินของแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงมาตกกระทบที่วัตถุแล้วสะท้อนเข้าตาหรือกล้อง โดยไล่ตรวจสอบย้อนรอยแสง ไปดูค่าความสว่างของวัตถุที่จะแสดงในแต่ละจุดภาพบนอุปกรณ์แสดงผล

**2.4 เกมเอนจิ้น**

เกมเอนจิ้น (Game Engine) คือ ชื่อเรียกของโปรแกรมที่เป็นส่วนประกอบหลักของเกมคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมการแสดงผลภาพที่มีการตอบสนองแบบทันทีทันใด (Real Time) โดยทำหน้าที่ช่วยจัดการติดต่อกับอุปกรณ์พื้นฐานช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมเกมง่ายขึ้นและบางครั้งช่วยให้เกมที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้บนระบบหลาย ๆ ระบบ ตัวอย่างเช่น บนเครื่องเกมคอนโซล และบนเครื่องพีซีหรือบนระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน ตัวอย่าง เช่น Linux, Mac OS, Windows เป็นต้น คุณสมบัติหรือความสามารถหลักของเกมเอนจิ้นโดยทั่วไปคือ สร้างและประมวลผลภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ การประมวลผลทางด้านฟิสิกส์ การตรวจสอบการชนของวัตถุ การจัดการด้านเสียง การจัดการเรื่องภาพเคลื่อนไหว ปัญญาประดิษฐ์ การเชื่อมต่อระบบเครือข่าย การถ่ายโอนข้อมูล และ การบริหารหน่วยความจำ ในการพัฒนาเกมของอุตสาหกรรมเกม เกิดจากการนำเกมเอนจิ้นเดิมกลับมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักในการสร้างเกมใหม่ที่มีเนื้อหาแตกต่างกัน

สำหรับเกมเอนจิ้นบางประเภทที่ทำหน้าที่ในการสร้างและประมวลผลภาพ 2 มิติ และ 3 มิติเพียงอย่างเดียว เมื่อนำเกมเอนจิ้นประเภทนี้มาใช้พัฒนาเกมที่มีความต้องการความสามารถในการทำงานที่หลากหลาย ผู้พัฒนาเกมจะต้องเพิ่มเติมความสามารถขึ้นมาเองหรือทำการรวมความสามารถจากไรบารี่อื่น ๆ บางครั้งเราจะเรียกเอนจิ้นเหล่านี้ว่า “กราฟิกเอนจิ้น” (Graphics Engine) หรือ “เรนเดอร์ริ่งเอนจิ้น” (Rendering Engine) หรือ “ทรีดีเอนจิ้น” (3D Engine) ซึ่งเราสามารถเรียกรวมว่าเป็นเกมเอนจิ้นได้เช่นเดียวกันเนื่องจากมีคุณสมบัติพื้นฐานของการสร้างงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้าน 3 มิติ ครบถ้วน ตัวอย่างของกราฟิกเอนจิ้นได้แก่ เออริชเอนจิ้น (Irrlicht Engine) และ อ็อคเอนจิ้น (Ogre Engine)

เออริชเอนจิ้น (Irrlicht Engine) เป็นซอฟท์แวร์ประเภทเปิดเผยรหัส (Open Source) ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เออริชเอนจิ้นถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาซีพลัสพลัส (C++) โดยเอนจิ้นนี้รองรับการนำไปพัฒนาด้วยภาษาซีพลัสพลัสและภาษาอื่น ๆ อีกด้วย เช่น ภาษาซีชาร์ป ภาษาเบสิก เป็นต้น อีกทั้งสามารถใช้งานได้บนหลายระบบปฏิบัติการ อาทิเช่น Windows, Linux และ Mac OS เป็นต้น เออริชเอนจิ้นถูกพัฒนามาให้สามารถแสดงผลภาพโดยใช้ ไดเรกเอ็กซ์ (DirectX) โอเพ่นจีเอล (OpenGL) ได้ เออริชเอนจิ้นถูกออกแบบมาให้มีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่มีขนาดเล็ก สามารถเรียนรู้เข้าใจได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับเอนจิ้นอื่น ๆ โดยมีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน

## 2.5 ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับสื่อการเรียนรู้

สื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือของการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากในยุคปัจจุบันเป็นยุคของ ข้อมูล ข่าวสารและความรู้ การใช้เทคโนโลยีและการสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนจำเป็นต้องพัฒนาตนเองให้สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ด้วยตนเอง ตลอดจนพัฒนาศักยภาพในการคิด ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดอย่างอย่างมีเหตุผลนอกจากนี้ควรเป็นสิ่งที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สื่อการเรียนรู้หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างรอบตัวผู้เรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เช่น คน สัตว์ สิ่งของ ธรรมชาติ รวมถึงเหตุการณ์ หรือ แนวความคิด โดยมุ่งเน้นส่งเสริมการค้นคว้า หรือ การแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

### 2.5.1 หน้าที่ของสื่อการเรียนรู้

1) ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก เพิ่มพูนทักษะและประสบการณ์

2) สร้างสถานการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน

3) กระตุ้นให้เกิดศักยภาพทางความคิด ได้แก่ คิดไตร่ตรอง คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ ตลอดจน

4) กระตุ้นให้เป็นผู้แสวงหาความรู้และมีทักษะในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.5.2 คุณลักษณะของสื่อการเรียนรู้**

1) ช่วยส่งเสริมการสร้างความรู้ของผู้เรียน

2) ช่วยส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

3) มุ่งเน้นการพัฒนาการคิดของผู้เรียน

4) เป็นสื่อที่หลากหลาย ได้แก่ วัสดุ อุปกรณ์ วิธีการ ตลอดจน สิ่งที่มีตามธรรมชาติ

5) เป็นสื่อที่อยู่ตามแหล่งความรู้ในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

6) ช่วยพัฒนาการร่วมทำงานเป็นทีม

**2.5.3 ประเภทของสื่อการเรียนรู้**

1) สื่อสิ่งพิมพ์ เอกสาร หนังสือ ตำรา หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร จุลสาร ฯลฯ

2) สื่อเทคโนโลยี

- แถบบันทึกภาพวีดีทัศน์เทปเสียงสไลด์
- คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-assisted instruction)
- สื่อบนเครือข่าย (Web-based Learning)
- การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนการสอน
- การศึกษาผ่านดาวเทียม

3) สื่อที่เป็นกิจกรรม/กระบวนการ กิจกรรมที่จัดเพื่อฝึกกระบวนการคิดและการปฏิบัติการแสดงละครบทบาทสมมติสถานการณ์จำลองการทำโครงงาน

4) สื่อบุคคล รวมถึงภูมิปัญญาท้องถิ่น

5) สื่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

6) สื่อวัสดุอุปกรณ์ หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนที่ รวมถึงเครื่องเครื่องมืออุปกรณ์ทดลองวิทยาศาสตร์

**2.6 ทฤษฎีการเรียนรู้ 8 ขั้นของกาเย่ (Gagne)**

ทฤษฎีการเรียนรู้ 8 ขั้นของกาเย่ ( Gagne ) เป็นทฤษฎีที่กาเย่ได้ให้ความหมายไว้ในปี 1977 ซึ่งในอดีตจะใช้ทฤษฎีนี้ในการจัดรูปแบบการเรียนการสอนซึ่งผู้สอนอาจจะมอบหมายงาน หรือให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด แต่ในปัจจุบันมักจะใช้ทฤษฎีนี้ในการออกแบบและพัฒนาสื่อการสอน เช่น สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, เว็บการสอน ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การจูงใจ ( Motivation Phase) การคาดหวังของผู้เรียนเป็นแรงจูงใจในการเรียนรู้
2. การรับรู้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ (Apprehending Phase) ผู้เรียนจะรับรู้สิ่งที่สอดคล้องกับความตั้งใจ
3. การปรุงแต่งสิ่งที่รับรู้ไว้เป็นความจำ ( Acquisition Phase) เพื่อให้เกิดความจำระยะสั้นและระยะยาว
4. ความสามารถในการจำ (Retention Phase)
5. ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว (Recall Phase )
6. การนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้ว (Generalization Phase)
7. การแสดงออกพฤติกรรมที่เรียนรู้ ( Performance Phase)
8. การแสดงผลการเรียนรู้กลับไปยังผู้เรียน ( Feedback Phase) ผู้เรียนได้รับทราบผลเร็วจะทำให้มีผลดีและประสิทธิภาพสูง

