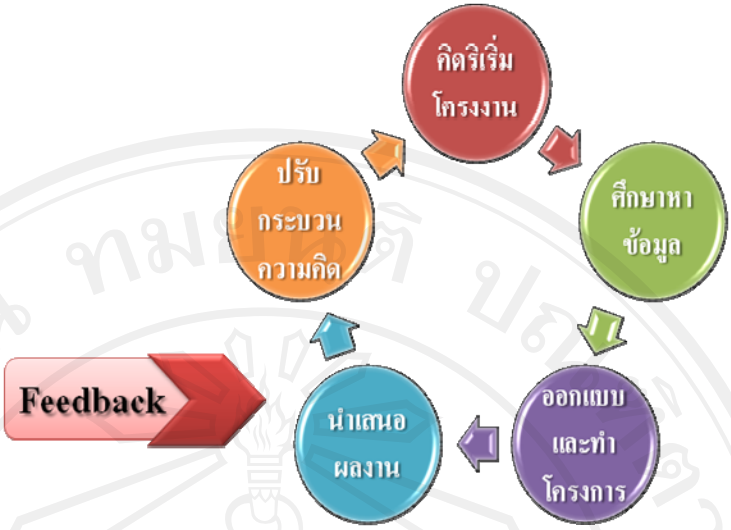
บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้แก่ Constructionism เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ดีผ่านการทำโครงงานด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม Tangible User Interfaces ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จับต้องได้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถถ่ายทอดความคิดออกมาได้อย่างเป็นรูปธรรม และการเขียนโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับเด็ก Tangible Programming เป็นการเขียนโปรแกรมที่เป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้

2.1 Constructionism

ทฤษฎี Constructionism ซึ่งเป็นทฤษฎีทางการศึกษา ที่คิดค้นโดย Professor Seymour Papert แห่ง MIT (Media Lab, Massachusetts Institute of Technology) เป็นทฤษฎีที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง(Child's Center หรือ Learner's Center) โดยมีพื้นฐานมาจากทฤษฎี Constructivism ซึ่งเป็นทฤษฎีหนึ่งที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเช่นกัน แต่สิ่งที่ทำให้ทฤษฎี Constructionism แตกต่างจากทฤษฎีอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจนเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับและมีชื่อเสียงอีกทฤษฎีหนึ่ง คือ Constructionism เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความเข้าใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนได้ถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นรูปธรรมผ่านการทำโครงงานด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม และมีการปรับกระบวนการคิดของตนเอง เป็นวัฏจักรการเรียนรู้ที่ไม่มีที่สิ้นสุด ดังรูปที่ 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



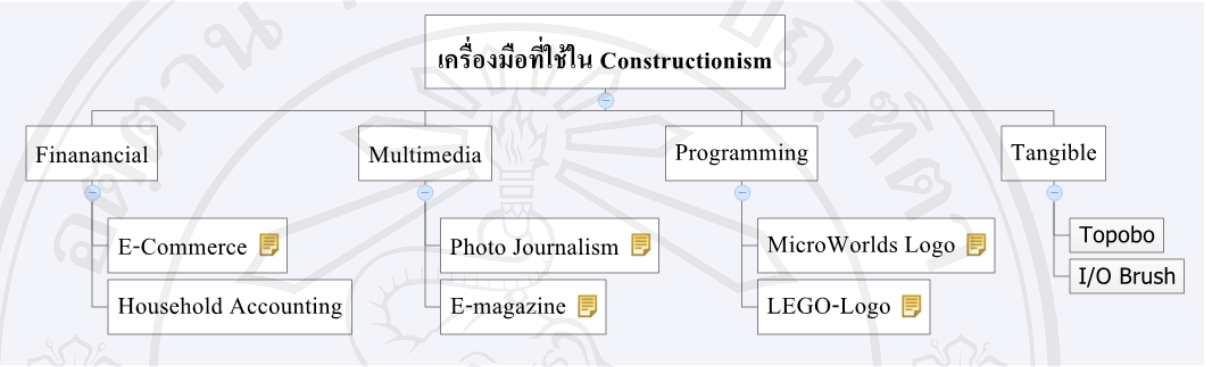
รูปที่ 2.1 วัฏจักรการเรียนรู้ตามแนว Constructionism

ซึ่งเชื่อว่ากระบวนการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนคิดริเริ่มต้องการทำโครงงาน หลังจากนั้นผู้เรียนซึ่งให้ความสนใจในการทำโครงงานแล้ว จะเริ่มศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับโครงงานที่ต้องการทำ รวมถึงวิธีการในการทำโครงงานนั้นๆ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบและทำโครงงานเป็นการถ่ายทอดความคิดออกมาอย่างเป็นรูปธรรม ผ่านการใช้เครื่องมือที่เหมาะสม ความเหมาะสมของเครื่องมือจะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการถ่ายทอดความคิดและความเข้าใจในโครงงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ความรู้ความเข้าใจที่ผู้เรียนสร้างขึ้นตามความเชื่อของทฤษฎีนี้ จะเกิดขึ้นในกระบวนการนี้ หลังจากนั้นจะมีการนำเสนอโครงงานรวมถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำโครงงานเพื่อแบ่งปันความคิด ความรู้ ความเข้าใจที่ผู้เรียนสร้างขึ้นให้กับผู้อื่น และในกระบวนการนี้ผู้เรียนจะได้รับความคิดเห็นเกี่ยวกับโครงงานที่ตนสร้างจากผู้อื่น ทำให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดที่อาจต่างไปจากเดิม ส่งผลให้เกิดการปรับกระบวนความคิดซึ่งจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่ผู้เรียนสร้างมากยิ่งขึ้น และเกิดความคิดในการปรับปรุงโครงงานหรือต้องการสร้างโครงงานใหม่ เกิดเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ที่ไม่มีวันจบสิ้น

ในการจัดการศึกษาตามแนวทฤษฎี Constructionism นี้ จะเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ กำหนดว่าจะศึกษาอะไร ซึ่งจะกำหนดได้จากการกำหนดว่าจะทำโครงการอะไร ในการทำโครงการนั้นผู้เรียนจะเป็นผู้ที่ศึกษา ออกแบบ และทดลองเอง โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้สร้างบรรยากาศในการเรียนให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ มีบรรยากาศการเรียนรู้ที่อบอุ่น และเป็นมิตร และครูจะไม่ทำหน้าที่สอน แต่จะทำหน้าที่เป็นผู้ร่วมเรียนรู้ร่วมกับผู้เรียน คอยสนับสนุน อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียน และบางครั้งอาจเสนอแนะให้ผู้เรียนเกิดความคิดใหม่ๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Constructionism จะให้ความสำคัญกับเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมเป็นอย่างมาก เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมจะเป็นสื่อที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่ต้องการเรียน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Constructionism นี้มีหลายรูปแบบ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเรียนรู้ตามแนว Constructionism

เครื่องมือที่มักถูกนำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนว Constructionism แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. Financial เป็นการเรียนรู้ตามแนว Constructionism โดยการเงินจะมีบทบาทในการเรียนรู้ซึ่งอาจเป็นหัวข้อของโครงงานที่ต้องการสร้างขึ้น เช่น การทำพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic commerce) หรือการทำบัญชีครัวเรือน (Household Accounting) เป็นต้น

2. Multimedia คือการนำสื่อผสม (Multimedia) มาเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะทำการออกแบบและสร้างสื่อผสมเป็นโครงงานของตนเอง เช่น การแสดงความคิดเห็นหรือเรื่องราวต่างๆด้วยภาพ (Photo Journalism หรือ Camera Journalism) หรือการทำวารสารหรือหนังสือพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Magazine/Newspaper) เป็นต้น

3. Programming ผู้เรียนจะออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงความคิดของตน หรือเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น MicroWorld LOGO ที่ผู้เรียนสร้างโปรแกรมเพื่อใช้เต่าแสดงความคิดของตน หรือ LEGO-Logo ซึ่งผู้เรียนจะทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ด้วยตนเอง และทำการสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมหุ่นยนต์ที่ตนสร้างขึ้น ด้วยภาษา Logo

4. Tangible ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถจับต้องได้ ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงสิ่งที่เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมได้ง่ายขึ้น Tangible เป็นอุปกรณ์อีกประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนว Constructionism โดย Tangible ที่นิยมนำมาใช้ มีหลายรูปแบบ เช่น TellTale เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่าเรื่อง และอุปกรณ์ที่ได้ความนิยมมากไม่น้อยกว่าอุปกรณ์อื่น คือ หุ่นยนต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

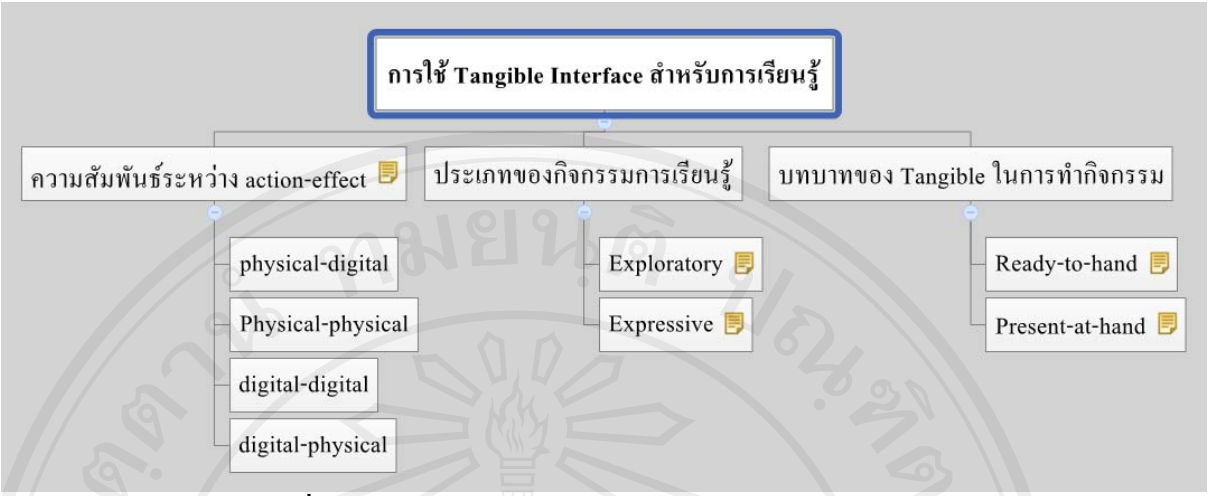
หุ่นยนต์ถูกนำมาใช้ในการเรียนรู้ตามแนว Constructionism อย่างมากมาย เช่น Programmable Brick[10] และ GoGoBoard[19] ซึ่งมีพื้นฐานมาจาก LEGO/Logo ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือที่ประกอบด้วย มอเตอร์, เกียร์, Sensor, อุปกรณ์ต่อพ่วงกับคอมพิวเตอร์(Computer Interface) และภาษาที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมควบคุม ในการเรียนรู้ตามแนว Constructionism ผู้เรียนจะทำโครงงานโดยการสร้างหุ่นยนต์ที่มีพื้นฐานมาจากแนวคิดทางวิศวกรรมซึ่งอาจเป็นรถยนต์ ชิงช้าสวรรค์ เป็นต้น และนำสิ่งที่หุ่นต่อเข้ากับ Interface Box ซึ่งต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น ในการสร้างโครงงานเช่นนี้ ผู้เรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางด้านวิศวกรรม ขั้นตอนวิธี(Algorithm) ในการออกแบบพฤติกรรมของหุ่นยนต์ที่สร้าง แนวคิดเกี่ยวกับอุปกรณ์รับรู้ และอีกหลายๆเรื่อง ซึ่งในครั้งนี้ผู้เรียนจะได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบที่ประกอบด้วยประสบการณ์ทางด้านเครื่องกล อิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.2 Tangible User Interfaces

ในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาระบบเขียนโปรแกรมแบบจับต้องและโต้ตอบได้สำหรับเด็ก ซึ่งเป็นการสร้างเครื่องมือที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของแนวคิด Tangible User Interfaces ซึ่ง Ishii และคณะ [5] ได้อธิบายไว้ว่า Tangible User Interfaces(TUI) เป็นอุปกรณ์ทางกายภาพ(Physical) ที่สามารถจับต้องได้สามารถใช้สร้างหรือประดิษฐ์โครงงาน เพื่อถ่ายทอดความคิดออกมาให้เป็นรูปธรรม ให้ผู้ใช้สามารถจัดการ ควบคุม หรือโปรแกรมได้ ซึ่งหลักการนี้เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการออกแบบระบบเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ การทำงานร่วมกัน และกิจกรรมที่สร้างความสนุกสนาน [9] และในปัจจุบันนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยี และการคิดค้น TUI เนื่องจาก TUI เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ส่งผลให้ผู้ใช้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นธรรมชาติ [22]

จากการศึกษา [9], [20] และ [22] จึงพอสรุปเกี่ยวกับการนำ Tangible มาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้ดังรูปที่ 2.3 คือ Tangible Interfaces ที่ใช้ในการเรียนรู้มีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.3 การใช้ Tangible Interface สำหรับการเรียนรู้

2.2.1 ทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำ(Action) และผล(Effect)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของ TUI และลักษณะของผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ TUI ในกิจกรรมต่างๆ แบ่งเป็นความสัมพันธ์ใน 4 ลักษณะ ดังนี้

2.2.1.1 อุปกรณ์ทางกายภาพและแสดงผลทางดิจิทัล (Physical-Digital)

เป็นการนำอุปกรณ์ทางกายภาพที่สามารถจับต้องได้มาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ผลของการใช้อุปกรณ์จะถูกแสดงออกมาในรูปแบบดิจิทัล เช่น I/O Brush[18] ซึ่งเป็นการนำพู่กันมาวาดรูปบนหน้าจอ Touch Screen โดยพู่กันนั้นเป็นอุปกรณ์ที่จับต้องได้ และสามารถเลือกสีได้ตามที่ต้องการด้วยการนำพู่กันซึ่งมีกล้องติดอยู่ที่ปลายพู่กันจ่อไว้ที่สีหรือภาพที่ต้องการ แล้วนำมาวาดภาพระบายสีที่จอ Touch Screen โดยภาพที่ได้จะเป็นภาพดิจิทัลฉายอยู่บนหน้าจอ Touch Screen นั่นเอง (ดังรูปที่ 2.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.4 เด็กใช้ I/O Brush เลือกสีที่ต้องการในการวาดรูป [18]

2.2.1.2 อุปกรณ์ทางกายภาพแสดงผลทางกายภาพ (Physical-Physical)

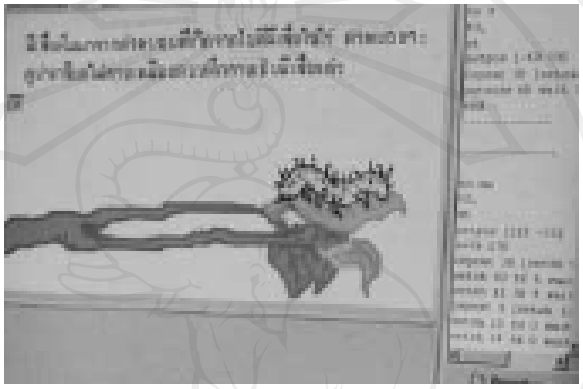
นำอุปกรณ์ทางกายภาพมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผลจากการใช้อุปกรณ์นั้น ถูกแสดงออกมาทางกายภาพอย่างเป็นรูปธรรม ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดจากความสัมพันธ์รูปแบบนี้คือ Topobo[14] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้ลักษณะการเดินของสัตว์ ให้ผู้ใช้ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการนำชิ้นส่วนต่างๆของ Topobo มาต่อเข้าด้วยกันและโปรแกรมโดยการขยับส่วนต่างๆ ตามหลัก Kinetic Memory ด้วยการบิดหมุนข้อต่อ ผลลัพธ์จากการโปรแกรมแสดงออกมาเป็นการเคลื่อนไหวที่เหมือนกับที่ได้โปรแกรมไว้ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 สัตว์ที่ต่อขึ้นมาจาก Topobo [14]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.1.3 อุปกรณ์ทางดิจิทัลและแสดงผลทางดิจิทัล (Digital-Digital)

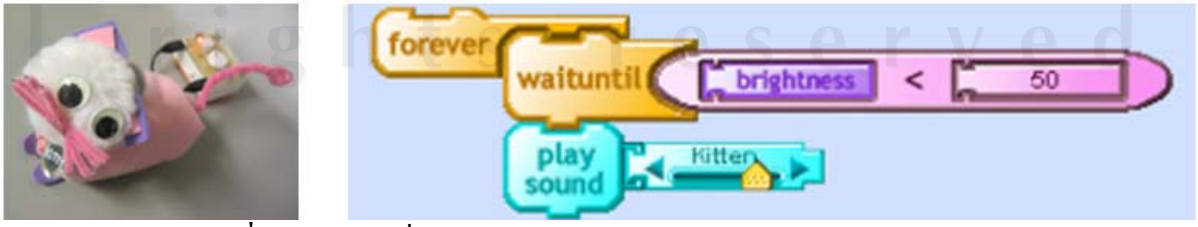
เป็นการนำอุปกรณ์ดิจิทัลมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ และแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบดิจิทัล ความสัมพันธ์ลักษณะนี้มักเกิดขึ้นกับกิจกรรมที่มีคอมพิวเตอร์เป็นสื่อ โดยเฉพาะการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์ลักษณะนี้ คือ MicroWorlds LOGO[23] ซึ่งให้ผู้ทำกิจกรรมเขียนคำสั่งภาษา LOGO เพื่อสั่งงานเต่า เพื่อใช้ถ่ายทอดความคิด ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 เต่ากลายร่างเป็นตัวหนอน ที่แสดงอยู่บนหน้าจอของ MicroWorlds LOGO [23]

2.2.1.4 อุปกรณ์ทางดิจิทัลและแสดงผลทางกายภาพ (Digital-Physical)

นำอุปกรณ์ดิจิทัลมาใช้ในกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ โดยผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาในรูปแบบทางกายภาพ เป็นความสัมพันธ์ที่มักพบในกิจกรรมที่มีการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้หุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ต่างๆทำตามสิ่งที่ได้โปรแกรมไว้แล้ว ดังที่ใช้ Cricket[17] สร้างเป็นแมว แล้วเขียนโปรแกรมผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีเป็น GUI ควบคุม เมื่อมี Sensor แสง ตรวจจับว่ามีแสงน้อย ให้แมว Cricket ร้องเหมียว ดังรูปที่ 2.7 การเขียนโปรแกรมควบคุม Cricket ที่สร้างเป็นแมว โดยผ่านคอมพิวเตอร์เช่นนี้ เป็นความสัมพันธ์ของ Tangible และผลลัพธ์ที่แสดงออกมาแบบอุปกรณ์ทางดิจิทัลมีการให้ผลลัพธ์ทางกายภาพ อย่างเห็นได้ชัด



รูปที่ 2.7 Cricket ที่สร้างเป็นรูปแมว และโปรแกรมควบคุม [17]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 ประเภทของกิจกรรมการเรียนรู้

Tangible มักถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีรูปแบบการเรียนรู้ต่างกันไปตามแต่ละกิจกรรม โดยมากแล้วได้แบ่งกิจกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

2.2.2.1 Exploratory

เป็นการออกแบบและสร้าง Tangible เพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ โดยมี Tangible เป็นสื่อ ดังเช่นงานวิจัยชิ้นหนึ่งที่คิดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ชื่อว่า Chromarium[16] ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เด็กๆจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการผสมสีผ่านทาง Tangible หลายๆรูปแบบ ซึ่ง Tangible แต่ละแบบจะให้ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาต่างกัน ทั้งแบบที่อุปกรณ์ทางกายภาพสามารถจับต้องได้-แสดงผลทางดิจิทัล, อุปกรณ์ทางกายภาพสามารถจับต้องได้-แสดงผลทางกายภาพ, อุปกรณ์ทางดิจิทัล-แสดงผลทางดิจิทัล และอุปกรณ์ทางดิจิทัล-แสดงผลทางดิจิทัล โดยอุปกรณ์และผลลัพธ์ที่แสดงออกมาแต่ละแบบ ล้วนแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้เรียนรู้เกี่ยวกับการผสมสีผ่านการลงมือปฏิบัติ แทนการท่องจำทั้งสิ้น ดังรูปที่ 2.8 ที่เด็กๆได้ใช้ Chromarium ที่เป็นอุปกรณ์ทางกายภาพเพื่อเลือกสีต่างๆที่ต้องการนำมาผสมกัน และให้ผลลัพธ์ที่เป็นดิจิทัลทั้งสีที่เด็กๆเลือก และสีที่ได้หลังการผสมแล้ว

รูปที่ 2.8 เรียนรู้เรื่องการผสมสีผ่านทาง Chromarium [16]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2.2 Expressive

เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำกิจกรรมหรือสร้างโครงงานของผู้เรียนเอง โดยผู้เรียนมีโอกาสได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และส่งผลให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ ดังที่เด็กๆได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการวาดภาพ เพื่อแสดงความคิดของตนเองออกมาอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นการเรียนรู้ด้านการเล่าเรื่อง ผ่านทาง I/O Brush[18] ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 เด็กๆได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการวาดภาพผ่านทาง I/O Brush [18]

2.2.3 บทบาทของ Tangible ในกิจกรรมที่ทำการเรียนรู้

เมื่อ Tangible ถูกนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ Tangible จะมีบทบาทต่อกิจกรรมต่างกันไป และช่วงเวลาที่ผู้ใช้ได้ให้ความสนใจกับ Tangible นั้น ซึ่งโดยหลักแล้วแบ่งออกเป็น 2 บทบาท คือ

2.2.3.1 Ready-to-Hand

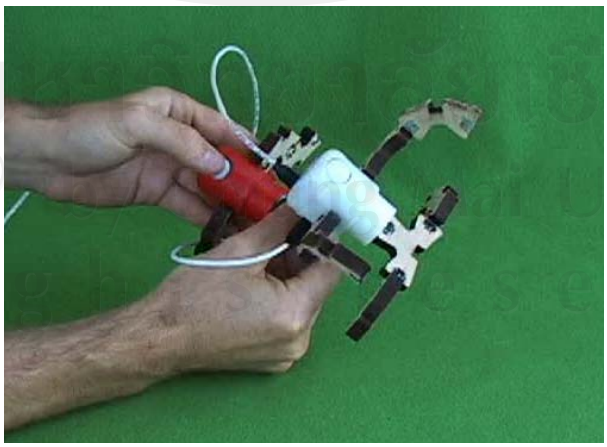
คือการนำ Tangible มาเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะมองว่า angible เป็นเหมือนสะพานเพื่อให้เข้าใจสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ Tangible ที่นำมาใช้นั้นเป็นเพียงสื่อกลางเพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้เพียงเท่านั้น โดยให้ความสำคัญกับผลที่เกิดจากการใช้ Tangible บทบาทลักษณะนี้ TUI มักถูกใช้ในกิจกรรมที่ต้องการให้ผู้ใช้ได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ ดังเช่นที่ I/O Brush[18] ถูกนำมาให้เด็กๆใช้ถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาเป็นภาพวาด ในขณะเดียวกันนั้นเด็กๆจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการแสดงความคิดออกมาอย่างเป็นรูปธรรมและการเล่าเรื่อง โดยที่เด็กๆไม่ได้สนใจว่าพู่กันที่ใช้จะมีลักษณะอย่างไร พู่กันนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งใดได้หรือไม่ ดังรูปที่ 2.10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.10 รูปหอยทากที่วาดโดยใช้ I/O Brush [18]

2.2.3.2 Present-at-Hand

เป็นการนำ Tangible มาใช้ในกิจกรรมเพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้เหมือน Ready-to-Hand แต่ได้มองว่า Tangible เป็นส่วนสร้างสรรค์ให้เกิดการเรียนรู้ ให้ความสำคัญกับ Tangible ว่าเมื่อ Tangible เปลี่ยนไป ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจากการใช้ Tangible เปลี่ยนไปอย่างไร ดังเช่นการที่เด็กๆต่อ Topobo เป็นรูปสัตว์ชนิดต่างๆ โดยเลือกว่า จะนำ Topobo รูปแบบใด มาต่อเป็นชิ้นส่วนใดของสัตว์นั้นๆ และทำการโปรแกรมควบคุมการเดินของสัตว์ที่สร้างขึ้นโดยการบิด Topobo ไปในทิศทางๆ ตามหลัก Kinetic Memory ทำให้ลักษณะการเดินแตกต่างกันไปตามทิศทางและความเร็วในการบิดที่ได้โปรแกรมไว้ ดังรูปที่ 2.11

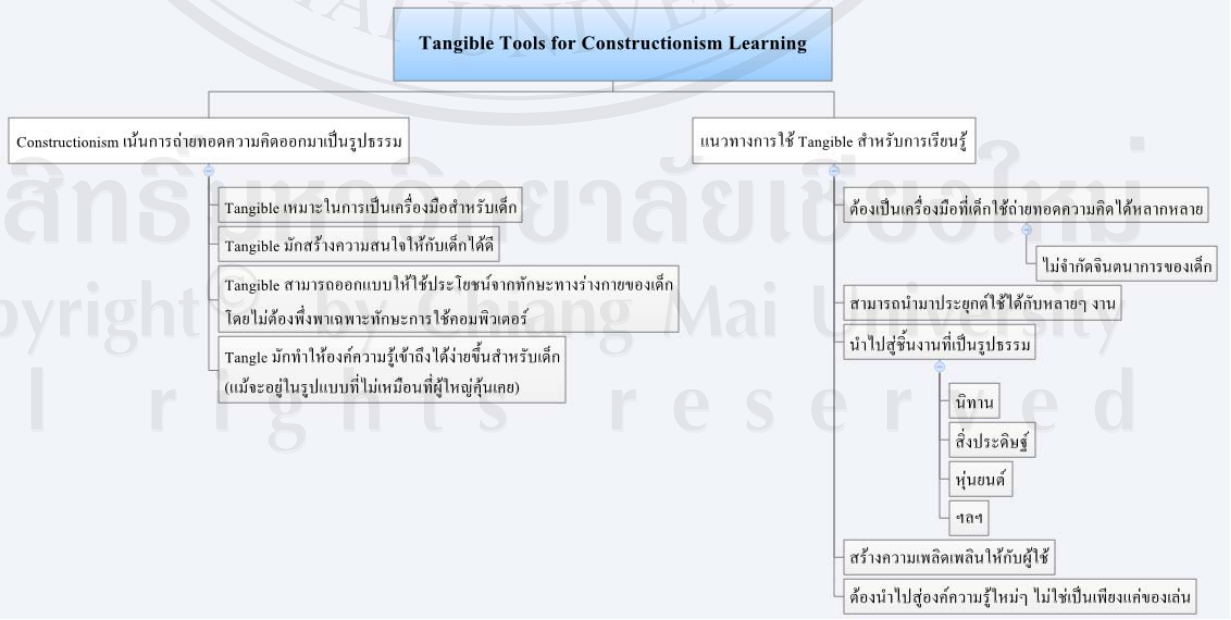


รูปที่ 2.11 Topobo ที่ต่อเป็นรูปสัตว์ และทำการโปรแกรมโดยการบิดหมุน [14]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จึงพอสรุปได้ว่า Tangible มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่แสดงออกมาสามารถแบ่งได้เป็นสี่ลักษณะ คือ อุปกรณ์ทางกายภาพ-ให้ผลทางดิจิทัล, อุปกรณ์ทางกายภาพ-ให้ผลทางกายภาพ, อุปกรณ์ทางดิจิทัล-ให้ผลทางดิจิทัล และอุปกรณ์ทางดิจิทัล-ให้ผลทางกายภาพ โดย Tangible แต่ละแบบมักถูกนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้สองแบบหลักๆ คือ Exploratory ซึ่งเป็นการนำ Tangible มาใช้ในกิจกรรมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งต่างๆ และ Expressive ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำโครงงาน โดย Tangible ชนิดหนึ่งจะสามารถนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทั้งสองแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของกิจกรรมนั้นๆ Tangible จะมีบทบาทในกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถแบ่งออกได้เป็นสองรูปแบบหลักๆ คือ Ready-to-Hand เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนไม่ได้ให้ความสำคัญกับตัว Tangible แต่ให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ที่ Tangible นั้นได้แสดงออกมา ซึ่งมองว่า Tangible เป็นเพียงสะพานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เท่านั้น แต่ในทางตรงกันข้าม Present-at-Hand เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนให้ความสำคัญกับ Tangible การกระทำเพื่อเปลี่ยนแปลง Tangible จะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่แสดงออกมา ดังนั้นผู้เรียนจึงให้ความสำคัญกับทั้งการเปลี่ยนแปลงของ Tangible และผลลัพธ์ที่แสดงออกมา

Tangible มักได้รับความนิยมนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Constructionism ซึ่งเป็นแนวคิดที่เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความเข้าใจในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อผู้เรียนได้แสดงความคิดออกมาอย่างเป็นรูปธรรมโดยผ่านการทำโครงงาน ซึ่ง Tangible ที่ดี จะต้องส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้กับผู้เรียน และควรมีลักษณะดังรูปที่ 2.12 คือ



รูปที่ 2.12 Tangible Tools for Constructionism Learning

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. Constructionism เน้นการถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นรูปธรรม โดยสาเหตุที่ Tangible มักถูกนำมาเป็นเครื่องมือที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนว Constructionism ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เน้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดออกมาอย่างเป็นรูปธรรม โดยผ่านการทำโครงงาน เนื่องจาก

1.1 Tangible เป็นเครื่องมือที่เหมาะสำหรับเด็ก เนื่องจาก Tangible มีลักษณะเป็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้ จึงสามารถเข้าถึงได้ง่าย และเหมาะสำหรับเด็ก

1.2 Tangible มักสร้างความสนใจให้กับเด็กได้เป็นอย่างดี

1.3 Tangible สามารถออกแบบให้ใช้ประโยชน์จากร่างกายของเด็ก โดยไม่ต้องพึ่งพาเฉพาะทักษะการใช้คอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก Tangible เป็นเครื่องมือที่สามารถจับต้องได้ จึงใช้ประโยชน์จากร่างกายของเด็กได้เป็นอย่างดี และอาจพัฒนาทักษะทางร่างกายของเด็กที่ใช้งานได้

1.4 Tangible มักทำให้องค์ความรู้เข้าถึงได้ง่ายสำหรับเด็ก (แม้จะอยู่ในรูปแบบที่ผู้ใหญ่ไม่คุ้นเคย) เนื่องจากมีความเป็นรูปธรรม เด็กที่ใช้ Tangible จึงมักจะเข้าถึงองค์ความรู้ได้ง่ายกว่าการใช้เครื่องมือที่เป็นนามธรรม หรือไม่สามารถจับต้องได้

2. แนวทางการใช้ Tangible สำหรับการเรียนรู้ เป็นลักษณะของ Tangible ที่เหมาะสมจะนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลัก Constructionism ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น Tangible ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1 เป็นเครื่องมือที่เด็กใช้ถ่ายทอดความคิดของเด็กได้หลากหลาย โดยไม่จำกัดจินตนาการของเด็ก

2.2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับหลายๆงาน ไม่จำกัดเฉพาะงานลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

2.3 นำไปสู่ชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม เช่น นิทาน สิ่งประดิษฐ์ หุ่นยนต์ เป็นต้น

2.4 สร้างความเพลิดเพลินให้กับผู้ใช้

2.5 ต้องนำไปสู่องค์ความรู้ใหม่ๆ มิได้เป็นเพียงแค่ของเล่น

Tangible ที่ดี ควรเป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดความคิดของตนเองออกมาอย่างเป็นรูปธรรมได้โดยไม่ก่อให้เกิดข้อจำกัดในการเรียนรู้ และ Tangible แต่ละชนิดสามารถที่จะนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ได้หลากหลายรูปแบบ ซึ่ง Tangible จะส่งผลโดยตรงต่อความสนใจและความเข้าใจของผู้เรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้นั้นๆ เนื่องจาก Tangible เป็นสื่อกลางที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการบวนการเรียนรู้และความเข้าใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนา Tangible แบบอุปกรณ์ทางกายภาพแสดงผลทางกายภาพ (Physical-Physical) เพื่อการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมแบบ Exploratory โดยที่อุปกรณ์มีความสำคัญในรูปแบบ Ready-to-Hand นั่นคือ การพัฒนาโรโบ-บล็อก ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมโดยการนำบล็อกคำสั่งมาต่อกันเป็นโปรแกรม เพื่อควบคุมรถหุ่นยนต์ให้ทำงานตามที่ได้ออกแบบไว้

2.3 Tangible Programming

Tangible Programming เป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อเด็กเล็กอายุ 5-10 ปี โดยอาศัยหลักการหยิบจับ การต่อชิ้นส่วนต่างๆ และการเคลื่อนที่ ซึ่งเด็กๆมีความคุ้นเคยอยู่แล้ว ดังนั้น Tangible Programming จึงเป็นระบบที่เชื่อมโยงกิจกรรมที่เป็นนามธรรมเข้ากับความเข้าใจ และความสามารถที่เด็กๆมีอยู่แล้ว

ตัวอย่างงานที่เป็นระบบ Tangible Programming ได้แก่

2.3.1 TOPOBO

TOPOBO เป็นระบบเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการเรียนรู้เรื่องการเดินของสัตว์ และ Sequence โดยระบบออกแบบมาเป็นชิ้นส่วนเล็กๆ ที่สามารถนำมาต่อกันเป็นรูปสัตว์ต่างๆ จากนั้นสามารถโปรแกรมการเดินของสัตว์นั้นๆได้ด้วยการบิดหมุน มอเตอร์ซึ่งมักถูกนำมาต่อเป็นส่วนข้อต่อต่างๆของสัตว์ ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ชิ้นส่วนของ TOPOBO (ซ้าย) การโปรแกรมการเดินของสัตว์ (ขวา) [14]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 TERN

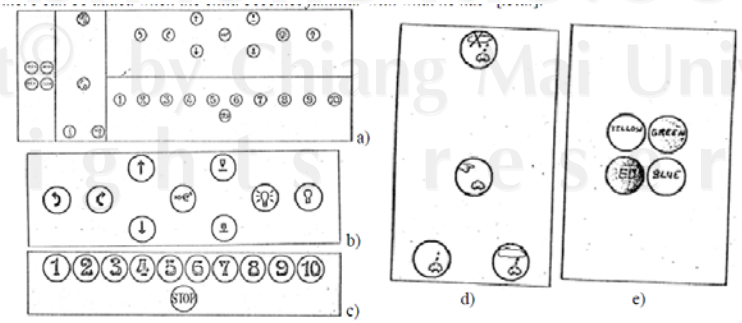
เป็นอุปกรณ์การเขียนโปรแกรมเพื่อใช้บังคับหุ่นยนต์เดินไปรอบๆพื้น เพื่อให้ผู้ทดลองได้ศึกษาผลเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

สามารถโปรแกรมได้โดยการนำบล็อกไม้ ที่แทนคำสั่งต่างๆสำหรับหุ่นยนต์มาต่อเข้าด้วยกันจนเป็นโปรแกรมที่ต้องการ จากนั้นเมื่อกดปุ่มทำงาน กล้องที่อยู่ด้านบนจะจับภาพของโปรแกรมที่ได้ต่อไว้ ส่งไปให้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์โปรแกรม และส่งคำสั่งเหล่านั้นให้หุ่นยนต์ทำงานต่อไป ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 บล็อกคำสั่ง และการเขียนโปรแกรมของ TERN [4]

2.3.3 The Button Box

พัฒนาโดย Radia Perlman แห่งห้องทดลอง LOGO สถาบันเทคโนโลยีแมซซาชูเซส (MIT) เมื่อกลางทศวรรษที่ 1970 โดยที่ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อควบคุมรถหุ่นยนต์ ซึ่งมีปากกาติดอยู่ที่รถ โดยมีแนวคิดที่ควบคุมรถหุ่นยนต์โดยใช้สัญลักษณ์ เพื่อควบคุมรถให้เคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.15

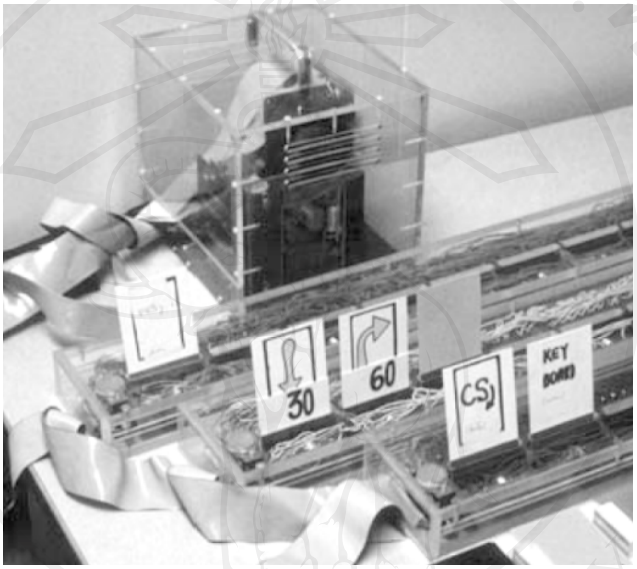


รูปที่ 2.15 อุปกรณ์ควบคุมหุ่นยนต์ของ Button Box(a) คำสั่งต่างๆ(b, c, d, e) [13]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.4 Slot Machine

หลังจากนั้น Perlman ได้ออกแบบระบบอีกระบบหนึ่งซึ่งใช้หลักการเดียวกับ Button Box นั่นคือ ใช้การ์ดพลาสติกสั่งงานรถหุ่นยนต์ โดยเด็กๆจะวางการ์ดคำสั่งเหล่านี้ลงบนแท่นเสียบ เพื่อสร้างโปรแกรมที่ต้องการ และยังมีฟังก์ชั่นในการดีบักโปรแกรม อีกทั้งยังสามารถสร้างโปรแกรมโดยแบ่งเป็นโปรแกรมย่อยๆได้ (Procedure) ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 โปรแกรมที่ต่อโดยใช้ Slot Machine [13]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved