

บทความวิจัย (Research Article)

การออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

DESIGN OF ROBOT ARENA FOR STEM EDUCATION PROMOTION

Received: April 20, 2021

Revised: November 23, 2021

Accepted: December 14, 2021

อรช กระแสนินทร์^{1*}Aracha Krasae-in^{1*}¹คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์¹Faculty of Architecture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: aracha.kr@ku.th

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาการออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ และ 2) เพื่อศึกษาผลจากการออกแบบที่ทำให้เกิดการเรียนรู้กับผู้เข้าแข่งขันตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยทำการศึกษาระบบการออกแบบ และสัมภาษณ์นักเรียนที่เข้าร่วมแข่งขันในกิจกรรมการแข่งขันหุ่นยนต์ KidBright AI Bot ที่จัดโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ซึ่งผลการวิจัย พบว่า รูปแบบของสนามแข่งขันหุ่นยนต์ที่ได้จากการศึกษานั้น ส่งผลในทางบวกต่อสะเต็มศึกษา ผู้เข้าร่วมแข่งขันเห็นว่าการออกแบบสนามแข่งขันสร้างความท้าทายด้วยกติกาและรูปแบบของอุปสรรคที่ผู้แข่งขันต้องหาทางผ่านในแต่ละอุปสรรค และสร้างความพึงพอใจด้วยรูปแบบของสนามแข่งขัน ซึ่งผลที่ได้นั้นจะเป็นแนวทางในประยุกต์การออกแบบการพัฒนาการแข่งขันหุ่นยนต์และโจทย์สำหรับการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาด้วยหุ่นยนต์ต่อไป

คำสำคัญ: กระบวนการออกแบบ หุ่นยนต์เพื่อการศึกษา สะเต็มศึกษา

Abstract

The aim of this research was 1) to study the design of the track for robot competition in STEM education, and 2) to study the effect of the track design to the STEM education by interviewing the participants of the KidBright AI Bot robot competition hosted by National Electronics and Computer Technology Center. The result shown that design of the competition's track created the positive effect to the STEM education. The participants expressed the challenge from the rules and obstacles, and the satisfaction from the visual design. The outcome of the research could be the guideline for applying design into robot competition for STEM education and development of the STEM education program with robot in the future.

Keywords: Design Process, Educational Robot, STEM education

บทนำ

นโยบาย Thailand 4.0 ต้องการให้ประเทศขับเคลื่อนด้วยเศรษฐกิจที่เกิดจากนวัตกรรมและองค์ความรู้โดยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยี (Office of the Official Information, 2017) เป็นผลให้มโนนโยบายปฏิรูประบบการศึกษาและก้าวสู่ “การศึกษา 4.0” เพื่อพัฒนาและยกระดับคุณภาพของทรัพยากรของประเทศ (Office of the Higher Education Commission, 2016) ที่เน้นการสร้างสมรรถนะหลายด้าน ทั้งทักษะการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์สร้างนวัตกรรม ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์และปัญญาประดิษฐ์และการคิดคำนวณ รวมถึงทักษะการคิดเชิงบริหารและการสร้างสัมพันธ์ภาพระหว่างบุคคล ซึ่งสะสมศึกษา หรือ STEM Education ที่ย่อมาจากอักษรตัวแรกของ 4 สาขาวิชาพื้นฐานสำหรับนวัตกรรม ได้แก่ Science, Technology, Engineering และ Mathematics ควรถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเช่นกัน เพื่อหล่อหลอมให้เกิดความรู้ ทักษะ มุมมอง เจตคติ อย่างรอบด้าน โดยใช้หลักการการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ผู้เรียนจะมีพัฒนาการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องที่สามารถนำไปเป็นฐานในการสร้างผลผลิตหรือนวัตกรรม ได้ในอนาคต (Kijkuakul, 2015; Chularat, 2018)

หนึ่งในเครื่องมือการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษาคือการใช้หุ่นยนต์เพื่อเสริมการเรียนรู้ โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ หรือ NECTEC ได้พัฒนาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการเรียนรู้ KidBright AI Bot ที่ชื่อว่า “ขนมชั้น” เพื่อสอนปัญญาประดิษฐ์ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ ตั้งแต่การเก็บข้อมูล การติดป้ายกำกับ การสร้างโมเดล ไปจนถึงการประยุกต์ใช้โมเดลผ่านการสร้างชุดคำสั่งแบบบล็อก (NECTEC, 2016) รวมถึงจัดกิจกรรม “รวมพลคน KidBright” ซึ่งเป็นกิจกรรมการแข่งขันหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาโดยมีผู้เข้าร่วมแข่งขันจากโรงเรียนทั่วประเทศ

สำหรับการจัดงานในปี 2564 ทางคณะผู้จัดงานมีแนวคิดของกิจกรรมการแข่งขันการบังคับหุ่นยนต์เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การใช้ปัญญาประดิษฐ์กับหุ่นยนต์ (NECTEC, 2021) และมีความมุ่งหมายที่จะทำให้นักเรียนที่เข้าร่วมการแข่งขันเกิดการเรียนรู้และความสนุก และสามารถเป็นกรณีต้นแบบที่จะนำไปปรับปรุงกับการจัดกิจกรรมการแข่งขันหุ่นยนต์ หรือเป็นโจทย์สำหรับการเรียนด้านหุ่นยนต์ต่อไปได้ จึงกรอบของงานออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ทำงานออกแบบการแข่งขันโดยมีสนามเป็นเครื่องมือในการกำหนดกติกาและรูปแบบการแข่งขัน และใช้องค์ประกอบทัศนศิลป์ อันได้แก่รูปร่าง รูปทรง สี และผิวสัมผัสสร้างประสบการณ์เพื่อให้กระตุ้นการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์ KidBright สำหรับกิจกรรมรวมพลคน KidBright
2. เพื่อศึกษาผลจากออกแบบที่ทำให้เกิดการเรียนรู้กับผู้เข้าแข่งขันตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิธีการวิจัย

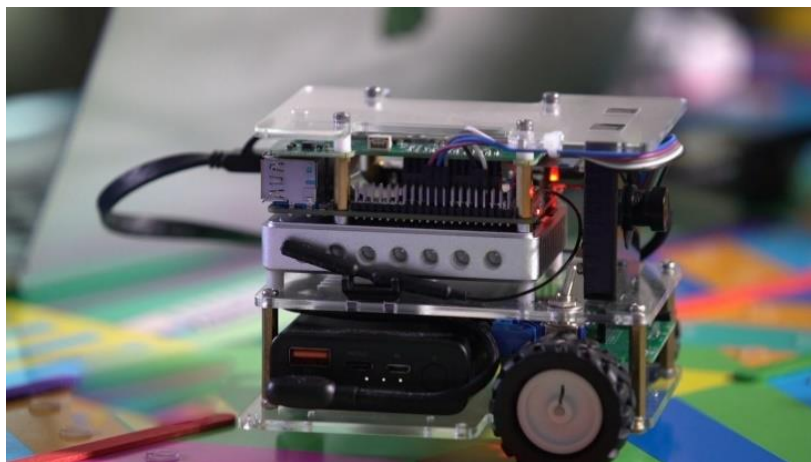
การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบและพัฒนา (Ulrich and Eppinger, 2015) และการออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์ (Gonçalves et al., 2012) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนสร้างแนวคิดเบื้องต้น ประกอบด้วย การพัฒนาโจทย์ออกแบบ การค้นคว้าและร่างแนวคิด ซึ่งการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ มีกระบวนการของการพัฒนาแบบของสนามแข่งขันดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาโจทย์ออกแบบ โดยทำงานร่วมกันระหว่างผู้วิจัยกับคณะทำงานของกิจกรรมการแข่งขันหุ่นยนต์ จาก NECTEC เพื่อรับรายละเอียดการจัดงาน โดยสรุปเป็นประเด็นดังนี้

ตาราง 1 โจทย์ในการออกแบบ

ประเด็น	รายละเอียด
พื้นที่แข่งขัน	ห้องประชุม วังสนามแข่งขันบนพื้นราบหรือบนเวทียกสูงไม่เกิน 40 เซนติเมตรเพื่อให้เห็นโดยรอบ
หุ่นยนต์	ขับเคลื่อนด้วยล้อหน้าและสั่งเสียโดยการหมุนของล้อและมีล้อลูกบอลพุงด้านท้าย หุ่นมีกำลังขับเคลื่อนและแรงบิดน้อย สนามแข่งต้องผลิตด้วยวัสดุที่ผิวเรียบแต่ไม่ลื่น รอยต่อแผ่นต้องแนบที่สุด
วิธีแข่งขัน	ผู้ชนะด้วยการเข้าเส้นชัยด้วยเวลาที่เร็วที่สุด หรือใกล้เส้นชัยมากที่สุดในเวลาที่กำหนดเป็นผู้ชนะ
สนาม	ต้องการให้หุ่นยนต์ถอดประกอบได้ง่ายและยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนด้านอุปสรรคได้เมื่อดำเนินไปจัดแข่งขันยังสถานที่ต่าง ๆ และมีรูปแบบเหมือนไปท่องเที่ยวทั่วประเทศ
งานออกแบบ	เนื่องด้วยมีโรงเรียนทั่วประเทศเข้าแข่งขัน จึงอยากให้สนามแข่งเปรียบเสมือนไปเที่ยวทั่วประเทศ



ภาพ 1 หุ่นยนต์ KidBright AI Bot “ขนมชั้น”

ที่มา: ผู้วิจัย

2. การค้นคว้า ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นแนวคิดในการแข่งขันหุ่นยนต์และงานออกแบบการแข่งขันหุ่นยนต์ ได้แก่

2.1 หุ่นยนต์ในสะเต็มศึกษา การใช้หุ่นยนต์ในสะเต็มศึกษามีตั้งแต่ช่วงต้นศตวรรษที่ 21 อาทิ LEGO Mindstorm ที่สร้างการเรียนรู้โดยการประกอบและเขียนคำสั่งหุ่นยนต์ (Klassner, 2002) ซึ่งการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์เพื่อสะเต็มศึกษาทำให้กระตุ้นการเรียนรู้จากการสร้าง แก้ไขปัญหา ค้นพบแนวทางใหม่ของการคำตอบประเด็นปัญหา (Zosh et al., 2013) ซึ่งการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการเรียนสะเต็มศึกษาควรพิจารณา 7 ประการ ได้แก่ 1) บทบาทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง 2) การกำหนดวัตถุประสงค์อย่างมีเป้าหมาย 3) การทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ 4) การสร้างโอกาสอย่างเหมาะสม 5) การทำงานประสานร่วมกัน 6) การบูรณาการองค์ความรู้ และ 7) การสร้างความท้าทาย (Phengphan et al., 2021) โดยเน้นการสร้างความรู้ทางวิศวกรรม ระบบทางกล ระบบอิเล็กทรอนิกส์และวงจรไฟฟ้า และระบบควบคุม และสามารถบูรณาการองค์ประกอบนั้นได้ (Bureau of Educational Innovation Development, 2009)

ในขณะเดียวกันการแข่งขันหุ่นยนต์มีรายละเอียดที่แตกต่างจากการใช้หุ่นยนต์เพื่อสะเต็มศึกษา โดยผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นผู้เข้าแข่งขันคือการสร้างเจตคติ ที่เกิดจากการเข้าร่วมกิจกรรม โดยการศึกษาการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีจากการแข่งขัน Robocup Junior (Sklar et al., 2000) ซึ่งภายหลังได้ศึกษาเพิ่มเติมพบว่านักเรียนที่ผ่านกิจกรรมการแข่งขันดังกล่าว มีความสนใจต่อการเรียนด้านสะเต็มสูงขึ้น และมีผลการเรียนรู้ด้านสะเต็มศึกษาเพิ่มขึ้นด้วย (Eguchi, 2016) ซึ่งเจตคติที่มีผลอย่างมากต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถสร้างขึ้นซึ่งสามารถสร้างด้วย การมีส่วนร่วมของผู้เรียนกับเครื่องมือทางเทคโนโลยี การสร้างความยืดหยุ่นในเนื้อหาวิชา ความท้าทาย ความสร้างสรรค์ ความแปลกใหม่ และการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายของบทเรียน (Siripatrachai, 2013)

2.2 การค้นคว้าเพื่อการออกแบบ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์คณะกรรมการแข่งขันถึงรูปแบบการแข่งขัน สถานที่ ข้อจำกัด และความต้องการสำหรับพิเศษของสนามแข่งขัน การศึกษาการออกแบบการแข่งขันที่มีมาที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรมและการแก้ปัญหา ดังในภาพที่ 2 และสามารถสรุปเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

ตาราง 2 ประเด็นด้านการออกแบบ

ประเด็น	รายละเอียด
สนามแข่งขันหุ่นยนต์	เป็นสนามแบบเปิด รูปแบบการแข่งขัน
วิธีแข่งขัน	1) ความเร็วของการวิ่งในสนาม 2) ควบคุมให้ทำงานตามสั่ง 3) ชัดขวางคู่แข่ง
รูปแบบ	ด้านความงามอยู่น้อย หรือเน้นการแสดงภาพลักษณ์ทางด้านงานประดิษฐ์หรือเทคโนโลยีมากกว่า หากมีการตกแต่งก็จะเป็นส่วนประกอบของวัสดุชิ้นส่วนทางวิศวกรรม มีสีน้อย ไม่สดใส



ภาพ 2 กรณีศึกษาการแข่งขันหุ่นยนต์

ที่มา: <https://robothon.org/rules-walking-robot-race>

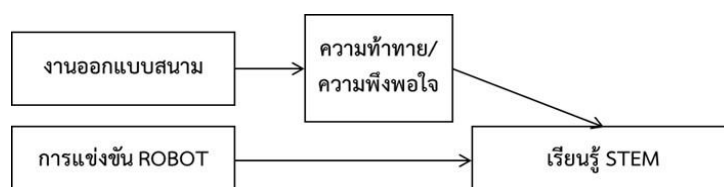
3. ร่างแนวคิด ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความต้องการและเงื่อนไขจากคณะกรรมการแข่งขัน และประมวลการสืบค้นพัฒนาแนวคิด ซึ่งทำให้ได้กรอบแนวคิดเพื่อการพัฒนาแบบ โดยเน้นการสร้างประสบการณ์ของการแข่งขันหุ่นยนต์ เพื่อให้เกิดความรู้สึกร่าเริง และความพึงพอใจต่อกิจกรรม ที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตาราง 3 กรอบแนวคิดการออกแบบ

ประเด็น	รายละเอียด
โครงสร้างสนาม	สนามแข่งขันควรมีลักษณะเป็น Modular หรือเป็นชิ้นส่วนที่มีขนาดเท่า ๆ กัน สามารถถอดประกอบหรือเชื่อมต่อกันได้ไม่ยาก หรือเป็นแผ่นเรียบที่มีขนาดเท่า ๆ กัน
งานออกแบบ	สร้างความตื่นเต้นด้วยอุปสรรคหรือส่วนประกอบ ควรมีสีสันที่จัดจ้าน (Vibrant) ดึงดูดสายตาคนและเมื่อถ่ายรูปแล้วมีสวยงามด้วยสี สดใส และองค์ประกอบของอุปสรรคที่ดูน่าสนใจ
อุปสรรค	ลักษณะของอุปสรรคนั้น แม้ว่าจะเน้นการทดสอบการบังคับ แต่ก็ให้มีแนวทางการแก้ปัญหาให้ผ่านอุปสรรคได้ในแบบต่าง ๆ กัน

จากกรอบแนวคิด และการศึกษางานออกแบบการแข่งขันหุ่นยนต์ พบว่ารูปแบบของการแข่งขันหุ่นยนต์ดังในภาพ 2 จะเน้นไปที่หลักการทำงานและเหมือนเครื่องมือวิศวกรรม จึงนำแนวคิดของ การแทรกแซง หรือ Intervention ซึ่งหมายถึงวิธีการ

กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นทางด้านพฤติกรรม ความคิด หรือความรู้สึก ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย ในศาสตร์แขนงต่างๆ อาทิ การแพทย์ สังคมศาสตร์ เป็นต้น รวมถึงได้นำแนวคิดมาประยุกต์ในการออกแบบ ที่นี่ยามการแทรกแซงที่เปลี่ยนแปลงสภาพที่มีอยู่เดิมด้วยผลงานและกระบวนการออกแบบ ซึ่งเมื่อนำมาใช้ในงานออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์ การออกแบบ จึงต้องสร้างการแทรกแซง เพื่อกระตุ้นความท้าทาย เกิดความสนุก ความพึงพอใจ ซึ่งจะเป็นปัจจัยทางบวกต่อการเรียนรู้ของผู้เข้าแข่งขันในที่สุด (Compiranont, 2019)



ภาพ 3 ปัจจัยที่ส่งผลการเรียนรู้สะเต็มของการแข่งขันหุ่นยนต์

ในการสังเคราะห์งานออกแบบ ผู้วิจัยได้นำเอาภาพของเกม Fall Guys ซึ่งเป็นเกมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในช่วงเวลาปี 2020 และได้รับคำวิจารณ์ในด้านการออกแบบและสร้างสรรค์ของอุปสรรคต่างๆ (Sottek, 2020; Park & Favis, 2020) มาเป็นแรงบันดาลใจและเป็นกรณีศึกษาการออกแบบสนามแข่งขัน ทั้งลวดลาย การใช้สี และอุปสรรคที่นำมาติดตั้งดังในภาพ 4



ภาพ 4 เกม Fall Guys

ที่มา: <https://fallguys.com/rounds/jump-club>

เมื่อนำมาพิจารณาพร้อมกับความต้องการของคณะผู้จัดการแข่งขัน ทั้งในด้านความตื่นเต้นของกิจกรรม ความยืดหยุ่นของสนามแข่งขันที่ปรับได้ และแนวคิดที่ให้การแข่งขันเปรียบเหมือนการเดินทางท่องเที่ยวทั่วประเทศ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดของงานออกแบบ โดยออกแบบสนามเป็นชั้นหรือแผ่น ขนาดแผ่นละ 80x80 เซนติเมตร โดยด่านอุปสรรคจำนวน 10 ด่าน สามารถจัดเรียงต่อได้ตามความเหมาะสมของสถานที่หรือความต้องการใช้งานสนามแข่งขัน และกำหนดแนวคิดของการออกแบบอุปสรรคยังเน้นการสร้างการฝึกฝนและเรียนรู้ผ่านการแข่งขันในส่วนที่เกี่ยวข้องสะเต็มศึกษาโดยเฉพาะกับทางด้านวิศวกรรม โดยมีแนวคิดดังต่อไปนี้ โดยมีรายละเอียดของรายการอุปสรรคดังตาราง 4 และแบบร่างสนามในภาพ 5

ตาราง 4 รายการอุปสรรค

รายการอุปสรรค	รายละเอียดและการบังคับ	การฝึกและเรียนรู้
1. ด้านสะพานทางชมพู	ผู้เล่นบังคับหุ่นยนต์ขึ้นทางลาดและขึ้นสะพานรูปทรงมาจากสะพานทางชมพู จังหวัดลำปาง	คำสั่งทิศทาง
2. ถ้ำหลวงขุนน้ำนางนอน	ด้านเข้าถ้ำ เป็นกล่องมีทางเข้าถ้ำกว้างภายในแคบลง และทางออกออกได้ทีละ 1 ตัว ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นให้ออกจากทางที่แคบ	คำสั่งทิศทาง การแก้ปัญหา
3. ทะเลแหวก	ด้านจำลองทะเลแหวกเป็นแนวโค้ง ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นให้เดินผ่านทางโค้ง	คำสั่งทิศทาง
4. ตลาดน้ำดำเนินสะดวก	ด้านหลบลูกอุปสรรค ที่เป็นทางเดินแคบสองข้าง ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นหลบลูกคิดขวาง	คำสั่งทิศทาง
5. วงเวียนเจดีย์ไอ้ไข่	ด้านรูปจำลองไอ้ไข่ ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นยนต์ให้หมุนรอบวงเวียน 1 รอบ	คำสั่งทิศทาง
6. วงกตเขาใหญ่	ด้านวงกต เส้นทางแยกออก ถ้าเลือกได้ถูกต้องจะได้เส้นทางที่สั้นกว่า วิ่งข้ามไม่ได้ ผู้เล่นต้องวางแผนการเดินและบังคับหุ่นให้เลี้ยวตามทางวงกต	คำสั่งทิศทาง การแก้ปัญหา
7. กังหัน สทิงพระ	ด้านอุปสรรคใบพัดขวางหุ่นยนต์เมื่อเดินผ่าน แต่จะไปปิดหุ่นตัวอื่นที่ตามมาได้	คำสั่งทิศทาง
8. หุ่นท้าวแสนปี	อุปสรรคดอกทานตะวันกีดขวาง ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นหลบลูกคิดไม้ และไปตามทาง	คำสั่งทิศทาง
9. ไร่ชาแม่สะลอง	ด้านอุปสรรคให้ผู้เล่นต้องบังคับหุ่นไปทางขวาตามแนวทางที่กำหนด ไม่ชนอุปสรรค	คำสั่งทิศทาง การคุมกำลัง
10. สามพันโบก	ด้านลูกกระนาบ ผู้เล่นต้องวางแผนบังคับหุ่นวิ่งตรงและเร็วพอที่จะข้ามลูกกระนาบ	คำสั่งทิศทาง ควบคุมกำลัง

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการพัฒนาแบบ จัดทำต้นแบบ และทดสอบก่อนการนำไปใช้จริง โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาแบบ หลังจากแนวคิดของสนามแข่งขันได้รับการตกลงให้ดำเนินการต่อ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบร่างมาเป็นแบบและหุ่นจำลอง โดยทำเป็นหุ่นจำลองที่ใช้กระดาษ มีมาตราส่วน 1:5 ของขนาดจริง เพื่อให้นำเสนอแก่คณะผู้จัดการแข่งขันในการพิจารณาดำเนินการและปรับแก้ไข โดยเป็นไปตามภาพที่ 6 ทางด้านล่าง และได้ทำการปรับแก้อุปสรรคตามข้อเสนอของคณะผู้จัดงาน ดังในตาราง 5



ภาพ 5 หุ่นจำลองแนวคิดสนามแข่งขัน

ที่มา: ผู้วิจัย

ตาราง 5 การปรับแก้อุปสรรค

รายการอุปสรรค	รายละเอียดการปรับแก้
1. ด้านสะพานทางลมพู่	ไม่มีการทำทางลาด เพราะแรงของหุ่นยนต์ไม่พอจะขึ้นทางลาด
2. ถ้ำหลวงขุนน้ำนางนอน	ให้ถ้ำใ้ทั้งหมด ไม่มีส่วนบังเพื่อเอื้อในการติดตามถ่ายทอดสด
3. วงเวียนเจดีย์ไอ้ไข่	เปลี่ยนเป็นเสาธง KidBright เพื่อป้องกันการลบหลู่สิ่งศักดิ์สิทธิ์
6. วงกตเขาใหญ่	ปรับด้านให้ง่ายขึ้น เพราะหุ่นใช้เวลาในการเลี้ยง
9. ไร่ชาแม่สะลอง	ปรับด้านให้ง่ายขึ้น แต่ใส่อุปสรรคเพื่อบังคับการเดินของหุ่น
10. สามพันโบก	ปรับลูกระนาดให้เล็กลงและให้หุ่นยนต์เดินผ่านได้ง่ายขึ้น

2. การทดสอบ ผู้วิจัยได้นำแบบที่ปรับแก้และพัฒนาเป็นแบบรายละเอียด จัดทำเป็นต้นแบบโดยใช้วัสดุจริง เพื่อนำหุ่นยนต์ที่จะใช้ในการแข่งขันมาทดสอบ เพื่อหาจุดที่ต้องปรับ และทดสอบแผนการเล่นตามกติกาที่ได้วางแผนไว้แต่แรก โดยผลของการทดสอบมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสนามแข่งขันดังต่อไปนี้

ตาราง 6 การทดสอบสนาม

เงื่อนไขทดสอบ	วิธีการทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. ความยากของอุปสรรค	จับเวลาการวิ่งผ่านอุปสรรค	มีด่านที่ผ่านไม่ได้ หรือใช้เวลานานเกินไป
2. รอยต่อของแผ่น	ทดสอบวิ่งผ่านรอยต่อแผ่น	รอยต่อไม่เป็นปัญหาต่อการวิ่ง
3. ความเหมาะสมของพื้นผิว	จับเวลาการวิ่งตรง	วัสดุเหมาะสม หุ่นยนต์ออกตัววิ่งได้
4. การติดตั้ง	ทดลองประกอบ ติดตั้ง และยกออก	สามารถติดตั้งได้ง่าย ไม่ต้องใช้ความชำนาญ และสามารถประยุกต์กับพื้นที่ได้หลากหลาย ทั้งห้องขนาดใหญ่ หรือแนวยาว

และก่อนการแข่งขัน มีการปรับรูปแบบสนามแข่งขันโดยการแบ่งรอบของการแข่งขันออกเป็นสองรอบ และแบ่งสนามจากเดิมมี 10 อุปสรรค ให้ลดเหลือ 5 อุปสรรค ที่แตกต่างกันในรอบแรกและรอบสุดท้าย โดยเป็นไปตามแนวคิดของความยืดหยุ่นที่วางไว้ตั้งแต่ต้นของการออกแบบ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำสนามแข่งขันและอุปกรณ์ประกอบ และได้นำไปติดตั้ง บ้านวิทยาศาสตร์สิรินธร อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ดังในภาพ 7 ก่อนการแข่งขัน 1 วัน เพื่อให้ผู้แข่งขันมีโอกาสฝึกซ้อมและปรับปรุงชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับสนาม



ภาพ 6 ภาพสนามแข่งขัน

ที่มา: ผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การนำไปใช้จริง โดยนำสนามแข่งขันที่ผลิต ไปติดตั้ง ณ พื้นที่แข่งขัน เพื่อให้ผู้เข้าแข่งขันได้ซักซ้อมก่อนการแข่งขันจริง โดยจัดเวลาการซ้อมให้กลุ่มละ 1 ชั่วโมง เพื่อซ้อมบังคับและปรับคำสั่งบังคับหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับอุปสรรคของสนาม โดยการเขียนโปรแกรมและป้องกันเสียงควบคุมให้แก่ระบบปัญญาประดิษฐ์ และทำการแข่งขันจริงในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 โดยผู้ชนะการแข่งขันได้แก่ผู้เข้าร่วมจากโรงเรียนเกษตรสมบูรณ์วิทยาคม จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งผู้วิจัยทำการบันทึกกระบวนการและการสอบถามผู้เข้าร่วมแข่งขันเพื่อประเมินการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา



ภาพ 7 ภาพบรรยากาศการแข่งขัน

ที่มา: <https://www.kid-bright.org/kidbright>

ผลการวิจัย

1. การเรียนรู้ในขั้นตอนของการทดสอบ โดยจากการสังเกตการณ์การซ้อมของผู้เข้าแข่งขัน พฤติกรรมของผู้เข้าแข่งขันที่แสดงถึงการเรียนรู้เกิดขึ้นในการทดสอบหุ่นกับสนาม และปรับแก้ไขวิธีการบังคับหุ่น โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1.1 ศึกษารูปแบบของอุปสรรคที่นำมาเป็นด่านในการแข่งขัน
- 1.2 นำหุ่นมาทดสอบผ่านอุปสรรคโดยใช้ชุดคำสั่งเดิม
- 1.3 เมื่อเกิดปัญหา จะแก้ไขด้วยปรับวิธีการสั่งควบคุม แต่ยังใช้ชุดคำสั่งเดิม
- 1.4 เมื่อไม่สามารถผ่านอุปสรรคได้ หรือผ่านได้ช้า มีการปรับชุดคำสั่งเพื่อให้การบังคับหุ่นเหมาะสมกับสภาพของสนาม อาทิ การเพิ่มจำนวนรอบในการสั่งเดินหน้าต่อครั้ง การเพิ่มและลดการหมุนเพื่อการสั่งซ้าย-ขวาหัน การเพิ่มคำสั่งถอยหลัง

2. การเรียนรู้ในการแข่งขัน เป็นการทำงานบังคับหุ่นในสถานการณ์แข่งขันที่มีคู่แข่งและมีเวลาเป็นข้อจำกัด ซึ่งผู้เข้าแข่งขันแม้ว่าจะฝึกกับอุปสรรคมาแล้ว แต่เมื่ออยู่ในการแข่งขันก็มีอุปสรรคที่สร้างปัญหาทำให้ผ่านไปได้ยากหรือไม่ได้เลย โดยจากการสังเกตในการแข่งขัน ลักษณะของการแก้ไขปัญหากับอุปสรรคสามารถสรุปได้ดังในตารางต่อไปนี้

ตาราง 7 ผลการบังคับผ่านอุปสรรค

รายการอุปสรรค	ผลการบังคับ	การแก้ไขปัญหา
ถ้าหลวงขุนน้ำนางนอน	บังคับผ่านได้ แต่ทำเวลาได้ช้ากว่าที่ประเมิน	ปรับการบังคับทิศทาง
สามพันโบก	ควบคุมกำลังหุ่นได้แต่มีปัญหาในหลายทีม	ปรับกำลังขับ เพิ่มระยะวิ่งเพื่อให้ผ่านอุปสรรค
ทะเลแหวก	บังคับผ่านได้	-
ทุ่งทานตะวัน	บังคับผ่านแต่มีปัญหาในการผ่านอุปสรรค	ปรับการบังคับทิศทาง
ตลาดน้ำดำเนินสะดวก	บังคับผ่านได้	-
กังหัน สหิงพระ	ผ่านได้ แต่มีชนกับอุปสรรคข้าง	ปรับการบังคับทิศทาง ถอยหลังเพื่อเริ่มต้นใหม่
ด่านสะพานท้าวหมพู	บังคับผ่านได้	-
วงกตเขาใหญ่	สามารถผ่านได้ แต่ทำได้ช้ากว่าที่ประเมิน	ปรับการบังคับทิศทาง
วงเวียนเสาธง	บังคับให้ผ่านลำบาก	ปรับการบังคับทิศทาง
ไร่ชาแม่สะลอง	สามารถผ่านได้ แต่ทำได้ช้ากว่าที่ประเมิน	ปรับการบังคับทิศทางและเพิ่มแรงจากรยะวิ่ง

3. การประเมินความพึงพอใจ โดยภายหลังการแข่งขัน ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมแข่งขัน โดยมีแบบสอบถามเพื่อสำรวจความพึงพอใจของสนามแข่งขันจากผู้เข้าแข่งขันทั้ง 8 กลุ่ม โดยใช้ Likert Scale 1 ถึง 7 โดย 1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยมากที่สุด และ 7 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด ซึ่งจะได้นำมาวิเคราะห์ความรู้สึกของผู้เข้าแข่งขันกับสนามที่ได้รับการออกแบบ โดยผลการสำรวจเป็นดังต่อไปนี้

ตาราง 8 ผลสำรวจความพึงพอใจของสนามแข่งขัน

ประเด็นคำถาม	จำนวนผลคะแนน							ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	
1. รูปแบบทางทัศนศิลป์และองค์ประกอบมีความสวยงาม	-	-	-	-	2	2	4	6.25
2. อุปสรรคมีความเหมาะสม	-	-	-	-	1	4	3	6.25
3. สร้างความตื่นตันท้าทายในการแข่งขันได้	-	-	-	-	1	1	6	6.625
4. สร้างความท้าทายให้ผู้แข่งขันได้	-	-	-	-	1	1	6	6.625
5. ช่วยฝึกฝนพัฒนาการเรียนรู้ทางด้านหุ่นยนต์ได้	-	-	-	-	-	2	6	6.75
6. มีความแตกต่างจากการแข่งขันหุ่นยนต์ที่ผ่านมา	-	-	-	-	-	3	5	6.625
7. ขอบงานออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์	-	-	-	-	-	2	6	6.75

นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า สนามน่าจะมีกลไกที่ขยับได้ที่เป็นแพทเทิร์นเดียวกัน สำหรับรอบชิงควรเปลี่ยนเวลา (เพิ่มเวลา) ให้เข้ากับสนามที่ยากขึ้น เวลาไม่เพียงพอในการแข่งขันที่จะสามารถนำหุ่นไปถึงจุดสุดท้ายได้ และหุ่นยนต์ควรมีล้อที่ใหญ่หรือเป็นตีนตะขาบ เพื่อให้ข้ามสิ่งกีดขวางได้

สรุปผลการวิจัย

จากการพิจารณากระบวนการและผลที่ได้จากการดำเนินงานของผู้เข้าแข่งขันกับสนามแข่งขันที่ได้รับออกแบบนั้น สามารถสรุปการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ในด้านการออกแบบ โครงการออกแบบสนามแข่งขันหุ่นยนต์ KidBright ดำเนินการอย่างบรรลุวัตถุประสงค์ โดยผลงานสุดท้ายเป็นไปตามแนวคิดที่ได้พัฒนาแต่แรก ผ่านการกำหนดกรอบของงานออกแบบ การพัฒนาแนวคิด การพัฒนาแบบและ

รายละเอียด และทำการผลิตนำมาใช้จริง และทำให้ผู้เข้าแข่งขันเกิดกระบวนการของการเรียนรู้ตามที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ของการออกแบบสนามแข่งขัน

2. การออกแบบสนามมีส่วนสร้างการเรียนรู้ทางด้านสะเต็มศึกษา โดยผลจากการออกแบบสนามแข่งขันนอกจากจะเป็นพื้นที่แสดงกระบวนการในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมแล้ว รูปแบบของการออกแบบยังเป็นปัจจัยเสริมที่ก่อให้เกิดความท้าทาย ตื่นเต้น เกิดความพึงพอใจ และส่งผลในทางบวกต่อการเรียนรู้ของผู้เข้าแข่งขัน ที่แม้ว่าจะมีอุปสรรคจะมีความยากและมีเวลาน้อยที่จะทดสอบการปรับปรุงชุดคำสั่งก่อนแข่งขันจริง แต่ผู้แข่งขันก็มีเรียนรู้อย่างเป็นไปตามความวัตถุประสงค์ของแนวทางสะเต็มศึกษาได้

อภิปรายผล

จากการดำเนินการออกแบบ พัฒนา และนำสนามแข่งขันไปใช้งานจริง มีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

1. **กระบวนการออกแบบ** เป็นไปตามกระบวนการของการออกแบบที่สร้างโจทย์การออกแบบ กำหนดกรอบการทำงาน พัฒนาแนวคิดจนนำไปสู่แบบและรายละเอียดที่สมบูรณ์ โดยกระบวนการออกแบบมีส่วนร่วมกันทั้งผู้ออกแบบและผู้ใช้งานออกแบบ อย่างไรก็ตามกระบวนการออกแบบยังไม่ได้นำผู้ใช้งานอีกกลุ่ม นั่นคือ ผู้เรียนหรือผู้เข้าแข่งขัน มามีส่วนร่วมในการออกแบบเท่าที่ควร จึงส่งผลให้งานออกแบบอุปสรรคบางอย่างมีความยากลำบากเกินไปกว่าผู้แข่งขันจะบังคับให้หุ่นยนต์ผ่านไปได้จนจบตามเวลาที่กำหนด ซึ่งแม้ว่าส่วนหนึ่งจะเป็นเพราะผู้เข้าแข่งขันไม่มีเวลาหรือโอกาสในการซ่อมเท่าที่ควร แต่เพราะการออกแบบสนามแข่งขันเป็นความลับ และต้องการให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้เข้าแข่งขัน ซึ่งนั่นก็ทำให้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานทำงานออกแบบที่ควรจะได้ในฐานะผู้ใช้หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียไม่ครบถ้วน จึงทำให้โจทย์ของการออกแบบมาจากกลุ่มของคณะผู้จัดการแข่งขันที่เป็นผู้ออกแบบหุ่นยนต์และมีความสามารถในการบังคับหุ่นยนต์มาก่อนแล้ว หากนำทฤษฎีทางด้านการศึกษาและพฤติกรรมของผู้ใช้มาเปรียบเทียบ จะเห็นได้ว่าผลงานออกแบบจึงเป็นงานออกแบบจากกลุ่มผู้ใช้สุดโต่ง (Extreme User) ที่หมายถึงผู้ที่มีประสบการณ์สูงและอาจมีความถนัดในการใช้งานสูงมากกว่าผู้ใช้ทั่วไป (Israsena Na Ayudhya & Treerattanaphan, 2560) ซึ่งผู้ออกแบบควรได้ทำการศึกษาขีดความสามารถของผู้เรียนโดยทั่วไปมากกว่าที่ได้ทำไปแล้วหากได้ทำงานออกแบบการแข่งขันในครั้งต่อไป

2. **ผลการเรียนรู้ทางด้านสะเต็มศึกษา** การวัดผลการเรียนรู้ทางด้านสะเต็มของการแข่งขันอาจไม่สามารถวัดระดับการเรียนรู้ได้ชัดเนื่องจากเวลาที่มีจำกัดของการซ่อมและการแข่งขัน แต่ก็สามารถพิจารณาจากพฤติกรรมที่เกิดในการแข่งขัน โดยผู้เข้าแข่งขันที่ได้ทำการซ่อมกับสนามแข่งขันในวันก่อนหน้า ผู้เข้าร่วมการแข่งขันมีการเรียนรู้เมื่อได้ทดสอบสนามแข่งขัน ปรับการเขียนชุดคำสั่งของตนเองเพื่อที่จะใช้ในการแข่งขันจริงทั้งทิศทางและความเร็วเพื่อให้หุ่นของตนเองสามารถผ่านอุปสรรคไปได้ และเมื่อทำการแข่งขันก็เกิดปัญหาทำให้หุ่นไม่สามารถเดินไปตามแผนการบังคับหรือบังคับผิดพลาดซึ่งผู้เข้าแข่งขันก็ทำการปรับแก้ ทั้งหมดนี้เป็นการทำงานแก้ปัญหาตั้งแต่การวางแผนในการแข่งขันและการแก้ปัญหาในช่วงการแข่งขัน เกิดการแก้ไขปัญหา ค้นพบแนวทางใหม่ของคำตอบต่อประเด็นปัญหาตามแนวทางของสะเต็มศึกษาโดย Zosh et al. (2013) และเป็นไปตามลักษณะของ Intervention ในการสร้างสภาพแวดล้อมของการแข่งขันที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการ และแสดงทักษะการคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาอันเป็นไปตามความต้องการของการศึกษา 4.0 และสะเต็มศึกษา

3. **ประสบการณ์และความพึงพอใจในสนามแข่งขัน** จากการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมแข่งขัน ผลที่ได้แสดงถึงเจตคติในทางบวกต่อกิจกรรมโดยมีผลมาจากรูปแบบของสนามแข่งขัน ที่สามารถพิจารณาได้จากคะแนนความพึงพอใจ โดยเฉพาะประเด็นในด้านการสร้างความตื่นเต้น สร้างความท้าทาย ที่แตกต่างจากการแข่งขันหุ่นยนต์ที่เคยพบเห็นหรือแข่งขันมาก่อนหน้านี้ และเมื่อได้ใช้สนามแข่งขันแล้ว ผู้ตอบก็ยังแสดงความเห็นด้วยว่าสนามสามารถช่วยฝึกฝนพัฒนาการเรียนรู้ทางด้านหุ่นยนต์ได้ ซึ่งแสดงถึงการที่สนามช่วยฝึกการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหาได้ ทำให้พิจารณาได้ว่าการออกแบบสนามแข่งขันที่มีวิธีการในการแข่งขันที่แตกต่างจากที่เคยมีประสบการณ์มาก่อนและรูปแบบของการออกแบบสนามแข่งขันที่มีสีสันและองค์ประกอบทางทัศนศิลป์ที่แตกต่าง สร้างประสบการณ์ของความพึงพอใจให้แก่ผู้เข้าแข่งขันที่กระตุ้น ท้าทาย และพิจารณาได้ว่าการออกแบบทัศนศิลป์มีส่วนเสริมในการสร้างการเรียนรู้สะเต็มศึกษาได้ ซึ่งเป็นตามแนวทางของ Intervention (Compiranont, 2019) ที่รูปแบบจากการออกแบบสร้างการแทรกแซง กระตุ้นความท้าทาย เกิดความสนุก ความพึงพอใจ ซึ่งจะเป็นปัจจัยทางบวกต่อการเรียนรู้ได้

4. ประเด็นเพิ่มเติมจากการแข่งขัน จากการทำงานออกแบบและการแข่งขันในโครงการนี้ เมื่อได้นำสนามแข่งขันติดตั้ง ณ พื้นที่จริงแล้ว ผู้วิจัยสังเกตได้ว่ามีคนที่ไม่ใช่ผู้เข้าแข่งขันให้ความสนใจเป็นอย่างมาก หากพิจารณาจากการสอบถามความพึงพอใจก็น่าจะอนุมานได้ว่ารูปแบบงานออกแบบสนามมีความแตกต่างจากสนามแข่งขันหุ่นยนต์ที่หลายๆ คนเคยเห็นมาก่อน และการออกแบบสนามก็เป็นกระบวนการที่ได้เรียนรู้การวางแผนหรือการเขียนชุดคำสั่งไปในตัว อาทิ ข้อเสนอแนะที่ต้องการให้สนามมีกลไก ดังนั้นในอนาคตหากเป็นไปได้นอกจากที่การออกแบบสนามจะเกิดจากคณะผู้จัดการแข่งขัน ก็สามารถออกแบบระบบหรือแพลตฟอร์มที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทั่วประเทศได้มีส่วนร่วมในการออกแบบสนามแข่งขันได้เช่นกัน และเป็นการนำข้อมูลจากผู้ใช้ทั่วไปมาพิจารณาในลักษณะของ Crowdsourcing (Howe, 2006) ได้อีกทางหนึ่ง

การออกแบบในฐานะการสร้างประสบการณ์ใหม่น่าจะเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ช่วยการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาให้จากการกระตุ้นความสนใจและการสร้างความท้าทาย อย่างไรก็ตาม การแข่งขันหุ่นยนต์นั้นเป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นการเรียนรู้คู่ไปกับเจตคติที่เป็นผลจากความท้าทายและการได้แก้ปัญหา ซึ่งเป็นอย่างที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าเป็นเพียงแค่หนึ่งในประเด็นทางด้านการศึกษา 4.0 แต่การนำการออกแบบเข้ามาประยุกต์กับกิจกรรมอื่นๆ ก็เป็นประเด็นที่จะสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้กับนักเรียน เกิดเจตคติในทางบวกต่อบทเรียน ที่มีทั้งความท้าทายและมีกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวัดผลความพึงพอใจของสนามแข่งขันจากผู้ชมที่รับชมเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาสนามแข่งขันหุ่นยนต์ให้ได้ผลในการส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาอีกทางหนึ่ง
2. การสร้างช่องทางการรับแนวคิดของสนามแข่งขัน หรือให้นักเรียนในโครงการ KidBright ได้ส่งแนวคิดหรือแบบของสนามแข่งขันที่นอกจากส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับผู้เข้าแข่งขันแล้ว ยังสร้างการมีส่วนร่วมอีกรูปแบบหนึ่งและกระตุ้นความสนใจต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนในวงกว้าง

References

- Bureau of Educational Innovation Development. (2009). *Guidelines for managing the learning in additional class of hand controlled robot*. Bangkok: National Buddhism Printing House. [in Thai]
- Chularat, P. (2018). Learning management for students in the Thailand 4.0 era. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(2), 2363-2380. [in Thai]
- Compiranont, P. (2018). Concept and practice of design intervention. *Journal of Fine Arts, Chiang Mai University*, 10(2), 71-92. [in Thai]
- Eguchi, A. (2016). RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 692-699.
- Eppinger, S., & Ulrich, K. (2015). *Product design and development*. McGraw-Hill Higher Education.
- Gonçalves, J., Lima, J., Costa, P., & Moreira, A. (2012). Manufacturing education and training resorting to a new mobile robot competition. In *Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing FAIM 2012*. Helsinki, Finland: Tampere University of Technology.
- Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. *Wired magazine*, 14(6), 1-4. Retrieved April 12, 2021, from <https://www.wired.com/2006/06/crowds/>
- Israsena Na Ayudhya, P., & Treerattanaphan, C. (2017). *Design thinking: Learning by doing*. Bangkok: TCDC. [in Thai]
- Kijkuakul, S. (2015). STEM Education. *Journal of Education Naresuan University*, 17(2), 201-207. [in Thai]

- Klassner, F. (2002). A case study of LEGO Mindstorms™ suitability for artificial intelligence and robotics courses at the college level. In *ACM SIGCSE Bulletin*, 34(1), 8–12.
- National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC). (2016). *KidBright: From imagination to reality*. Retrieved April 12, 2021, from <https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-hardware-electronics/kid-bright.html> [in Thai]
- National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC). (2021). *KidBright AI Bot online tournament*. Retrieved April 12, 2021, from <https://www.nectec.or.th/news/news-pr-news/kdc-2021.html>. [in Thai]
- Office of the Higher Education Commission. (2016). OHEC student development for Thailand 4.0. *Anusam Audomsuksa*. 43(462), 11-13. Retrieved April 12, 2021, from http://www.mua.go.th/prweb/pr_web/udom_mua/data/462.pdf [in Thai]
- Office of the Official Information. (2017). Thailand 4.0 policy, easy understanding edition. Retrieved April 12, 2021, from <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER3/DRAWER035/GENERAL/DATA0000/00000124.PDF> [in Thai]
- Park, G., & Favis, E. (2020). "Analysis | Fifteen ideas to lift up 'Fall Guys,' the surprise hit of the summer". *The Washington Post*. Retrieved December 10, 2020, from <https://www.washingtonpost.com/video-games/2020/08/12/fall-guys-ideas/>
- Siripatrachai, P. (2013). STEM education and 21st century skills development. *Executive Journal*, 33(2) 49-56.
- Sklar, E., Johnson, J. H., & Lund, H. H. (2000). Children learning from team robotics: Robocup junior 2000. RoboCup Jr-Educational Report. Retrieved December 10, 2020, from, <http://demo.cs.brandeis.edu/papers/rcj2000-full.pdf>
- Sottek, T. C. (2020). Fall Guys is the feel-good game of the summer. *The Verge*. Retrieved Dec 10, 2020, from <https://www.theverge.com/2020/8/5/21355586/fall-guys-ultimate-knockout-pc-ps4-game>
- Zosh, J. M., Fisher, K., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2013). The ultimate block party: Bridging the science of learning and the importance of play. In *Design, Make, Play* (pp. 113-136). New York: Routledge.