องค์ประกอบที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ จากแนวคิดนักการศึกษา กาเย่ ( Gagne) คือ

- ผู้เรียน ( Learner) มีระบบสัมผัสและ ระบบประสาทในการรับรู้
- สิ่งเร้า ( Stimulus) คือ สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
- การตอบสนอง (Response) คือ พฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้

การสอนด้วยสื่อตามแนวคิดของกาเย่ (Gagne)

- เร้าความสนใจ มีโปรแกรมที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เช่น ใช้การ์ตูน หรือกราฟิกที่ดึงดูดสายตา ความอยากรู้อยากเห็นจะเป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจในบทเรียน การตั้งคำถามก็เป็นอีกสิ่งหนึ่ง
- บอกวัตถุประสงค์ ผู้เรียนควรทราบถึงวัตถุประสงค์ ให้ผู้เรียนสนใจในบทเรียนเพื่อให้ทราบว่าบทเรียนเกี่ยวกับอะไร
- กระตุ้นความจำผู้เรียน สร้างความสัมพันธ์ในการโยงข้อมูลกับความรู้ที่มีอยู่ก่อน เพราะสิ่งนี้สามารถทำให้เกิดความทรงจำในระยะยาวได้เมื่อได้โยงถึงประสบการณ์ผู้เรียน โดยการตั้งคำถาม เกี่ยวกับแนวคิด หรือเนื้อหานั้น ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- เสนอเนื้อหา ขั้นตอนนี้จะเป็นการอธิบายเนื้อหาให้กับผู้เรียน โดยใช้สื่อชนิดต่าง ๆ ในรูป กราฟิกหรือ เสียง วิดีโอ
- การยกตัวอย่าง การยกตัวอย่างสามารถทำได้โดยยกกรณีศึกษา การเปรียบเทียบ เพื่อให้เข้าใจได้ซาบซึ้ง
- การฝึกปฏิบัติ เพื่อให้เกิดทักษะหรือพฤติกรรม เป็นการวัดความเข้าใจว่าผู้เรียนได้เรียนถูกต้องเพื่อให้เกิดการอธิบายซ้ำเมื่อรับสิ่งที่ผิด
- การให้คำแนะนำเพิ่มเติม เช่น การทำแบบฝึกหัด โดยมีคำแนะนำ
- การสอบ เพื่อวัดระดับความเข้าใจ
- การนำไปใช้กับงานที่ทำ ในการทำสื่อควรมี เนื้อหาเพิ่มเติม หรือหัวข้อต่าง ๆ ที่ควรจะรู้เพิ่มเติม

**2.7 ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Ehrman และ Oxford**

Ehrman และ Oxford (1990 : 313) กล่าวถึงยุทธวิธีในการจำว่าประกอบด้วย 4 วิธี และแต่ละวิธีประกอบด้วยวิธีย่อย ๆ คือ

1. วิธีสร้างการเชื่อมโยงในใจ (Creating Mental Linkages) ซึ่งประกอบด้วยวิธีย่อย ๆ 3 วิธี คือการจัดกลุ่ม (Grouping) การรวมพวกและขยายรายละเอียด (Associating/Elaborating) และการใส่คำใหม่ลงไปในบริบท (Placing New Words into a Context)

2. วิธีการใช้ภาพและเสียง (Applying Images and Sounds) ซึ่งประกอบด้วยวิธีย่อย 4 วิธีคือการสร้างภาพ (Using Imagery) การสร้างแผนที่ความหมาย (Semantic Mapping) การใช้คำสำคัญ (Using Keywords) และการใช้เสียงเพื่อการจดจำ (Representing Sounds in Memory)

3. วิธีการทบทวนบ่อย ๆ (Reviewing Well) โดยเน้นการทบทวนโครงสร้างสิ่งที่ต้องการจำ

4. วิธีการแสดงกริยาอาการ (Employing Action) ซึ่งประกอบด้วยวิธีย่อย 2 วิธีคือการใช้การตอบสนองทางร่างกาย หรือทางอารมณ์ (Using Physical Response or Sensation) และการใช้เทคนิคทางช่าง (Using Mechanical Techniques)

จากตัวอย่างของเทคนิคช่วยจำตามแนวคิดของ Ehrman และ Oxford กับ Joyce และ Weil ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีหลายเทคนิคที่คล้ายกัน เช่น เทคนิคการเชื่อมโยง การรวมพวก และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้เสียง เป็นต้น นอกจากนั้น จะเห็นได้ว่า จากตัวอย่างขั้นตอนการสอนตามแนวคิดของ Joyce และ Weil จะเป็นแนวทางที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเกือบทุกวิชา และโดยเฉพาะการจัดการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษ ซึ่งมีคำศัพท์ที่ผู้เรียนต้องจดจำมากมายมหาศาล ดังนั้น การใช้เทคนิคดังกล่าวข้างต้นจะสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการจำของผู้เรียน ได้เป็นอย่างดี

เมื่อผนวกเข้ากันกับองค์ประกอบของการออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ Gagne สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจต่อสิ่งเร้า ผู้เรียนจะเกิดความสนใจและเรียนรู้จากสื่อสอนมากขึ้นตามลำดับ

**2.8 แมลงอนุรักษ์**

แมลงมีความสามารถในการปรับตัวได้ดี สามารถดำรงเผ่าพันธุ์ ทำให้สิ่งมีชีวิตในกลุ่มของแมลงมีความหลากหลาย จำนวนชนิดมากกว่าในสิ่งมีชีวิตรูปแบบอื่น ๆ และมีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับ 1 ของโลก แต่ความหลากหลายนั้นก็ทำให้แมลงบางชนิดสูญพันธุ์ หรือใกล้สูญพันธุ์ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะหลายสาเหตุด้วยกัน จากความจำเพาะเจาะจงของพืชอาหารของแมลงชนิดนั้นลดน้อยหรือไม่มีในสภาพธรรมชาติ เนื่องจากความเสื่อมโทรมของป่าไม้ เช่น ผีเสื้อถุงทองที่มีพืชอาหารในระยะหนอนจากการกินกระเช้าสีดา อีกทั้งยังมีการลักลอบจับเป็นการค้า โดยเฉพาะแมลงที่มีความสวยงาม ได้แก่ กลุ่มผีเสื้อ และ กลุ่มด้วง

**2.7.1 ชนิดแมลงอนุรักษ์ในประเทศไทย**

1. แมลงที่มีการจับเพื่อการค้าสูง ซึ่งมีลักษณะสวยงาม ได้แก่ แมลงกลุ่มผีเสื้อ และแมลงกลุ่มด้วง ซึ่งผีเสื้อมีสีสันสวยงาม ส่วนด้วงมีเขาสวยงาม

2. แมลงที่หายาก ซึ่งดูจากพิพิธภัณฑ์แมลง ของกรมวิชาการเกษตร ที่เคยพบเมื่อ 30-40 ปีที่แล้ว ต่อมาปัจจุบันไม่พบอีกเลย หรือพบน้อยมาก อันเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์

3. แมลงในบัญชีรายชื่อในอนุสัญญา CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) หรืออนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยการค้าซึ่งพืชป่า และสัตว์ป่าที่กำลังใกล้สูญพันธุ์ ในบัญชีหมายเลข 2 ของอนุสัญญานี้ที่มีรายชื่อแมลงที่พบในประเทศไทยด้วย จำนวน 3 รายการ คือ ผีเสื้อถุงทอง ผีเสื้อไกเซอร์ และผีเสื้อภูฐาน ดังนั้นในการกำหนดชนิดแมลงอนุรักษ์จึงได้กำหนดแมลงทั้ง 3 รายการนี้เข้าไปด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2.8.2 รายชื่อแมลงอนุรักษ์ในประเทศไทย**

**แมลงกลุ่มผีเสื้อ**

- ผีเสื้อถุงทอง แมลงอนุรักษ์ ในบัญชีหมายเลข 2 ของอนุสัญญา CITES
- ผีเสื้อหางยาวตาเดียวปีกลายหยัก Actias maenas Doubleday
- ผีเสื้อหางยาวสี่ตาปีกลายหยัก Actias sinensis heterogyna Mell
- ผีเสื้อหางยาวตาเดียวปีกลายตรง Actias rhodopneuma Rober
- ผีเสื้อกลางคืนหางยาว Actias spp. ในประเทศไทยพบผีเสื้อกลางคืน (Moth) ชนิดนี้ 4 ชนิด ผีเสื้อหางยาวตาเดียวปีกลายตรง Actias maenas Doubleday,ผีเสื้อหางยาวตาเดียวปีกลายหยัก A. Rhodopneuma Rober,ผีเสื้อหางยาวสี่ตาปีกลายตรง A. selene Hubner และผีเสื้อหางยาวสี่ตาปีกลายหยัก A. Senensis heterogyna Mell
- ผีเสื้อหางยาวสี่ตาปีกลายตรง Actias selene Hubner
- ผีเสื้อภูฐานหรือผีเสื้อเชียงดาว Bhutanitis spp. กำหนดไว้ในบัญชีหมายเลข 2 ของอนุสัญญา CITES ในประเทศไทยพบเฉพาะBhutanitis lidderdalei Atkinson
- ผีเสื้อรักแร้ขาว Papilio protener euprotener Fruhstorfer
- ผีเสื้อกลางคืนค้างคาว Lyssa zampa Butler
- ผีเสื้อหางติ่งสะพายเขียว Papilio palinurus Fabricius
- ผีเสื้อไกเซอร์ Teinoppalpus spp. เป็นแมลงอนุรักษ์ ที่กำหนดไว้ในบัญชี หมายเลข 2 ของอนุสัญญา CITES ในประเทศไทยมีชนิดเดียว คือ ผีเสื้อไกเซอร์ Teinoppalpus imperialisimperatrix de' Niceville
- ผีเสื้อนางพญา Stichophthalma spp. เป็นผีเสื้อกลางวัน (Butterfly) ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งในประเทศไทยพบ 3 ชนิด คือ
- ผีเสื้อนางพญาพม่า Stichophthalma louisa Wood-Mason พบได้ที่ภาคเหนือของประเทศไทย ผีเสื้อนางพญาเขมร S. cambodia Hewitson พบได้ที่ภาคตะวันออกของประเทศ และผีเสื้อนางพญากอดเฟรย์ S. Godfreyi Rothschild พบได้ที่ภาคใต้ของประเทศไทย
- ผีเสื้อถุงทอง Trodes spp. เป็นแมลงอนุรักษ์ ที่กำหนดไว้ในบัญชีหมายเลข 2 ของอนุสัญญา CITES ในประเทศไทยที่พบแล้วมีอยู่หลายชนิด ได้แก่ ผีเสื้อถุงทองป่าสูง Trodes helena Linnaeus, ผีเสื้อถุงทองปักษ์ใต้ T. amphrysus Cramer
- ผีเสื้อถุงทองธรรมดา T. aeacus Felder
- ผีเสื้อหางดาบตาลไหม้ Meandrusa sciron Leech

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**แมลงกลุ่มด้วง**

- ด้วงกว่างดาว Cheirotonus parryi Gray, วงศ์ Scarabaeidae เป็นด้วงขนาดใหญ่ ตัวผู้มีขาหน้ายาวสวยงาม ตัวเมียขาหน้าสั้น ด้วงชนิดนี้พบทางภาคเหนือและภาคตะวันออก
- ด้วงคีมยีราฟ Chadagnathus giraffa Fabricus, วงศ์ Lucanidae พบที่ภาคเหนือและภาคตะวันออก ด้วงคีมหรือด้วงเขี้ยวกางในประเทศไทยมีหลายชนิดและมีรูปร่างแปลกสวยงามจึงมี การล่าจับกันมาก
- ด้วงดินขอบทองแดง Mouhotia batesi Lewis , วงศ์ Carabidae ด้วงดินที่มีขนาดใหญ่ ตัวสีดำ แต่ขอบบริเวณส่วนอกมีเหลือบเป็นสีทองแดง พบที่ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
- ด้วงดินปีกแผ่น Mormolyce phyllodes Hegenb, วงศ์ Carabidae ด้วงดินที่มีปีกหน้าแบนบางเป็นแผ่นทำให้ดูสวยและแปลก เป็นแมลงที่หายาก พบเฉพาะภาคใต้

## 2.9 มาตรฐานอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ ISO 29110 VSE

### 2.9.1 ความหมาย ISO 29110

มาตรฐานวิศวกรรมซอฟต์แวร์สำหรับองค์กรขนาดกลางและเล็กที่เรียกว่า ISO29110 Software Engineering-Lifecycle Profiles for Very Small Enterprises (VSE) ISO29110 เป็นแนวคิดยุคใหม่ของ ISO ที่จะเน้นการเติบโตของอุตสาหกรรมขนาดกลางและเล็ก รวมทั้งผู้ประกอบใหม่ที่เข้ามาให้มีโอกาสในการแข่งขันตามแนวทางการพัฒนา ฯ Outsourcing ซึ่งในอดีตที่ผ่านมา มาตรฐานวิศวกรรมซอฟต์แวร์ได้ถูกทำให้เป็นเรื่องที่เข้าใจยากและมีความสลับซับซ้อนยุ่งยากในการปฏิบัติตาม ประกอบกับมาตรฐานซอฟต์แวร์ระดับสากลที่มีอยู่ในปัจจุบันจะเหมาะสมกับการปฏิบัติงานขององค์กรขนาดใหญ่ ISO29110 จึ่งถูกพัฒนาด้วยแนวคิดพื้นฐานเพื่อสนับสนุนองค์กรขนาดเล็กให้มีโอกาสในการปรับปรุงกระบวนการและรับรองคุณภาพในระดับสากล

### 2.9.2 กระบวนการของ ISO 29110

กระบวนการของ ISO29110 จะเน้นให้ผู้ประกอบการซึ่งอาจจะเป็นผู้ประกอบการอิสระ ผู้ประกอบการขนาดเล็กที่มีบุคคลกรไม่เกิน 25 คน หรือหน่วยงานทางด้านซอฟต์แวร์ที่อยู่ในองค์กรขนาดใหญ่ให้มีกระบวนการในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เป็นระบบและเข้าสู่กระบวนการสากล โดยจะเป็นการเริ่มต้นในเชิงกิจกรรมของการปรับปรุง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการ หรือ SPI (Software Process Improvement) ทาง ISO29110 ได้ให้ความสำคัญในกระบวนการที่จะต้องทำการปรับปรุงให้เป็นระบบและเป็นสากล 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการด้านการบริหารโครงการ (Project Management) และกระบวนการด้านการสร้างซอฟต์แวร์ (Software Implementation) ซึ่งจะประกอบด้วยกระบวนการย่อย ๆ ภายในอีก ทั้งสองกระบวนได้ถูกออกแบบให้เหมาะสมกับผู้ประกอบการขนาดเล็กจึงมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ได้ทันที โดยได้กำหนดขนาดของกระบวนการให้เหมาะสมกับองค์กรขนาดเล็ก จึงไม่สร้างปัญหาในการปรับใช้งานให้เข้ากับองค์กร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved