กองทุนพัฒนาดิจิทัล
เพื่อเศรษฐกิจและสังคม

รายงานผลการวิจัย
ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะ ด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย

สัญญารับทุนเลขที่ กท 1017/67
ลงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2568

โครงการการพัฒนาหลักสูตรและแพลตฟอร์มการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียน
โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทยเพื่อรองรับตลาดแรงงานสำหรับโลกอนาคต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนพัฒนาดิจิทัล
เพื่อเศรษฐกิจและสังคม
สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

สารบัญ

หลักการและเหตุผล 1

วัตถุประสงค์ 2

1.บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยเพื่อบรรลุผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิเคราะห์ 4

บทนำและกรอบการวิเคราะห์ 5

1. บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นในโครงการ 6

1.1 ปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์ในการพัฒนาทักษะ (Factors Affecting Achievement) 6

1.2 กระบวนการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (Processes Affecting Learning) 7

1.3 ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ 8

1.4. ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้นที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 9

1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนทดสอบลดลงระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 10

2. บทวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรมทั้งระดับรายบุคคลและระดับโรงเรียน 12

2.1 ภาพรวมผลการประเมินการฝึกอบรมในโครงการ 12

2.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนในระดับภาพรวม 29

2.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างในระดับรายโรงเรียน 30

2.4 การวิเคราะห์ในระดับรายบุคคล 30

2.5. การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบทฤษฎีและทักษะปฏิบัติรายโรงเรียน 31

2.6. ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนประเมินตนเองกับคะแนนสอบจริง 33

2.7 ผลเปรียบเทียบความพร้อมของโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนเอกชนในโครงการ 34

2.8 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์เชิงปฏิบัติ (Workshop 3 Smart Factory) 36

2.สรุปผลวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยที่สอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย 38

1. บทนำและกรอบการสรุปผล 39
2. สรุปผลการวิเคราะห์กระบวนการสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ 39
3. สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่มีต่อความสำเร็จ (Success Factors) ของโครงการ 40
4. สรุปผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐานการวิจัย 42
4.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) และการดำเนินงาน 42
4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) และผลลัพธ์ 42
4.3 ตัวแปรเกินและตัวแปรแทรกซ้อน (Extraneous & Intervening Variables) 43
4.4. แผนผังแนวคิดความสัมพันธ์ของตัวแปร (Conceptual Framework) 43
5. สรุปภาพรวมของโมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัล 46
บทสรุป 51
3.บทสังเคราะห์การบูรณาการปัจจัยและกระบวนการที่มีต่อความสำเร็จของโครงการ 53
1. บทนำกรอบการวิเคราะห์และสังเคราะห์ 54
2. วิธีการสังเคราะห์ข้อมูลและเกณฑ์การพิจารณาผลสัมฤทธิ์ 54
3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรม 55
4. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 56
4.1 หลักสูตรฐานสมรรถนะที่มีลำดับการเรียนรู้ชัดเจน 58
4.2 แพลตฟอร์มและสื่อการเรียนรู้ที่ลดอุปสรรคการเริ่มต้น 58
4.3 ความพร้อมด้านอุปกรณ์และสัดส่วนผู้เรียนต่อเครื่องมือ 58
4.4 บทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกและผู้ติดตามการเรียนรู้ 59
4.5 การเรียนรู้เชิงปฏิบัติผ่านภารกิจจริง 59
4.6 แรงจูงใจ ความมั่นใจ และการเห็นคุณค่าของอาชีพอนาคต 60
4.7 การประเมินตามสภาพจริงและการใช้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงผู้เรียนรายบุคคล 60
5. กระบวนการสำคัญในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 60
6. บทวิเคราะห์เชิงลึกจากกรณีโรงเรียนในโครงการ 63
6.1 กรณีโรงเรียนบ้านเทอดไทย: ตัวอย่างความพร้อมแบบ Hardware-Software-Peopleware 63

6.2 กรณีโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น: คะแนนทฤษฎีไม่เปลี่ยนอย่างมีนัยสำคัญ แต่สมรรถนะปฏิบัติโดดเด่น 63
6.3 กลุ่มนักเรียนที่คะแนน Post-test ลดลง ข้อจำกัดของข้อสอบและความจำเป็นของการประเมินอิงสมรรถนะ 63
7. การวิเคราะห์ตามสมมติฐานการวิจัย 64
8. โมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัลสำหรับโรงเรียนชนบทไทย 65
9. ข้อเสนอแนะเพื่อการขยายผล 67
10. บทสรุป 68

ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย

หลักการและเหตุผล

ด้วยนวัตกรรมด้านหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในนานาประเทศทั่วโลก และมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในประเทศไทยนั้นมีการใช้หุ่นยนต์เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทางธุรกิจอย่างกว้างขวาง เริ่มต้นจากใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตขนาดใหญ่ เช่น อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ฯลฯ แต่เมื่อเทคโนโลยีของหุ่นยนต์มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้หุ่นยนต์มีขนาดเล็กลงและมีราคาที่เข้าถึงได้มากขึ้น ทำให้ธุรกิจอื่นนอกเหนือจากการผลิตเริ่มนำหุ่นยนต์เข้ามาใช้งานในขั้นตอนทางธุรกิจของตัวเอง เช่นตามโรงพยาบาล ร้านอาหาร หรือในคลังสินค้า ฯลฯ ทำให้ทักษะที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ ทั้งการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และการโปรแกรมการทำงานจะเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับอาชีพการงานในอนาคต ทว่าในปัจจุบันยังไม่มีการเตรียมความพร้อมด้านการพัฒนาทักษะที่สำคัญดังกล่าวนี้โดยทั่วไปในการเรียนการสอนในโรงเรียนระดับประถมและมัธยมในประเทศ ด้วยข้อจำกัดด้านการขาดแคลนทั้งครูผู้สอนและเครื่องมือสนับสนุนที่เหมาะสมทั้งในแง่อุปกรณ์ บทเรียนและแพลตฟอร์มการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโรงเรียนที่อยู่ในต่างจังหวดพื้นที่ห่างไกล ส่งผลให้เด็กและครูไม่สามารถเข้าถึงเนื้อหาและหลักการพัฒนาทักษะด้าน STEM ที่สะดวกในการใช้งานและง่ายต่อการเรียนรู้ เนื่องจากเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันยากต่อการใช้งานโดยทั่วไปและมีราคาแพงเกินกว่าที่ครูและนักเรียนในโรงเรียนทั่วไปของประเทศโดยเฉพาะโรงเรียนที่อยู่ในชนบทจะเข้าถึงได้ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขจะเกิดความเหลื่อมล้ำใน ด้านการศึกษาซึ่งในที่สุดจะส่งผลให้ประเทศขาดโอกาสที่จะสร้างประชาชนที่มีศักยภาพในด้านดิจิทัลโดยทั่วถึงในอนาคต

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มุ่งเน้นด้านการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและด้านนวัตกรรม มีหลักสูตรที่มุ่งเน้นให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติจริง มีทักษะที่พร้อมเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม มีงานวิจัยที่สอดคล้องในการสร้างนวัตกรรมใหม่เพื่อตอบโจทย์ในการส่งเสริมพัฒนาเศรฐกิจของประเทศ มีหลักสูตรการเรียนการด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์มากกว่า 10 ปี โดยมีการสอนตั้งแต่หลักการออกแบบหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับงานด้านต่าง ๆ การเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เฉพาะทาง รวมถึงการติดตั้ง ซ่อมบำรุง และการโปรแกรมการทำงาน ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญสำหรับอาชีพการงานในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์แห่งอนาคต มีอาจารย์และนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์ นอกจากนี้ โรงเรียนสาธิตนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ยังได้จัดการเรียนการสอนในระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษา สำหรับเยาวชนของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล และเต็มศักยภาพอย่างเหมาะสมตามช่วงวัย มีจิตวิทยาศาสตร์ จิตวิศวกรรม มุ่งสู่การเป็นนวัตกร ควบคู่กับคุณธรรมและจริยธรรม ภายใต้บริบทสังคมโลกใหม่ได้อย่างมีความสุข มีหลักสูตรในรูปแบบ STEAM DESIGN PROJECT และ Project-Base Learning โดยเน้นด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering)

ศิลปะ (Arts) และภาษา (English and Chinese Language) ด้วยการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เน้นกระบวนการวิทยาศาสตร์ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผ่านโครงงานเป็นฐาน (STEAM DESIGN PROJECT) สร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ และนวัตกรรม เน้นการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนเพื่อเติมเต็มความถนัดและความสามารถของตนได้อย่างเหมาะสม ทั้งด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านโครงงานเป็นฐาน (Project-Base Learning) ใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ มีทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะชีวิต แสวงหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ ใช้ภาษาต่างประเทศให้สามารถสื่อสารได้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อสนับสนุนการเป็นนวัตกร โดยมีการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนและเยาวชน เพื่อให้มีพื้นฐานและทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรมทางด้านหุ่นยนต์ในอนาคต และจะเป็นเยาวชนที่มีความพร้อมในการเรียนรู้และมีศักยภาพด้านดิจิทัลและด้านหุ่นยนต์ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญด้านทรัพยากรบุคคลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศด้วยทักษะแห่งอนาคต

เพื่อให้การพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมสำหรับหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของเด็กไทยสามารถกระทำได้อย่างกว้างขวางทั่วถึงกับเด็กไทยส่วนใหญ่ของประเทศโดยไม่ขึ้นกับข้อจำกัดของบุคคลากร พื้นฐานภาษาอังกฤษ และเครื่องคอมพิวเตอร์ของโรงเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จึงเล็งเห็นความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องมีการศึกษาและวิจัยในการสร้างหลักสูตรและแพลตฟอร์มดิจิทัลที่เหมาะสมสำหรับบริบทของประเทศไทยเพื่อเป็นเครื่องมือในการสร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีศักยภาพด้านดิจิทัลซึ่งจะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศด้วยทักษะแห่งอนาคต

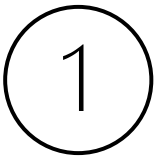
วัตถุประสงค์

(1) เพื่อศึกษาและค้นคว้ารูปแบบการดำเนินการและกรณีตัวอย่างความสำเร็จของการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมที่มีการดำเนินการในต่างประเทศเพื่อเลือกมาปรับใช้กับบริบทของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นพื้นที่ห่างไกลหรือมีข้อเสียเปรียบโรงเรียนในเมืองที่มีความพร้อมมากกว่า

(2) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นสำหรับแรงงานที่ต้องการทำงานในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และต่อยอดเป็นแบบทดสอบที่สามารถวัดสมรรถนะดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตรและแพลตฟอร์มในการเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทยได้

(3) เพื่อสร้างหลักสูตรและแพลตฟอร์มต้นแบบการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทย ที่สามารถใช้งานได้อย่างมีคุณภาพกับโรงเรียนต่างๆ ในประเทศ โดยไม่ขึ้นกับครูหรือเครื่องมือด้านดิจิทัลภายในโรงเรียน

(4) เพื่อระบุปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะในด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยเขตชนบทต่อไปในอนาคต



1. บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยเพื่อบรรลุผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิเคราะห์

บทนำและกรอบการวิเคราะห์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกภายใต้โครงการพัฒนาหลักสูตรและแพลตฟอร์มการเรียนรู้หุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทย คณะผู้วิจัยได้สังเคราะห์มิติสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย (ข้อที่ 4) เพื่อระบุปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะในด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยเขตชนบทต่อไปในอนาคต รวมทั้งสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัยที่ตั้งไว้ทั้งในส่วนของตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent Variable), ตัวแปรตาม (Dependent Variable) นอกจากนั้น ยังรวมถึงตัวแปรเกิน และตัวแปรแทรกซ้อน บทวิเคราะห์แบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นในโครงการ แบ่งออกเป็นมิติที่สำคัญดังนี้

1.1 ปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์ในการพัฒนาทักษะ

1.2 กระบวนการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

1.3 ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

1.4 ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้นที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนทดสอบลดลงระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

2. บทวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรมทั้งระดับรายบุคคลและระดับโรงเรียน จำแนกเป็น

2.1 ภาพรวมผลการประเมินการฝึกอบรมในโครงการ

2.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนในระดับภาพรวม

2.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างในระดับรายโรงเรียน

2.4 การวิเคราะห์ในระดับรายบุคคล

2.5 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบทฤษฎีและทักษะปฏิบัติรายโรงเรียน

2.6 ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนประเมินตนเองกับคะแนนสอบจริง

2.7 ผลเปรียบเทียบความพร้อมของโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนเอกชนในโครงการ

2.8 ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์เชิงปฏิบัติ

1. บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นในโครงการ

การวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่มีต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย แบ่งออกเป็นมิติที่สำคัญดังนี้

-ปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์ในการพัฒนาทักษะ

-กระบวนการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

-ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

-ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้นที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

-ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนทดสอบลดลงระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

1.1 ปัจจัยที่ส่งผลสัมฤทธิ์ในการพัฒนาทักษะ (Factors Affecting Achievement)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้านหลัก

- **ความพร้อมด้านกายภาพและสัดส่วนอุปกรณ์ (Physical Resources)** ความเพียงพอของอุปกรณ์เป็นตัวแปรต้นที่สำคัญที่สุด โดยโรงเรียนที่มีสัดส่วนคอมพิวเตอร์พกพา 1 เครื่องต่อผู้เรียน 1 คน อย่างโรงเรียนบ้านเทอดไทย สามารถสร้างผลสัมฤทธิ์การผ่านเกณฑ์ได้สูงถึงร้อยละ 97 ขณะที่โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิซึ่งมีข้อจำกัดด้านงบประมาณและสัดส่วนอุปกรณ์ต่อผู้เรียนน้อยเกินไป ส่งผลให้ครูประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์เพียง 3.00 คะแนน และมองว่าเป็นอุปสรรคต่อความทั่วถึงในการเรียนรู้ นอกจากนี้ ความเสถียรของอินเทอร์เน็ตเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้นักเรียนในชนบทเข้าถึงแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ยาก โดยมีอัตราเรียนจบเพียงร้อยละ 16.59
- **ความเชี่ยวชาญของบุคลากรครู (Personnel Expertise)** ครูที่มีทักษะเฉพาะทางด้านการเขียนโปรแกรม (เช่น ภาษา Python) อย่างที่พบในโรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ ส่งผลโดยตรงต่ออัตราพัฒนาการ (Percentage of Development) ที่สูงที่สุดในกลุ่ม คือร้อยละ 8.31 ในทางตรงกัน

ข้าม โรงเรียนที่ขาดแคลนบุคลากรเชี่ยวชาญหลังจบโครงการภายนอก เช่น โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จะเผชิญปัญหาความต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้

- **พื้นฐานและทัศนคติของผู้เรียน (Student Readiness & Motivation)** นักเรียนที่มีประสบการณ์ Scratch หรือ Python มาก่อนจะมีความมั่นใจในการต่อยอดได้เร็วกว่า อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้าน "ความกล้าลองผิดลองถูก" และการก้าวข้ามอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษในการเขียนโค้ด เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่ทำให้นักเรียนในพื้นที่ห่างไกลพัฒนาทักษะตรรกะคำสั่งได้อย่างก้าวกระโดด
- **การสนับสนุนจากผู้บริหาร (Administrator Support)** วิสัยทัศน์ที่มุ่งเน้นการสร้างพื้นที่การเรียนรู้ STEM และความสามารถในการระดมทรัพยากรจากภายนอก เป็นปัจจัยสนับสนุนที่ช่วยลดช่องว่างด้านงบประมาณในโรงเรียนขนาดเล็กและโรงเรียนการกุศล

1.2 กระบวนการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (Processes Affecting Learning)

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพภายใต้โครงการนี้ ประกอบด้วย

- **กระบวนการเรียนรู้ฐานปฏิบัติการ (Hands-on Workshop)** การเปลี่ยนจาก "หลักการ" ในตำราสู่ "การลงมือทำจริง" ช่วยให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการคิดที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรม Workshop 3 ที่เน้นภารกิจ Smart Factory ช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนที่เคยขาดเรียนบ่อยกลับมาเข้าเรียนครบทุกวันเพราะค้นพบทักษะที่ตนถนัด
- **การวัดผลอิงสมรรถนะ (Performance-Based Assessment)** การกำหนดค่าน้ำหนักคะแนนภาคปฏิบัติใน Workshop 3 ถึงร้อยละ 50 เป็นกระบวนการที่สะท้อนความสามารถในการบูรณาการความรู้และการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ชัดเจนกว่าการสอบทฤษฎีเพียงอย่างเดียว ซึ่งเกณฑ์การผ่านที่ร้อยละ 60 ถือเป็นจุดตัดที่เหมาะสมในการสร้างแรงจูงใจและชี้วัดขั้นพื้นฐานที่เพียงพอต่อการต่อยอด
- **รูปแบบการเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning)** การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อปูพื้นฐานทฤษฎีก่อนเข้าสู่ Workshop ภาคปฏิบัติ ช่วยเตรียมความพร้อมและทำให้การสาธิตขั้นตอนในชั้นเรียนมีความราบรื่นขึ้น แม้จะมีข้อจำกัดด้านเวลาเรียนออนไลน์ที่ไม่สอดคล้องกับคาบปกติในบางแห่ง
- **กระบวนการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม (Engineering Problem Solving)** การให้นักเรียนระดมสมอง วาดแผนผังการทำงาน และนำเสนอแนวคิดต่อวิทยากรใน Workshop 3 กระตุ้นให้เกิดการคิดเชิงระบบและการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญสำหรับโลกอนาคต โดยภารกิจที่มีความท้า

ทายสูงอย่าง "การจัดการสิ่งกีดขวาง" (Block F) เป็นกระบวนการที่ช่วยจำแนกศักยภาพของผู้เรียนในแต่ละระดับได้อย่างชัดเจนที่สุด

กล่าวโดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ที่ร้อยละ 81.82 ของนักเรียนทั้งหมดผ่านเกณฑ์ เกิดจากการประสานกันระหว่าง**ปัจจัย**ด้าน "ความพร้อมของเครื่องมือและครู" กับ**กระบวนการเรียนรู้**ที่เน้น "การลงมือปฏิบัติจริงในสนามจำลอง" ซึ่งช่วยลดช่องว่างความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาด้านเทคโนโลยีในชนบทได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ปัจจัยและกระบวนการสำคัญที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

เมื่อพิจารณาปัจจัยและกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญที่ทำให้ โรงเรียนบ้านเทอดไทย จ.เชียงราย มีผลสัมฤทธิ์สูงที่สุดในโครงการ มีอัตราการผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 สูงถึง **ร้อยละ 97** หรือ 38 จาก 39 คน สามารถสรุปจำแนกตามมิติต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. **ความพร้อมด้านกายภาพและอุปกรณ์ (Physical Resources)**

โรงเรียนบ้านเทอดไทยได้รับคะแนนประเมินด้านกายภาพ **สูงที่สุดในบรรดาทุกโรงเรียน (2.83)** โดยมีปัจจัยสนับสนุนหลักคือ

- **ความเพียงพอของอุปกรณ์** มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 2 ห้อง พร้อมเครื่องคอมพิวเตอร์รวมประมาณ 80–90 เครื่อง ซึ่งอยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน
- **การจัดสรรทรัพยากร** จุดเด่นที่ครูระบุคือ **การจัดสรรคอมพิวเตอร์พกพาให้นักเรียนใช้งานได้อย่างทั่วถึงทุกคน** ทำให้การเรียนรู้ภาคปฏิบัติและการฝึกเขียนโปรแกรมดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. **ศักยภาพของบุคลากรและกระบวนการสอน (Personnel & Pedagogy)**

- **ครูเฉพาะทาง** โรงเรียนมี **ครูคอมพิวเตอร์ประจำถึง 2 คน** ที่มีความรู้เฉพาะทาง ซึ่งสูงกว่าโรงเรียนอื่นส่วนใหญ่ในโครงการ ทำให้ได้รับการประเมินด้านบุคลากรและหลักสูตรในระดับสูง (3.00)
- **คุณภาพการสอน** ครูผู้ประเมินระบุว่ากระบวนการสอนที่เป็นลำดับขั้นตอนของวิทยากรช่วยส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โดยให้คะแนนในมิตินี้เต็ม 5.00

3. **ความพร้อมและแรงจูงใจของนักเรียน (Student Readiness)**

- **พื้นฐานและทัศนคติ** นักเรียนมีคะแนนความพร้อม **สูงที่สุด (3.33)** โดยมีความคุ้นเคยกับการใช้อุปกรณ์ดิจิทัลในระดับดี มีความตั้งใจและเปิดรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ

- **การก้าวข้ามอุปสรรค** นักเรียนมีความโดดเด่นในการ **กล้าลองผิดลองถูก** และสามารถก้าวข้ามข้อจำกัดด้านภาษาอังกฤษในการเขียนโค้ด ไปสู่การเข้าใจตรรกะของคำสั่งได้อย่างชัดเจน รวมถึงมีทักษะการทำงานเป็นทีมที่เข้มแข็ง

4. **ผลการปฏิบัติงานที่เป็นเลิศในทุกภารกิจ**

ความพร้อมข้างต้นส่งผลให้นักเรียนทำคะแนนใน **Workshop 3 ได้สูงสุดในทุกหมวด** เมื่อเทียบกับโรงเรียนอื่น

- **การหยิบของ (Block A):** 18.15 คะแนน (สูงสุด)
- **การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง (Block B):** 18.77 คะแนน (สูงสุด)
- **การจัดการสิ่งกีดขวาง (Block F):** 17.59 คะแนน (สูงสุด)
- **คะแนนจากวิทยากร:** 20.26 คะแนน (สูงสุด)

5. **การสนับสนุนจากผู้บริหาร (Administrator Support)**

ผู้บริหารมีนโยบายเชิงรุกในการพัฒนาทักษะดิจิทัล เช่น การเตรียมความพร้อมด้านแท็บเล็ตเพื่อการศึกษา และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับสถาบันอุดมศึกษา ซึ่งเป็นการปูรากฐานสำคัญให้โครงการดำเนินไปได้อย่างราบรื่น

จากหลักฐานเชิงประจักษ์จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยความสำเร็จของโรงเรียนบ้านเทอดไทยเกิดจากกระบวนการผสมผสานระหว่าง **"เครื่องมือที่พร้อมและทั่วถึง"** (Hardware), **"บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ"** (Software) และ **"ผู้เรียนที่มีแรงจูงใจและพื้นฐานดี"** (Peopleware) อย่างลงตัว

1.4. ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้นที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในรายงานผลการประเมิน สาเหตุที่**โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ**ของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pre-test & Post-test) มีปัจจัยสำคัญดังนี้

- ความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มสูงมาก รายงานระบุชัดเจนว่าแม้คะแนนเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากมีความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มสูง (High Variance)

- ทิศทางคะแนนของนักเรียนมีความหลากหลาย เมื่อพิจารณาข้อมูลรายบุคคล (Matched Pair 26 คน) พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีผลลัพธ์ที่หักล้างกันเอง ดังนี้
  - มีนักเรียนที่คะแนน**เพิ่มขึ้น 13 คน** โดยบางรายมีพัฒนาการสูง เช่น ชวัลวิทย์ ทองอินทร์พงษ์ (+27%) และ กิตติภพ ไทรชมภู (+21%)
  - ในขณะเดียวกัน มีนักเรียนที่คะแนน**ลดลงถึง 11 คน** โดยบางรายลดลงอย่างมาก เช่น ชัยวัฒน์ อารีเอื้อ (-23%) และ นวรัฐ สนิทสนม (-19%)
  - มีนักเรียนที่คะแนน**เท่าเดิม 2 คน**
- ค่าสถิติไม่ถึงเกณฑ์วิกฤต ผลการทดสอบ Paired Samples t-test มีค่า **p-value เท่ากับ 0.4317** ซึ่งสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ (.05) อย่างมาก และมีค่าสถิติ t เพียง 0.799
- **ส่วนต่างพัฒนาการน้อยที่สุดในกลุ่ม** เมื่อเทียบกับโรงเรียนอื่น โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น มีผลต่างคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียง **+2.42%** (จาก 25.65% เป็น 28.08%) ซึ่งถือเป็นอัตราที่น้อยที่สุดในบรรดา 5 โรงเรียน

อย่างไรก็ตาม แม้ผลคะแนนทดสอบความรู้ (ทฤษฎี) จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในมิติของ**คะแนนทักษะปฏิบัติ (Workshop 3)** นักเรียนโรงเรียนนี้กลับทำผลงานได้โดดเด่นในระดับ **"ดีมาก"** ในทุกมิติ (เฉลี่ย 16.00-18.32 คะแนน จาก 20) สะท้อนว่าความรู้เชิงวิชาการในกระดาษสอบอาจยังไม่สอดคล้องกับสมรรถนะการปฏิบัติจริงของผู้เรียนในบริบทนี้

1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มนักเรียนที่มีผลคะแนนทดสอบลดลงระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกลุ่มนักเรียนที่มี**ผลคะแนนทดสอบลดลง (Score Decreased)** ระหว่างการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) จากทั้ง 5 โรงเรียนเป้าหมาย คณะผู้วิจัยพบประเด็นสำคัญที่น่าสนใจดังนี้

1) สถิติและสัดส่วนของกลุ่มที่คะแนนลดลง

ในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมด 152 คนที่มีข้อมูลคะแนนครบเป็นคู่ (Matched Pair) พบว่ามีนักเรียนที่คะแนนลดลงรวมทั้งสิ้น **44 คน** (คิดเป็นร้อยละ 28.9 ของกลุ่มตัวอย่างที่สมบูรณ์) โดยกระจายตัวอยู่ในแต่ละโรงเรียนดังนี้

- **โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น** มีจำนวนคนลดลงสูงสุดคือ **11 คน** ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของโรงเรียนนี้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

- **โรงเรียนบ้านเทอดไทย** มีจำนวน **9 คน**
- **โรงเรียนมุสลิมสันติธรรม, โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ และโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา** มีจำนวนโรงเรียนละ **8 คน** เท่ากัน

2) การวิเคราะห์สาเหตุและอุปสรรครายบุคคล

จากการรวบรวมข้อคิดเห็นของครูผู้สอนและการสังเกตพฤติกรรม พบปัจจัยที่ส่งผลให้คะแนนทดสอบภาคทฤษฎีลดลง ดังนี้

- **อุปสรรคด้านภาษาและไวยากรณ์** นักเรียนหลายรายยังติดขัดเรื่อง**ภาษาอังกฤษในการเขียนโค้ด** และความสับสนในตรรกะที่ซับซ้อน เช่น การใช้เงื่อนไข "And" (และ) หรือการคำนวณมุมเลี้ยว
- **ระดับความยากของเนื้อหา** เมื่อเข้าสู่บทเรียนออนไลน์ช่วงหลัง เนื้อหามีความซับซ้อนขึ้น เช่น "การเขียนคำสั่งในรูปแบบฟังก์ชัน" ทำให้นักเรียนบางส่วนที่พื้นฐานไม่แน่นเกิดความท้อถอยและทำคะแนนได้น้อยลง
- **ทักษะการจดจ่อ (Attention)** ครูจากโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนาให้ข้อสังเกตว่า ข้อติดขัดของนักเรียนบางส่วนเกิดจากทักษะการจดจ่อมากกว่าความยากของหลักสูตร โดยนักเรียนที่ขาดสมาธิระหว่างวิทยากรบรรยายมักจะทำคะแนนทดสอบได้ไม่ดี
- **ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์และการมีส่วนร่วม** การทำงานเป็นกลุ่มใหญ่เกินไป (7-8 คน) ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง และเริ่ม**ขาดความสนใจ**ในเนื้อหาเชิงทฤษฎี

3) ความย้อนแย้งระหว่าง "คะแนนสอบ" และ "สมรรถนะจริง"

เป็นที่น่าสังเกตว่า นักเรียนหลายรายที่มีคะแนน Post-test ลดลงอย่างมาก กลับมี**คะแนนทักษะปฏิบัติ (Workshop 3) ในระดับที่ดี** เช่น

- **กรณีศึกษาที่ 1** ชัยวัฒน์ อารีเอื้อ (แก่งเสือเต้น) คะแนนสอบลดลงถึง **-23%** แต่กลับได้คะแนนรวมผลสัมฤทธิ์สูงถึง 75% เพราะทำคะแนนใน Workshop 3 ได้ดีมาก
- **กรณีศึกษาที่ 2** ราชินทร์ แซ่เจอว (บ้านเทอดไทย) คะแนนสอบลดลง **-20%** แต่มีคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ที่ **68.3%** ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐาน
- **บทวิเคราะห์** สิ่งนี้สะท้อนว่า แบบทดสอบปรนัย (ข้อเขียน) อาจไม่ใช่วิธีเดียวที่วัดศักยภาพของเยาวชนไทยในชนบทได้ทั้งหมด เนื่องจากเด็กกลุ่มนี้มี**ทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและการลงมือทำ (Hands-on)** ที่โดดเด่นกว่าการทำข้อสอบวิชาการ

ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยที่ค้นพบหลักฐานเชิงประจักษ์จากโครงการนี้ คณะผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่า สำหรับนักเรียนกลุ่มนี้ ควรเปลี่ยนมาตรวัดจากการสอบข้อเขียนเป็นการ**ประเมินอิงสมรรถนะ (Performance-Based Assessment)** ให้มากขึ้น และควรปรับปรุงแพลตฟอร์มให้มี**ระบบสอบซ่อม (Retesting)** รวมถึงการเพิ่มเนื้อหาพื้นฐาน **Block-based programming** เพื่อสร้างความมั่นใจก่อนเข้าสู่เนื้อหาที่ยากขึ้นในอนาคต

2. บทวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรมทั้งระดับรายบุคคลและระดับโรงเรียน

คณะผู้วิจัยได้ใช้สถิติ Paired Samples t-test (two-tailed, $\alpha = 0.05$) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรม (Pre-Test/Post-Test Analysis) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเดิม โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบปรนัยจำนวน 30 ข้อ (30 นาที) และทำการแปลงคะแนนดิบเป็นร้อยละเพื่อมาตรฐานในการวิเคราะห์

2.1 ภาพรวมผลการประเมินการฝึกอบรมในโครงการ

โครงการนี้ดำเนินการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้แก่เยาวชนใน 5 โรงเรียนทั่วประเทศ ครอบคลุม 4 ภูมิภาค การประเมินผลใช้แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) จำนวน 30 ข้อ เวลา 30 นาที คะแนนดิบตามจำนวนข้อที่ตอบถูก (เต็ม 30 คะแนน) จากนั้นแปลงเป็นร้อยละเพื่อความสะดวกในการคำนวณและเปรียบเทียบ โดยที่ ร้อยละ = (คะแนนดิบ / 30) × 100

จากผลการประเมินการฝึกอบรมในโครงการนี้สามารถแสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินทั้ง 5 โรงเรียน เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนและหลังการอบรม และผลการประเมินรายโรงเรียน ได้ดังนี้

(1) สรุปผลการประเมินทั้ง 5 โรงเรียน

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินทั้ง 5 โรงเรียน

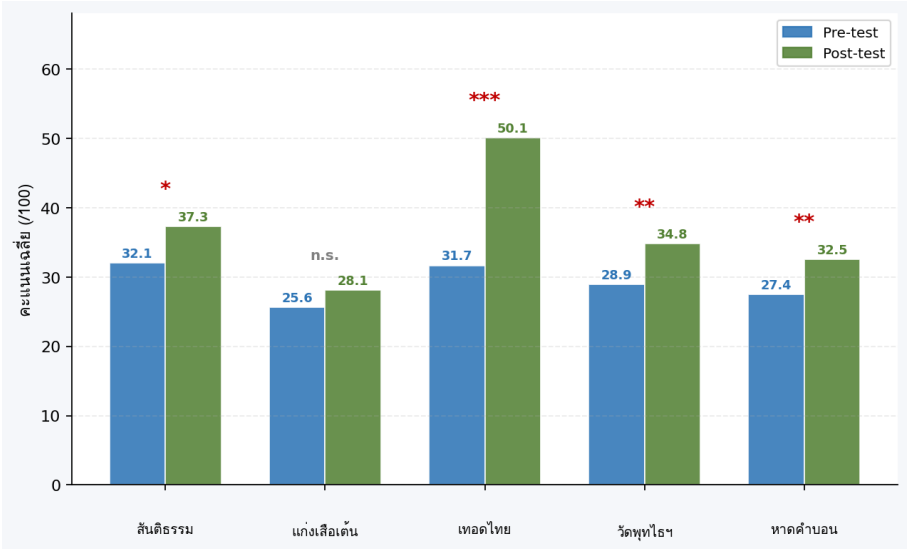
โรงเรียน	N (pre)	Pre-test เฉลี่ย	N (post)	Post-test เฉลี่ย	ผลต่างเฉลี่ย	t	p-value	ผล
โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ จังหวัดนครศรีธรรมราช	36	32.08%	29	37.34%	**+5.59%**	2.637	0.0135	*
โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จังหวัดลพบุรี	34	25.59%	26	28.08%	**+2.42%**	0.799	0.4317	n.s.

โรงเรียน	N (pre)	Pre-test เฉลี่ย	N (post)	Post-test เฉลี่ย	ผลต่างเฉลี่ย	t	p-value	ผล
โรงเรียนบ้านเทอดไทย จังหวัดเชียงราย	54	31.67%	41	50.12%	**+16.37%**	4.238	< 0.001	***
โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	31	28.94%	28	34.79%	**+5.68%**	3.335	0.0025	**
โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา จังหวัดหนองคาย	31	27.45%	28	32.54%	**+5.07%**	3.226	0.0033	**
รวมทั้ง 5 โรงเรียน	**186**	**29.48%**	**152**	**37.85%**	**+8.37%**	-	-	-

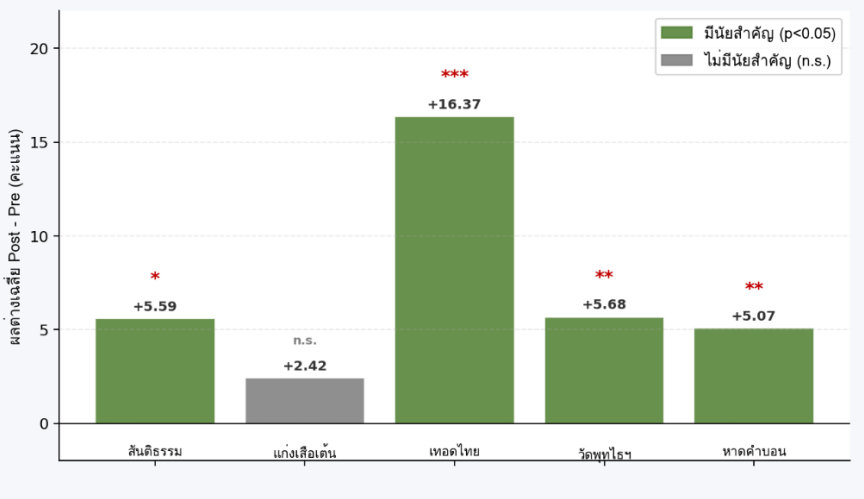
หมายเหตุ: คะแนนแสดงในรูปแบบร้อยละ (%) แปลงจากคะแนนดิบ 30 ข้อ

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001 n.s. = ไม่มีนัยสำคัญ

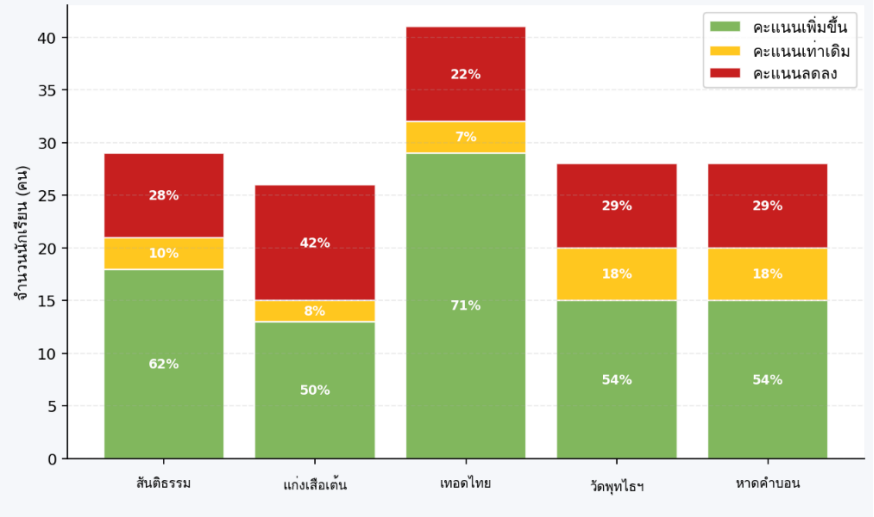
(2) เปรียบเทียบผลการประเมินก่อนและหลังการอบรม



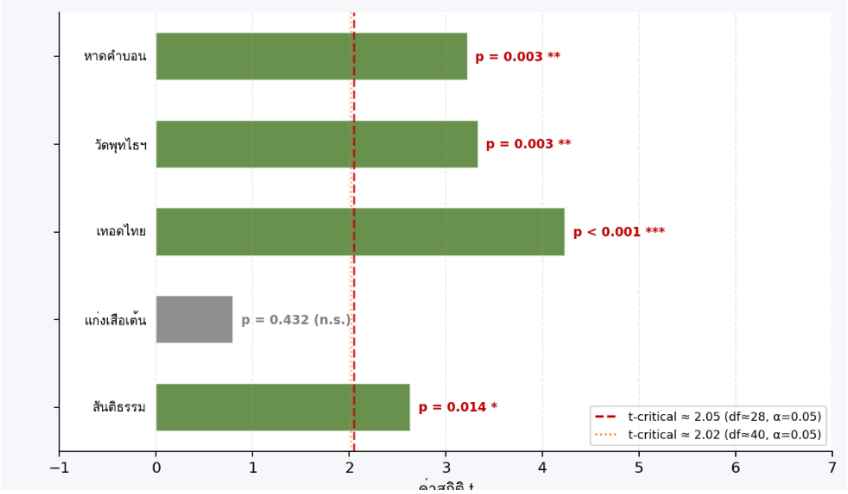
แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย Pre-test vs Post-test



แผนภูมิที่ 2 ผลต่างเฉลี่ย (Post-test – Pre-test)



แผนภูมิที่ 3 สัดส่วนทิศทางการเปลี่ยนแปลง



แผนภูมิที่ 4 ผล Paired t-test เปรียบกับค่าวิกฤต

จากตารางที่ 1 และแผนภูมิที่ 1 ถึง 4 ดังกล่าว พบว่า จากนักเรียนทั้งหมด 186 คนที่เข้าทำ Pre-test คะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 29.48% และจากนักเรียน 152 คนที่มีข้อมูล Post-test คะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 37.85% ผลต่างเฉลี่ยรวม +8.37% หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.4 จากคะแนนก่อนเรียน

ในขณะที่ 4 จาก 5 โรงเรียน ผลการทดสอบ Paired Samples t-test มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ ($p=0.0135$) โรงเรียนบ้านเทอดไทย ($p<0.001$) โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ ($p=0.0025$) และโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา ($p=0.0033$) โรงเรียนแก่งเสือเต้นมีคะแนนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (+2.42%) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากความแปรปรวนสูง

(3) ผลการประเมินรายโรงเรียน

ส่วนนี้นำเสนอผลการประเมินของนักเรียนแต่ละโรงเรียนอย่างละเอียด ประกอบด้วยตารางคะแนนรายบุคคล สถิติเชิงพรรณนา และผลการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ คะแนนทั้งหมดแสดงในรูปแบบร้อยละ (%) แปลงจากคะแนนดิบ 30 ข้อ จำแนกตามรายโรงเรียนและรายบุคคลได้ดังนี้

1. โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ภูมิภาค: ภาคใต้ | Pre-test: 36 คน | Post-test: 29 คน | คู่ข้อมูลครบ: 29 คน | ข้อสอบ 30 ข้อ 30 นาที

ตารางที่ 2 ผลคะแนนรายบุคคล (คะแนนร้อยละ)

หมายเหตุ: สีเขียว = คะแนนเพิ่มขึ้น | สีแดง = คะแนนลดลง | "ไม่มีข้อมูล" = ไม่ได้ทำแบบทดสอบ

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	ริฟฮาน ดาราแมง	43%	60%	+17%
2	ธนกฤต รักไทรทอง	46%	ไม่มีข้อมูล	-
3	ภูริภัสร์ นายธร	40%	37%	-3%
4	ฟาซอล วัฒนะ	10%	ไม่มีข้อมูล	-
5	อนิรุทธิ์ สุทธิการ	53%	ไม่มีข้อมูล	-
6	รฐนันท์ โอระพันธ์	26%	37%	+11%
7	ทินกร ตับกัน	43%	43%	0%
8	ชนาธิป จำนงฤทธิ์	20%	27%	+7%

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
9	ฟาฮัส ทรงนาศึก	40%	57%	+17%
10	ธิดารัตน์ ข้าวงาม	26%	ไม่มีข้อมูล	-
11	นาตาชา สะอุ	36%	30%	-6%
12	ณัฐกานต์ จันทรมณี	23%	37%	+14%
13	พิชญาภา หวันโส๊ะ	26%	33%	+7%
14	นิชนันท์ สุภาพ	40%	30%	-10%
15	ญาธนัญญ์ ดาราภัย	33%	33%	0%
16	อัลยา คงคาลิหมีน	43%	33%	-10%
17	อันดา อายุยืน	36%	47%	+11%
18	พิมดาว มะสัน	26%	47%	+21%
19	ซันวาณี ดาวดึง	20%	37%	+17%
20	จัสมิน สุทธิการ	36%	53%	+17%
21	จัสมีน อาแวหลง	36%	30%	-6%
22	นลินี หลีหลัง	40%	40%	0%
23	ศลิษา พิศประดิษฐ์	40%	23%	-17%
24	บุชรอ สุระพงค์	33%	40%	+7%
25	อัสนี ทัชระเบียบ	50%	33%	-17%
26	ลินญาดา ศรีลาล่อง	20%	33%	+13%
27	นารีญา มัสระซัน	30%	ไม่มีข้อมูล	-
28	ณัฐภัสสร สุรพรหม	26%	20%	-6%
29	ชาคริต บุญปาน	33%	ไม่มีข้อมูล	-

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
30	ธนากร รัตนถาวร	36%	ไม่มีข้อมูล	-
31	ซันซาบีน สายวารี	40%	63%	+23%
32	อัฟฟาน พาลิชัน	30%	43%	+13%
33	ฟิรฮานา ดิออน	16%	20%	+4%
34	อัษดาวุธ ตอท	16%	37%	+21%
35	ฟาฮาน่า โทสัน	20%	30%	+10%
36	ณิชพน พงศ์เสนา	23%	30%	+7%

ตารางที่ 3 ผลทดสอบก่อนและหลังอบรม

รายการ	**Pre-test**	**Post-test**
จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ (คน)	36	29
คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	32.08%	37.34%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (ร้อยละ)	10.30%	10.93%
คะแนนต่ำสุด (ร้อยละ)	10%	20%
คะแนนสูงสุด (ร้อยละ)	53%	63%

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (Paired Samples t-test)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 29 คน)	**ค่าสถิติ**
คะแนน Pre-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	31.76%
คะแนน Post-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	37.34%
ผลต่างเฉลี่ย (Post – Pre)	+5.59%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง S.D.diff	11.41%
ค่าสถิติ t (df = 28)	2.637
p-value (two-tailed)	0.0135 *
คะแนนเพิ่มขึ้น / เท่าเดิม / ลดลง (คน)	18 / 3 / 8

* p = 0.0135 * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 2 – 4 พบว่า นักเรียนโรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +5.59% จาก 31.76% เป็น 37.34% (N = 29 คน) มีนักเรียนที่คะแนนเพิ่มขึ้น 18 คน (62.1%) เท่าเดิม 3 คน และลดลง 8 คน ผล t(28) = 2.637, 0.0135 * มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จังหวัดลพบุรี

ภูมิภาค: ภาคกลาง | Pre-test: 34 คน | Post-test: 26 คน | คู่ข้อมูลครบ: 26 คน | ข้อสอบ 30 ข้อ 30 นาที

ตารางที่ 5 ผลคะแนนรายบุคคล (คะแนนร้อยละ)

หมายเหตุ: สีเขียว = คะแนนเพิ่มขึ้น | สีแดง = คะแนนลดลง | "ไม่มีข้อมูล" = ไม่ได้ทำแบบทดสอบ

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	ชนเนษฎ์ คำพฤกษ์	33%	33%	0%
2	ปิยะพร สุขีธรรม	33%	ไม่มีข้อมูล	-
3	วรนุช บุญญะหงษ์	16%	37%	+21%
4	เมย์ศินีย์ แจ้แจ้ง	30%	30%	0%
5	ฐานทัพ พิศพานต์	26%	7%	-19%
6	พรัทพร แก้วคูณนก	16%	40%	+24%
7	ชณัฐดา ป้อมศิลา	40%	23%	-17%
8	จิตติพัฒน์ บุญกรอน	16%	33%	+17%
9	เอมมิกา แพแสงจันทร์	36%	23%	-13%
10	พิชชาพร แก้วอินท์ชัย	33%	20%	-13%
11	รัฐภูมิ ขันเคลือบ	16%	ไม่มีข้อมูล	-
12	ธนชัย ธาทิพย์	40%	23%	-17%
13	คฑาวุฒิ กุลดี	26%	ไม่มีข้อมูล	-

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
14	ปลายธันวา แสงแก้ว	16%	27%	+11%
15	รัชตะ เดชา	20%	17%	-3%
16	ณัฐชา มีศิลป์	23%	33%	+10%
17	อนัญญา บุญล้วน	20%	30%	+10%
18	พัฒนพล ปรีแย้ม	26%	17%	-9%
19	ชัยวัฒน์ อารีเอื้อ	43%	20%	-23%
20	วรรณกร แสงสิทธิโยธิน	20%	23%	+3%
21	ฐณะวัฒน์ แสงจันทร์	30%	23%	-7%
22	นวัช บุญญานุรากูล	13%	30%	+17%
23	ชวัลวิทย์ ทองอินทร์พงษ์	13%	40%	+27%
24	นวรัฐ สนิทสนม	36%	17%	-19%
25	กิตติภพ ไทรชมภู	36%	57%	+21%
26	พรพรรณ วงษ์จิ๋ว	33%	ไม่มีข้อมูล	-
27	จุฑาทิพ สวนมะลิ	23%	20%	-3%
28	ฐิติมา จันทร์เทศ	26%	37%	+11%
29	นัชชนันท์ อินทร์สุรัน	36%	ไม่มีข้อมูล	-
30	พีรพัฒน์ สุขีธรรม	16%	ไม่มีข้อมูล	-
31	อภินัทธ์ แจ่มฟ้า	20%	40%	+20%
32	ธันวา ลานสมบัติ	16%	30%	+14%
33	ดาวพระศุกร์ คงเขียว	23%	ไม่มีข้อมูล	-
34	ปัทมพร ไชยดา	20%	ไม่มีข้อมูล	-

ตารางที่ 6 ผลทดสอบก่อนและหลังอบรม

รายการ	Pre-test	Post-test
จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ (คน)	34	26
คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	25.59%	28.08%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (ร้อยละ)	8.79%	10.29%
คะแนนต่ำสุด (ร้อยละ)	13%	7%
คะแนนสูงสุด (ร้อยละ)	43%	57%

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (Paired Samples t-test)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 26 คน)	ค่าสถิติ
คะแนน Pre-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	25.65%
คะแนน Post-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	28.08%
ผลต่างเฉลี่ย (Post – Pre)	+2.42%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง S.D.diff	15.46%
ค่าสถิติ t (df = 25)	0.799
p-value (two-tailed)	0.4317 (n.s.)
คะแนนเพิ่มขึ้น / เท่าเดิม / ลดลง (คน)	13 / 2 / 11

* p = 0.4317 (n.s.) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง พบว่า นักเรียนโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จังหวัดลพบุรี มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +2.42% แต่ผล t(25) = 0.799, 0.4317 (n.s.) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มสูง

3. โรงเรียนบ้านเทอดไทย จังหวัดเชียงราย

ภูมิภาค: ภาคเหนือ | Pre-test: 54 คน | Post-test: 41 คน | คู่ข้อมูลครบ: 41 คน | ข้อสอบ 30 ข้อ 30 นาที

ตารางที่ 8 ผลคะแนนรายบุคคล (คะแนนร้อยละ)

หมายเหตุ: สีเขียว = คะแนนเพิ่มขึ้น | สีแดง = คะแนนลดลง | "ไม่มีข้อมูล" = ไม่ได้ทำแบบทดสอบ

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	ณัฐวัตร จันต๊ะวงค์	43%	53%	+10%
2	ณัฐวุฒิ สชัยนันท์กุล	53%	77%	+24%
3	โมลี แซ่หลาว	33%	27%	-6%
4	ปัณณธร ใจพรม	30%	23%	-7%
5	กฤตนัย ไชยบุญเรือง	30%	30%	0%
6	สิทธิชาติ แดนนาเลิศ	36%	47%	+11%
7	อณิรุทธ์ กมลปราณี	46%	50%	+4%
8	กตัญญู แซ่ลี	33%	87%	+54%
9	นิวตี้ อาเจาะ	53%	87%	+34%
10	อภิสรา รินคำ	40%	80%	+40%
11	พิมนภา แซ่หลี	50%	70%	+20%
12	วราพร แซ่ลี	26%	77%	+51%
13	นัททิชา บังประภัย	53%	87%	+34%
14	อรพิณท์ รวีปัญญา	33%	87%	+54%
15	สุนิสา ลาหู่นะ	50%	20%	-30%
16	ธนัชพร ตุ้งจา	33%	90%	+57%
17	วรัญญา สินณรงค์	30%	63%	+33%
18	ปวีณ์นุช แซ่ว่าง	46%	83%	+37%
19	สุภาวิดา คำใส	16%	ไม่มีข้อมูล	-
20	นาดะ ลาหู่นะ	36%	ไม่มีข้อมูล	-
21	ดาวิกา คำจิ่ง	23%	ไม่มีข้อมูล	-

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
22	จันทกานต์ นามวงค์	20%	ไม่มีข้อมูล	-
23	วชิรญาณ แซ่จาง	23%	ไม่มีข้อมูล	-
24	ธิดารัตน์ ชัชวาลย์	30%	ไม่มีข้อมูล	-
25	นพดล กอบนิยม	30%	20%	-10%
26	ไคเสียน เฉิน	20%	27%	+7%
27	วสุพล ลายเฮิง	20%	23%	+3%
28	ศรราม วรรณิศานิชา	40%	33%	-7%
29	ชัยธวัช มุ้งหลง	23%	ไม่มีข้อมูล	-
30	อธิวิทย์ ยี่คำ	26%	20%	-6%
31	นราธิป เกียรติโชติธนาดล	43%	40%	-3%
32	บุณยกร ศรีมูลทา	20%	63%	+43%
33	สิทธิ์ธิกร ธาราศักดิ์สิทธิ์	40%	ไม่มีข้อมูล	-
34	ศุภณัฐ ปู่ใส่	43%	47%	+4%
35	สุกฤษฎ์ ใจวรรณ	30%	30%	0%
36	บุญสิงห์ สิงห์จาว	36%	40%	+4%
37	เต็มวศิน ลาหู่นะ	26%	40%	+14%
38	วิชัย จะหวะ	26%	ไม่มีข้อมูล	-
39	ลีฟู แสงสี่	26%	30%	+4%
40	ถาวร เมอแล	26%	ไม่มีข้อมูล	-
41	ณิชนันทน์ ช่างพรม	36%	67%	+31%
42	เมษา อ่วยยื่อ	36%	80%	+44%

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
43	อำพร มณีวรรณ	30%	47%	+17%
44	วราเมศ ทิพย์มณี	26%	10%	-16%
45	ราชินทร์ แซ่เจอว	50%	30%	-20%
46	รติกร นิยมทาม	23%	27%	+4%
47	ทวีวัท ลุงอิง	23%	23%	0%
48	บรรณกร กาคำ	26%	27%	+1%
49	ธีระเดช แซ่หลาว	20%	ไม่มีข้อมูล	-
50	โชติกา แซ่ซาง	20%	87%	+67%
51	สุชาดา แซ่จือ	16%	83%	+67%
52	นวลนภา วรากุล	20%	23%	+3%
53	บุญชู อุไรรุ่งโรจน์	23%	ไม่มีข้อมูล	-
54	จิรภิญญา มาเยอะ	20%	ไม่มีข้อมูล	-

ตารางที่ 9 ผลทดสอบก่อนและหลังอบรม

รายการ	Pre-test	Post-test
จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ (คน)	54	41
คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	31.67%	50.12%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (ร้อยละ)	10.45%	25.72%
คะแนนต่ำสุด (ร้อยละ)	16%	10%
คะแนนสูงสุด (ร้อยละ)	53%	90%

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (Paired Samples t-test)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 41 คน)	ค่าสถิติ
คะแนน Pre-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	33.76%
คะแนน Post-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	50.12%
ผลต่างเฉลี่ย (Post – Pre)	+16.37%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง S.D.diff	24.73%
ค่าสถิติ t (df = 40)	4.238
p-value (two-tailed)	< 0.001 ***
คะแนนเพิ่มขึ้น / เท่าเดิม / ลดลง (คน)	29 3 / 9

* p = < 0.001 *** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

จากตาราง พบว่า นักเรียนโรงเรียนบ้านเทอดไทย จังหวัดเชียงราย มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +16.37% จาก 33.76% เป็น 50.12% (N = 41 คน) มีนักเรียนที่คะแนนเพิ่มขึ้น 29 คน (70.7%) เท่าเดิม 3 คน และลดลง 9 คน ผล t(40) = 4.238, < 0.001 *** มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภูมิภาค: ภาคกลาง | Pre-test: 31 คน | Post-test: 28 คน | คู่ข้อมูลครบ: 28 คน | ข้อสอบ 30 ข้อ 30 นาที

ตารางที่ 11 ผลคะแนนรายบุคคล (คะแนนร้อยละ)

หมายเหตุ: สีเขียว = คะแนนเพิ่มขึ้น | สีแดง = คะแนนลดลง | "ไม่มีข้อมูล" = ไม่ได้ทำแบบทดสอบ

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	วรภรณ์ ขันธะสอน	33%	30%	-3%
2	กีรติสุดา ถูกอารมย์	16%	32%	+16%
3	ภิริญญา ปิ่นสุข	23%	39%	+16%
4	สุนิสา ศรีคราม	33%	52%	+19%

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
5	ชลณัฐ วงศ์หาญ	23%	16%	-7%
6	จันทร์ฉาย เฟื่องฟู	33%	26%	-7%
7	วรัญญา โพธิเสน	23%	42%	+19%
8	ชุติมา ธรรมจินดา	33%	51%	+18%
9	ไพรินทร์ ห่วงแก้วพราย	23%	23%	0%
10	ณัฐการ อินทรนัส	20%	20%	0%
11	ภัทรเกส ภาศักดี	46%	53%	+7%
12	อนาวิน บำรุงถิ่น	33%	28%	-5%
13	ภาคินัย มณีนัย	40%	35%	-5%
14	ภูวารี งามสมชาติ	20%	18%	-2%
15	นันทวัฒน์ น้ำทิพย์	26%	33%	+7%
16	เมลดา สุทธิประเสริฐ	26%	ไม่มีข้อมูล	-
17	อัลนาส วงศ์หาญ	33%	27%	-6%
18	พิพัฒน์พงษ์ คุ้มชาติ	33%	33%	0%
19	สนธยา จี้ประดับ	23%	30%	+7%
20	ณัฐดนัย แก้วแหวน	43%	54%	+11%
21	ธีรพล ยะถา	43%	52%	+9%
22	นะอีม ขันธสิทธิ์	30%	43%	+13%
23	ณัฐพล ผูกฤทธิ์	23%	20%	-3%
24	อนุชิต แสงจันทร์	33%	ไม่มีข้อมูล	-
25	สรันรัตน์ บุรีราช	26%	26%	0%

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
26	เจนจิรา คุ้มทอง	26%	34%	+8%
27	มนิสรา วงศ์ศีดา	30%	43%	+13%
28	นฤมล ทองแม้น	23%	ไม่มีข้อมูล	-
29	อภิรมย์ฤดี ขันธะสอน	23%	39%	+16%
30	รุ่งทิวา ทัศนา	30%	30%	0%
31	เพชรรุ้ง สมานเขต	27%	45%	+18%

ตารางที่ 12 ผลทดสอบก่อนและหลังอบรม

รายการ	Pre-test	Post-test
จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ (คน)	31	28
คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	28.94%	34.79%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (ร้อยละ)	7.28%	11.29%
คะแนนต่ำสุด (ร้อยละ)	16%	16%
คะแนนสูงสุด (ร้อยละ)	46%	54%

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (Paired Samples t-test)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 28 คน)	ค่าสถิติ
คะแนน Pre-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	29.11%
คะแนน Post-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	34.79%
ผลต่างเฉลี่ย (Post – Pre)	+5.68%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง S.D.diff	9.01%
ค่าสถิติ t (df = 27)	3.335
p-value (two-tailed)	0.0025 **

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 28 คน)	ค่าสถิติ
คะแนนเพิ่มขึ้น / เท่าเดิม / ลดลง (คน)	15 / 5 / 8

* p = 0.0025 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

จากตาราง พบว่า นักเรียนโรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +5.68% จาก 29.11% เป็น 34.79% (N = 28 คน) มีนักเรียนที่คะแนนเพิ่มขึ้น 15 คน (53.6%) เท่าเดิม 5 คน และลดลง 8 คน ผล t(27) = 3.335, 0.0025 ** มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา จังหวัดหนองคาย

ภูมิภาค: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | Pre-test: 31 คน | Post-test: 28 คน | คู่ข้อมูลครบ: 28 คน | ข้อสอบ 30 ข้อ 30 นาที

ตารางที่ 14 ผลคะแนนรายบุคคล (คะแนนร้อยละ)

หมายเหตุ: สีเขียว = คะแนนเพิ่มขึ้น | สีแดง = คะแนนลดลง | "ไม่มีข้อมูล" = ไม่ได้ทำแบบทดสอบ

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
1	มนัสพร โสภารัตน์	23%	18%	-5%
2	นราธิป ปราบพาล	33%	ไม่มีข้อมูล	-
3	ณัฐพงศ์ รัตนติสร้อย	16%	ไม่มีข้อมูล	-
4	ธนพล พูนเพิ่ม	30%	35%	+5%
5	ชนัญญา คำเงาะ	33%	40%	+7%
6	อุมาพร ปานมีศรี	26%	26%	0%
7	ปิยะพร ถิ่นมะนาว	30%	44%	+14%
8	กัญญาพัชร มะลิวัลย์	23%	42%	+19%
9	เกศรินทร์ มาศขาว	36%	47%	+11%
10	วสันต์ จันทะโพรี	43%	43%	0%

ลำดับ	ชื่อ - สกุล	Pre-test (ร้อยละ)	Post-test (ร้อยละ)	ผลต่าง (ร้อยละ)
11	ณัฐวุฒิ ปะวะเสนัง	26%	35%	+9%
12	ณัฐพงศ์ พุฒเขียว	6%	6%	0%
13	ณัฐพล ผลจันทร์	36%	33%	-3%
14	วีระพงษ์ ไชยจันทร์	33%	28%	-5%
15	อภิญญา พิมลพร	23%	31%	+8%
16	พรนัชชา กิจตะสา	40%	53%	+13%
17	ธันวา คำเงาะ	36%	31%	-5%
18	สกาวใจ รัตนวงศ์	26%	24%	-2%
19	วะรินญา คูณป้อง	33%	ไม่มีข้อมูล	-
20	ศรายุธ เสมอพิทักษ์	20%	26%	+6%
21	กิติพงศ์ นาบำรุง	40%	38%	-2%
22	คณิสร พิมลพร	36%	57%	+21%
23	เจษฎา ผาทอง	20%	37%	+17%
24	ธีรัตน์ แก้วอุ่น	23%	35%	+12%
25	ปรัชญา ใจขาน	16%	31%	+15%
26	วงศกร แสงจันทร์	26%	40%	+14%
27	อภิชัย ปานมีศรี	13%	8%	-5%
28	สุวิทย์ จำปามี	26%	31%	+5%
29	ศุภชัย มังสา	16%	16%	0%
30	ศักดิ์ดา สวาทวงศ์	30%	23%	-7%
31	ณัฐวุฒิ ดุลย์สุข	33%	33%	0%

ตารางที่ 15 ผลทดสอบก่อนและหลังอบรม

รายการ	Pre-test	Post-test
จำนวนนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ (คน)	31	28
คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ)	27.45%	32.54%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. (ร้อยละ)	8.73%	11.87%
คะแนนต่ำสุด (ร้อยละ)	6%	6%
คะแนนสูงสุด (ร้อยละ)	43%	57%

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (Paired Samples t-test)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคู่ (N = 28 คน)	ค่าสถิติ
คะแนน Pre-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	27.46%
คะแนน Post-test เฉลี่ย (เฉพาะคู่ครบ)	32.54%
ผลต่างเฉลี่ย (Post – Pre)	+5.07%
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง S.D.diff	8.32%
ค่าสถิติ t (df = 27)	3.226
p-value (two-tailed)	0.0033 **
คะแนนเพิ่มขึ้น / เท่าเดิม / ลดลง (คน)	15 / 5 / 8

* p = 0.0033 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ

จากตาราง พบว่า นักเรียนโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา จังหวัดหนองคาย มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +5.07% จาก 27.46% เป็น 32.54% (N = 28 คน) มีนักเรียนที่คะแนนเพิ่มขึ้น 15 คน (53.6%) เท่าเดิม 5 คน และลดลง 8 คน ผล t(27) = 3.226, 0.0033 ** มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนในระดับภาพรวม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลนักเรียนจากทั้ง 5 โรงเรียน พบพัฒนาการที่ชัดเจนดังนี้

- คะแนนเฉลี่ยรวม นักเรียนที่ทำแบบทดสอบก่อนเรียน (N=186) มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.48% ขณะที่นักเรียนที่มีข้อมูลหลังเรียน (N=152) มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 37.85%
- ส่วนต่างพัฒนาการ ภาพรวมมีผลต่างคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น +8.37% หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.4 จากฐานคะแนนเดิม
- นัยสำคัญทางสถิติ ในภาพรวม 4 จาก 5 โรงเรียน มีผลการทดสอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าโครงการสามารถยกระดับความรู้ของผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

2.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างในระดับรายโรงเรียน

เมื่อพิจารณาแยกตามบริบทของแต่ละโรงเรียน พบผลลัพธ์เชิงสถิติที่น่าสนใจดังนี้

1. **โรงเรียนบ้านเทอดไทย (เชียงราย)** มีพัฒนาการโดดเด่นที่สุด โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 33.76% เป็น 50.12% (ส่วนต่าง +16.37%) มีนัยสำคัญทางสถิติสูงที่สุด ($p < 0.001$)
2. **โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ (อยุธยา)** คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 29.11% เป็น 34.79% (ส่วนต่าง +5.68%) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p = 0.0025$)
3. **โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ (นครศรีธรรมราช)** คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 31.76% เป็น 37.34% (ส่วนต่าง +5.59%) มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0135$)
4. **โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา (หนองคาย)** คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 27.46% เป็น 32.54% (ส่วนต่าง +5.07%) มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0033$)
5. **โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น (ลพบุรี)** คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย +2.42% แต่ ไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ (n.s.) เนื่องจากมีความแปรปรวนของคะแนนในกลุ่มสูง ($p = 0.4317$)

2.4 การวิเคราะห์ในระดับรายบุคคล

จากการวิเคราะห์ฐานข้อมูลรายบุคคลจำนวน 152 ราย พบตัวอย่างนักเรียนที่มีพัฒนาการก้าวกระโดด (High Gainers) ที่น่าสนใจดังนี้

- โรงเรียนบ้านเทอดไทย โชติกา แซ่ซาง และ สุชาดา แซ่จือ มีคะแนนเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง +67% ตามด้วย ธนัชพร ตุ้งจา (+57%) และ กตัญญู แซ่ลี (+54%)
- โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมฯ ซันซาบีน สายวารี มีพัฒนาการเพิ่มขึ้น +23%
- โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น ชวัลวิทย์ ทองอินทร์พงษ์ เพิ่มขึ้น +27% และ กิตติภพ ไทรชมภู เพิ่มขึ้น +21%
- โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ สุนิสา ศรีคราม และ วรัญญา โพธิเสน มีพัฒนาการเพิ่มขึ้น +19%

- โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา คณิสร พิมลพร มีคะแนนเพิ่มขึ้น +21%

ข้อสังเกต แม้นักเรียนส่วนใหญ่จะมีคะแนนเพิ่มขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางรายที่มีคะแนนลดลง (เช่น สุนิสา ลาหู่นะ -30% ที่เชียงราย) ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยเรื่องความซับซ้อนของเนื้อหาในช่วงหลัง หรือความตื่นเต้นระหว่างการทดสอบ อย่างไรก็ตาม พัฒนาการโดยรวมของนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงเป็นไปในทิศทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ

2.5. การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบทฤษฎีและทักษะปฏิบัติรายโรงเรียน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเปรียบเทียบระหว่าง คะแนนสอบทฤษฎี (Post-test) และ คะแนนทักษะปฏิบัติ (Workshop 3) ของนักเรียนทั้ง 5 โรงเรียน พบความแตกต่างที่น่าสนใจอย่างยิ่ง โดยภาพรวมนักเรียนทุกแห่งมีทักษะการปฏิบัติที่โดดเด่นกว่าความรู้เชิงทฤษฎีอย่างชัดเจน ดังรายละเอียดจำแนกตามรายโรงเรียนดังนี้

1. **โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น (ส่วนต่างสูงสุด)**
    - **คะแนนทฤษฎี** มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำที่สุดในโครงการคือ 28.08% และไม่พบนัยสำคัญทางสถิติในการพัฒนาทฤษฎีเนื่องจากความแปรปรวนสูง
    - **ทักษะปฏิบัติ** กลับทำคะแนนได้ดีเยี่ยมใน Workshop 3 โดยเฉพาะภารกิจการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง (18.32/20) และคะแนนจากวิทยากร (19.03/25) ซึ่งอยู่ในระดับ "ดีมาก"
    - **วิเคราะห์** ครูระบุว่าโครงการนี้ช่วยเปลี่ยนจาก "หลักการ" สู่ "การลงมือทำจริง" ทำให้นักเรียนที่เคยขาดเรียนบ่อยกลับมาเรียนทุกวันเพราะค้นพบทักษะที่ตนถนัด แม้จะยังติดขัดเรื่องการคำนวณมุมเลี้ยวเชิงทฤษฎี
2. **โรงเรียนบ้านเทอดไทย (เป็นเลิศทั้งสองด้าน)**
    - คะแนนทฤษฎี มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุดในบรรดา 5 โรงเรียนคือ 50.12% และมีพัฒนาการก้าวกระโดดถึง +16.37%
    - ทักษะปฏิบัติ ครองอันดับ 1 ในทุกภารกิจปฏิบัติ เช่น การเดินตามเส้น (18.77/20) และคะแนนวิทยากร (20.26/25)
    - วิเคราะห์ ความพร้อมด้านอุปกรณ์ (คอมพิวเตอร์พกพาครบคน) และการมีครูเฉพาะทางช่วยให้นักเรียนก้าวข้ามอุปสรรคภาษาอังกฤษไปสู่การเข้าใจตรรกะคำสั่งได้ทั้งในกระดาษสอบและบนสนามจริง
3. **โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ (โดดเด่นด้านการควบคุม)**
    - คะแนนทฤษฎี คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนอยู่ที่ 37.34% โดยมีพัฒนาการที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (+5.59%)

- ทักษะปฏิบัติ ทำได้ "ดีมาก" ในภารกิจการเคลื่อนที่ (Block A และ B) ได้คะแนนเฉลี่ยสูงถึง 16.94 และ 17.44 ตามลำดับ แต่จะลดลงในภารกิจจัดการสิ่งกีดขวาง (Block F) ที่เหลือ 11.44
- วิเคราะห์ ผู้เรียนมีแรงจูงใจสูงในการลงมือทำ (Hands-on) แต่เผชิญปัญหาอุปกรณ์ไม่เพียงพอ (1:8) ทำให้การเรียนรู้ทฤษฎีเชิงลึกและการลองผิดลองถูกในภารกิจยาก ๆ ทำได้ไม่ทั่วถึง

4. **โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ (เน้นตรรกะแต่ปฏิบัติยังต้องพัฒนา)**
   - คะแนนทฤษฎี มีคะแนนเฉลี่ย 34.79% และมีอัตราพัฒนาการจากการประเมินตนเองสูงที่สุด (8.31%)
   - ทักษะปฏิบัติ ทำคะแนนภารกิจหยิบของ (Block A) ได้ 15.52 และภารกิจจัดการสิ่งกีดขวาง (Block F) ได้ 11.29 ซึ่งแม้จะอยู่ในเกณฑ์ดีแต่ถือว่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับโรงเรียนอื่น
   - วิเคราะห์ นักเรียนมีความเข้าใจตรรกะพื้นฐานดี (เรียน Python เบื้องต้นมาบ้าง) แต่การลงมือปฏิบัติในสนาม Smart Factory ยังมีช่องว่างในการพัฒนาเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีผลงานระดับสูงกว่า
5. **โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา (สมดุลในงานยาก)**
   - คะแนนทฤษฎี คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนอยู่ที่ 32.54% โดยมีพื้นฐานก่อนเรียนค่อนข้างดีอยู่แล้ว
   - ทักษะปฏิบัติ โดดเด่นมากในภารกิจที่ซับซ้อนอย่าง "การจัดการสิ่งกีดขวาง" (Block F) ได้คะแนนสูงถึง 17.50 เทียบเท่าโรงเรียนบ้านเทอดไทย
   - วิเคราะห์ ครูประเมินว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักการคำนวณเข้ากับกลไกในชีวิตประจำวันได้ชัดเจน ทำให้ทำภารกิจเชิงวิศวกรรมได้ดีกว่าที่สะท้อนออกมาในแบบทดสอบ

กล่าวโดยสรุป ช่องว่างระหว่างทฤษฎี (37.85%) และปฏิบัติ (เฉลี่ย 15-18 คะแนนจาก 20) สะท้อนว่ารูปแบบการวัดผลแบบ Performance-Based Assessment (50%) ในโครงการนี้มีความสำคัญมาก เพราะหากวัดผลด้วยข้อเขียนเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถสะท้อนศักยภาพที่แท้จริงของเยาวชนในชนบทได้ เนื่องจากเด็กกลุ่มนี้มักมีปัญหาเรื่องอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษและไวยากรณ์โค้ด แต่มีทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและการคิดเชิงระบบผ่านการลงมือปฏิบัติที่ยอดเยี่ยม

2.6. ผลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนประเมินตนเองกับคะแนนสอบจริง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบระหว่าง คะแนนการประเมินตนเอง (Self-Assessment) ซึ่งเป็นการวัดการรับรู้ความสามารถของตนเอง และ คะแนนสอบจริง (Pre-test/Post-test) ซึ่งเป็นคะแนนความรู้เชิงวิชาการ พบความแตกต่างที่น่าสนใจในหลายมิติ ดังนี้

1) ความแตกต่างเชิงระดับ: การรับรู้ (Perception) เทียบกับ ความรู้จริง (Knowledge)

- **คะแนนประเมินตนเอง** นักเรียนในทุกโรงเรียนประเมินความสามารถตนเองทั้งก่อนและหลังเรียนอยู่ในระดับ "เห็นด้วย" (ค่าเฉลี่ย 3.56–4.04 จาก 5 คะแนน) ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนมีความมั่นใจในทักษะการทำงานร่วมกับเพื่อน การแก้ปัญหา และความตั้งใจเรียนในระดับที่ค่อนข้างสูง
- **คะแนนสอบจริง** ในทางกลับกัน คะแนนทดสอบความรู้จริงกลับอยู่ในระดับที่ ค่อนข้างต่ำ โดยคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทั้ง 5 โรงเรียนอยู่ที่เพียง 29.48% และหลังเรียนเพิ่มเป็น 37.85%
- **ข้อสังเกต** สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีความมั่นใจในทักษะเชิงปฏิบัติ (Soft Skills) และทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้สูงกว่าความรู้ความเข้าใจในเชิงทฤษฎีและตรรกะการเขียนโปรแกรมที่เป็นข้อความ (Text-based programming) อย่างชัดเจน

2) เปรียบเทียบอัตราการพัฒนา (Growth Rate)

เมื่อพิจารณา "ร้อยละการพัฒนา" พบว่าตัวเลขจากทั้งสองมาตรวัดมีทิศทางที่แตกต่างกันในบางโรงเรียน ดังนี้

- **โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์** มีความสอดคล้องสูงสุด โดยมี อัตราการพัฒนาจากการประเมินตนเองสูงที่สุด (8.31%) และมี ผลต่างคะแนนสอบจริงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (+5.68%)
- **โรงเรียนบ้านเทอดไทย** พบความแตกต่างที่น่าสนใจมาก คือนักเรียนประเมินตนเองว่าพัฒนาขึ้นเพียง 4.22% แต่ในความเป็นจริงกลับมี ผลก้าวกระโดดของคะแนนสอบจริงสูงที่สุดถึง +16.37% สะท้อนว่านักเรียนโรงเรียนนี้อาจประเมินตนเองอย่างถ่อมตัว (Underestimate) เมื่อเทียบกับศักยภาพที่แท้จริง
- **โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา** มีคะแนน ประเมินตนเองก่อนเรียนสูงที่สุด (3.85) แต่กลับมีอัตราการพัฒนาจากการประเมินตนเองต่ำที่สุด (1.30%) และคะแนนสอบจริงเพิ่มขึ้นเพียง +5.07%

3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อมั่นและผลลัพธ์เชิงปฏิบัติ

แม้คะแนนสอบจริง (ทฤษฎี) จะไม่สูงนัก แต่นักเรียนที่มีคะแนนประเมินตนเองในระดับ "เห็นด้วย" (3.5+) กลับสามารถทำคะแนน Workshop 3 (ภาคปฏิบัติ) ได้ดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยในภารกิจต่าง ๆ อยู่ในช่วง 15–18 คะแนน จากเต็ม 20 คะแนน

- สิ่งนี้สะท้อนว่า ความมั่นใจและการรับรู้ความสามารถตนเอง (Self-efficacy) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ทักษะการปฏิบัติงานจริง มากกว่าคะแนนสอบข้อเขียน
- นักเรียนอาจจะยังติดขัดด้านภาษาอังกฤษหรือนิยามเชิงทฤษฎีในข้อสอบ แต่มีความเข้าใจในตรรกะการสั่งงานหุ่นยนต์ผ่านการลงมือทำจริง (Hands-on)

สรุปภาพรวมการเปรียบเทียบ

มิติการเปรียบเทียบ	**คะแนนประเมินตนเอง (ความรู้สึก)**	**คะแนนสอบจริง (ความรู้ทฤษฎี)**
ระดับคะแนนเฉลี่ย	สูง (70-80% ของมาตรวัด)	ต่ำถึงปานกลาง (30-50%)
โรงเรียนที่พัฒนาสูงสุด	วัดพุทไธศวรรย์ (+8.31%)	บ้านเทอดไทย (+16.37%)
ความสะท้อนถึงทักษะ	สะท้อนทัศนคติและการทำงานเป็นทีม	สะท้อนตรรกะและไวยากรณ์การเขียนโค้ด
ความสอดคล้อง	สอดคล้องกับผลงานใน Workshop	ไม่สอดคล้องกับผลงานภาคปฏิบัติในบางกรณี

จากตาราง พบว่า การที่คะแนนสอบจริงต่ำกว่าความรู้สึกตนเอง เป็นเรื่องปกติในวิชาที่ซับซ้อนอย่างหุ่นยนต์ แต่คะแนนประเมินตนเองที่สูง เป็นปัจจัยบวกที่ช่วยลดความท้อถอย (Motivation) และส่งผลให้นักเรียนร้อยละ 81.82 สามารถผ่านเกณฑ์การประเมินรวม (ที่รวมคะแนนปฏิบัติ 70%) ได้สำเร็จ

2.7 ผลเปรียบเทียบความพร้อมของโรงเรียนรัฐบาลและโรงเรียนเอกชนในโครงการ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับความพร้อมระหว่าง**โรงเรียนเอกชน** (โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ ซึ่งเป็นโรงเรียนการกุศล) และ**โรงเรียนรัฐบาล** (อีก 4 แห่งในโครงการ) พบประเด็นความแตกต่างที่น่าสนใจในมิติต่าง ๆ ดังนี้

1) ภาพรวมคะแนนความพร้อม (Readiness Score)

- **โรงเรียนเอกชน โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ** มีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ **2.88** ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางและสูงเป็นอันดับ 3 จาก 5 โรงเรียน
- **โรงเรียนรัฐบาล** มีช่วงคะแนนที่หลากหลายตั้งแต่ **2.54 ถึง 3.08** โดยโรงเรียนรัฐบาลขนาดใหญ่อย่าง**โรงเรียนบ้านเทอดไทย (3.08)** และ**โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ (3.04)** มีความพร้อมในภาพรวมสูงกว่าโรงเรียนเอกชนในโครงการ

2) ด้านการสนับสนุนจากผู้บริหาร (Administrator Support)

นี่คือจุดแข็งที่สุดของโรงเรียนเอกชนในโครงการนี้

- **โรงเรียนเอกชน** ได้รับคะแนนสูงสุดในด้านนี้คือ **3.67** เนื่องจากผู้บริหารมีวิสัยทัศน์ชัดเจนในการพัฒนาสู่หลักสูตรฐานสมรรถนะและกระตือรือร้นในการสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก
- **โรงเรียนรัฐบาล** ส่วนใหญ่มีการสนับสนุนในลักษณะ "เชิงรับ" หรือเป็นรายกรณีมากกว่า โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง **2.67 ถึง 3.33**

3) ด้านกายภาพและโครงสร้างพื้นฐาน (Physical Resources)

ในมิตินี้ โรงเรียนรัฐบาลขนาดใหญ่มีความได้เปรียบมากกว่า

- **โรงเรียนรัฐบาล โรงเรียนบ้านเทอดไทย** มีความพร้อมสูงสุด (**2.83**) เนื่องจากมีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่พร้อมรองรับการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง
- **โรงเรียนเอกชน** ได้คะแนนด้านนี้เพียง **2.17** เนื่องจากเป็นโรงเรียนการกุศลที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ ทำให้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ไม่เพียงพอต่อจำนวนนักเรียนที่มีจำนวนมาก (ประมาณ 2,300 คน)

4) ด้านบุคลากรและหลักสูตร (Personnel & Curriculum)

- **โรงเรียนรัฐบาล โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์** โดดเด่นที่สุดด้วยคะแนน **3.50** เนื่องจากมีครูที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านการเขียนโปรแกรม Python โดยตรง
- **โรงเรียนเอกชน** ได้คะแนน **2.50** โดยการจัดการเรียนรู้ยังเน้นการบูรณาการในวิชาอื่นและอาศัยการจ้างวิทยากรภายนอกมาช่วยในบางโอกาส เนื่องจากครูประจำที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางยังมีจำกัด

5) ด้านความพร้อมของนักเรียน (Student Readiness)

- นักเรียนจากทั้งสองประเภทมีพื้นฐานในระดับใกล้เคียงกัน โดยโรงเรียนรัฐบาล (บ้านเทอดไทยและวัดพุทไธศวรรย์) มีคะแนนนำเล็กน้อยที่ **3.33** ขณะที่โรงเรียนเอกชนอยู่ที่ **3.17** ซึ่งสะท้อนว่านักเรียนในชนบทไม่ว่าสังกัดใด ต่างมีความสนใจและกระตือรือร้นต่อการเรียนรู้หุ่นยนต์ในระดับสูง

เมื่อกล่าวโดยสรุปเชิงเปรียบเทียบ จะพบว่า **โรงเรียนเอกชน (การกุศล)** โดดเด่นอย่างมากในเรื่อง **วิสัยทัศน์และการสนับสนุนจากผู้บริหาร** แต่เผชิญข้อจำกัดใหญ่ด้าน**งบประมาณและจำนวนอุปกรณ์**ต่อสัดส่วนนักเรียน ในขณะที่**โรงเรียนรัฐบาล**มีความพร้อมที่เหลื่อมล้ำกันเองตามขนาดโรงเรียน โดยโรงเรียนรัฐบาลขนาดใหญ่จะมีความพร้อมด้าน**บุคลากรเฉพาะทางและอุปกรณ์**ที่เหนือกว่าอย่างเห็นได้ชัด

2.8 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์เชิงปฏิบัติ (Workshop 3 Smart Factory)

โดยพิจารณาจากผลการทดสอบใน Workshop 3 ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดสมรรถนะเชิงปฏิบัติที่สำคัญที่สุด แสดงให้เห็นถึงความเหลื่อมล้ำของทักษะในบางภารกิจที่ซับซ้อน

โรงเรียน	ภารกิจ A (หยิบวาง)	ภารกิจ B (เดินตามเส้น)	ภารกิจ F (จัดการสิ่งกีดขวาง)	คะแนนวิทยากร
บ้านเทอดไทย	**18.15**	**18.77**	**17.59**	**20.26**
ชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น	17.53	18.32	16.00	19.03
หาดคำบอนวัฒนา	16.86	16.71	**17.50**	16.00
มุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ	16.94	17.44	11.44	19.00
วัดพุทไธศวรรย์	15.52	17.94	11.29	16.77

จากตารางผลการวิเคราะห์ พบว่า

- **สัมฤทธิผลในภาพรวม** มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ทั้งสิ้น 135 คน จาก 165 คน คิดเป็นร้อยละ 81.82
- ผลการวิเคราะห์รายโรงเรียน
  1. **โรงเรียนบ้านเทอดไทย** (เชียงราย) มีอัตราการผ่านสูงสุดถึง ร้อยละ 97 (ผ่าน 38 จาก 39 คน)
  2. **โรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา** (หนองคาย) มีอัตราการผ่าน ร้อยละ 86 และมีคะแนนพื้นฐานก่อนเรียน (Pre-assessment) สูงที่สุดที่ 3.85
  3. **โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์** (อยุธยา) แม้อัตราการผ่านอยู่ที่ร้อยละ 77 แต่มี อัตราพัฒนาการสูงที่สุดที่ร้อยละ 8.31
  4. **โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ** (นครศรีธรรมราช) มีอัตราการผ่านร้อยละ 75 และโดดเด่นในภารกิจ Workshop 3 Block B (การเดินตามเส้น) ที่คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ "ดีมาก" (17.44 เต็ม 20)
  5. **โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น** (ลพบุรี) มีอัตราการผ่านร้อยละ 71 โดยพบว่านักเรียนมีความตั้งใจและระเบียบวินัยสูงขึ้นอย่างชัดเจน
- **การประเมินจากครูผู้สอน** ครูทั้ง 5 โรงเรียนมีความพึงพอใจในระดับ "ดีมาก" โดยมีคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.44 - 4.88 เต็ม 5.00

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถสรุปประเด็นสำคัญของปัจจัยความสำเร็จที่ส่งผลสัมฤทธิ์ต่อการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับมัธยมต้นของไทยได้ ดังนี้

การวิจัยพบว่า ปัจจัยแห่งความสำเร็จ (Success Factors) ในการสร้างทักษะดิจิทัลคุณภาพสูงภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด ประกอบด้วยปัจจัยนำเข้าที่สำคัญคือ แพลตฟอร์มออนไลน์ที่ยืดหยุ่น การจัดสรรอุปกรณ์หุ่นยนต์ในสัดส่วนที่เหมาะสม (1:3-5 คน) และการมีครูผู้อำนวยความสะดวกที่ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงสมรรถนะ 3 ระยะ คือ 1) การเตรียมความพร้อมออนไลน์ที่เน้นตรรกะเพื่อลดอุปสรรคทางภาษา 2) การฝึกปฏิบัติเชิงรุก (Active Learning) ผ่านเวิร์กชอป และ 3) การแก้โจทย์ปัญหาท้าทายในชีวิตจริง ซึ่งกระบวนการแบบผสมผสาน (Hybrid & Hands-on) นี้ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้นและสร้างความมั่นใจในการลงมือทำ

ผลสัมฤทธิ์ของโครงการพิสูจน์ให้เห็นว่าสมมติฐานการวิจัยเป็นจริง โดยผู้เรียนมีทักษะการเขียนโปรแกรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีอัตราการสอบผ่านเกณฑ์สูงถึงร้อยละ 92 ของผู้เข้าร่วมทั้งหมด นอกจากคะแนนสอบที่เพิ่มขึ้นแล้ว งานวิจัยยังพบว่าผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Advanced Problem Solving) และการทำงานเป็นทีมได้ดีขึ้นอย่างชัดเจน ผ่านการทำภารกิจที่ไม่มีในบทเรียน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสามารถระดับสูงที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรและการจัดการอบรมที่ออกแบบมาอย่างเหมาะสม

ในมิติด้านทัศนคติและโอกาสในอนาคต โครงการนี้สามารถสร้างแรงจูงใจและวิสัยทัศน์ในอาชีพ (Career Vision) โดยนักเรียนมีความสนุกและท้าทายกับการเรียนรู้ด้าน STEM มากขึ้น และมองเห็นแนวทางการประยุกต์ใช้ทักษะดิจิทัลกับอาชีพในอนาคตได้อย่างชัดเจน ผลสรุปจากการวิจัยนี้จึงถือเป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) และเป็นรากฐานสำคัญในการยกระดับทักษะเทคโนโลยีอื่น ๆ ให้กับเด็กไทยในชนบทเพื่อลดช่องว่างทางการศึกษาและเตรียมความพร้อมสู่การเป็นแรงงานที่มีสมรรถนะสูงในศตวรรษที่ 21 ต่อไปอย่างยั่งยืน

2. สรุปผลวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยที่สอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย

1. บทนำและกรอบการสรุปผล

เนื้อหาในส่วนนี้ มุ่งวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยที่สอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ในตอนต้น โดยใช้ข้อมูลจากบทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยเพื่อบรรลุผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิเคราะห์ที่ผ่านมา

วัตถุประสงค์ของโครงการคือ (ข้อ 4) เพื่อระบุปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะในด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยเขตชนบทต่อไปในอนาคต

กรอบการวิเคราะห์ในรายงานนี้เชื่อมโยงกับสมมติฐานงานวิจัยที่กำหนดไว้ว่า โครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาหลักสูตร แพลตฟอร์มการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะ รวมถึงการจัดการอบรมออนไลน์และการฝึกเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่เหมาะสม จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรมที่ทำให้เยาวชนกลุ่มเป้าหมายสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทสรุปผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงแบ่งออกเป็น

-สรุปผลการวิเคราะห์กระบวนการสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ

-สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่มีต่อความสำเร็จของโครงการ

-สรุปผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐานการวิจัย

2. สรุปผลการวิเคราะห์กระบวนการสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของโครงการ

โครงการนี้ประสบความสำเร็จในการสร้างทักษะดิจิทัลผ่านโครงสร้างการวิจัยที่ร้อยเรียงกันอย่างเป็นระบบ โดยสามารถแบ่งความเชื่อมโยงได้เป็น 3 ระยะหลัก ดังนี้

(1) ระยะต้นน้ำ: การกำหนดฐานสมรรถนะและการออกแบบ (Input & Design)

- **การวิเคราะห์สมรรถนะ (Functional Competency):** ความสำเร็จเริ่มต้นจากการระบุ "หน่วยสมรรถนะ" ที่ตลาดแรงงานต้องการจริง แล้วจึงนำมาออกแบบเป็น **หลักสูตรต้นแบบ** * **การออกแบบที่เน้นผู้เรียน:** การใช้สื่อ Graphic Animation สั้น (ไม่เกิน 3 นาที) เป็นกลยุทธ์สำคัญที่ควบคุม "ตัวแปรแทรกซ้อน" ด้านความสนใจของเด็กมัธยมต้น ทำให้เนื้อหาที่ยากกลายเป็นเรื่องที่เข้าใจง่ายและเข้าถึงได้

(2) ระยะกลางน้ำ: กระบวนการถ่ายทอดทักษะแบบผสมผสาน (Process & Hybrid Training)

- **แพลตฟอร์มออนไลน์ (ตัวแปรต้น):** เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างความเท่าเทียม (Low-Resource) ช่วยให้เด็กในพื้นที่ห่างไกลเข้าถึงการอบรมได้ในวงกว้าง
- **การอบรมเชิงปฏิบัติ (Workshop):** เป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่ทำให้เกิด "ทักษะทางกายภาพ" และ "การคิดวิเคราะห์" ซึ่งเป็นการพิสูจน์สมมติฐานว่าความรู้ทฤษฎีจากออนไลน์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ แต่ต้องได้รับการเติมเต็มด้วยการลงมือทำจริงเพื่อให้เกิดสมรรถนะที่สมบูรณ์

(3) ระยะปลายน้ำ: การวัดผลสัมฤทธิ์เชิงประจักษ์ (Output & Evaluation)

- **การวัดผลตามสภาพจริง (Evidence-based Assessment):** โครงการไม่ได้วัดแค่คะแนนสอบ แต่ใช้ "หลักฐานการปฏิบัติงาน" (เช่น หุ่นยนต์ทำภารกิจสำเร็จ) เป็นตัวบ่งชี้ **ผลสัมฤทธิ์ (ตัวแปรตาม)**
ความสำเร็จเชิงนโยบาย: ผลลัพธ์ที่เยาวชนร้อยละ 81.82 ผ่านเกณฑ์ เป็นเครื่องยืนยันว่า "กรอบการวิจัย" นี้สามารถใช้เป็นแนวทาง (Blueprint) ในการพัฒนาทักษะเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยในชนบทได้อย่างยั่งยืน

3. สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่มีต่อความสำเร็จ (Success Factors**) ของโครงการ**

เมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 ของการวิจัย เพื่อระบุปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะในด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยเขตชนบทต่อไปในอนาคต

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนมัธยมต้นประสบความสำเร็จอย่างมีคุณภาพ ประกอบด้วย

- **รูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสาน (Hybrid Model)** การจัดลำดับความรู้โดยให้เรียนภาคทฤษฎีผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ก่อน แล้วจึงตามด้วยกิจกรรม Workshop ภาคปฏิบัติ ช่วยรักษาความต่อเนื่องและกระตุ้นการเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว

- **หลักสูตรที่เน้นการปฏิบัติ (Hands-on Learning)** นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจและมีแรงจูงใจสูงขึ้นเมื่อได้ลงมือปฏิบัติจริงในรูปแบบ Workshop ซึ่งช่วยลดความกังวลต่อความยากของการเขียนโค้ดและการใช้ภาษาอังกฤษ การจัด Workshop ภาคปฏิบัติถือเป็นจุดแข็งที่สำคัญที่สุดที่ช่วยลดช่องว่างทางการเรียนรู้ในโรงเรียนชนบท โดยการให้น้ำหนักคะแนนกับการลงมือทำภารกิจจริงถึง 50% ช่วยกระตุ้นความกระตือรือร้นและทำให้นักเรียนเห็นภาพการนำไปใช้งานจริงได้ชัดเจนกว่าการเรียนทฤษฎี
- **การใช้เครื่องมือที่เหมาะสม (Low-barrier Tools)** การเลือกใช้แพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่สามารถลดข้อจำกัดด้านภาษา (เช่น ระบบ Blockly หรือ Visual Programming) ช่วยให้นักเรียนในพื้นที่ห่างไกลสามารถเข้าถึงการเขียนโปรแกรมที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น
- **ศักยภาพของทีมงานและผู้เชี่ยวชาญ** ความทุ่มเทและคำแนะนำจากวิทยากรหรือพี่เลี้ยงใน Workshop มีผลอย่างมากต่อความพึงพอใจและผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน โดยครูผู้สอนให้คะแนนความพึงพอใจในส่วนนี้สูงถึง 9-10 เต็ม 10
- **ความพร้อมและการดูแลอย่างใกล้ชิดของครูผู้สอน** ความพร้อมของครูมีผลโดยตรงและมีนัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน ทั้งในด้านการสร้างแรงจูงใจและการช่วยเหลือนักเรียนให้ก้าวข้ามอุปสรรค ครูสังเกตเห็นว่านักเรียนมีความมั่นใจเพิ่มขึ้นและกล้าลองผิดลองถูกมากขึ้นหลังจากจบกิจกรรม
- **ทรัพยากรและอัตราส่วนอุปกรณ์ที่เหมาะสม** การจัดสัดส่วนอุปกรณ์หุ่นยนต์ที่ 1 ชุดต่อผู้เรียนไม่เกิน 3-5 คน ร่วมกับการจัดกลุ่มย่อย เป็นปัจจัยพื้นฐานที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างทั่วถึง
- **ความเสถียรของโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล** ความเสถียรของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในโรงเรียนเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์
- **การลดอุปสรรคด้านภาษาด้วยตรรกะ** โครงการสามารถทำให้นักเรียนก้าวข้ามอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษในการเขียนโค้ด โดยเปลี่ยนไปเน้นความเข้าใจในตรรกะของคำสั่งแทน ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการต่อยอดทักษะดิจิทัลอื่นๆ
- **การสนับสนุนจากผู้บริหารและบริบทของโรงเรียน** การที่ผู้บริหารโรงเรียนให้ความสำคัญและกำหนดทิศทางนโยบายด้านเทคโนโลยีที่ชัดเจน เป็นฐานสำคัญที่ทำให้โครงการดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและยั่งยืน

4. สรุปผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐานการวิจัย

ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า **"การฝึกอบรมที่เหมาะสม (ตัวแปรต้น) ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพ (ตัวแปรตาม)"** โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable) **และการดำเนินงาน**

- **โครงสร้างและเนื้อหาหลักสูตร** ออกแบบตามเกณฑ์สมรรถนะที่เน้นการนำไปใช้จริง (Applied Knowledge) ซึ่งเป็นผลมาจากการวิเคราะห์สมรรถนะอาชีพในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์โดยอาศัยกระบวนการวิเคราะห์สมรรถนะอาชีพที่เหมาะสมกับบริบทประเทศไทย ผ่าน หลักการวิเคราะห์สังเคราะห์ และรับรองยืนยันความเหมาะสมโดย “3 ส”(สถานศึกษา+สมาคมวิชาชีพ+สถานประกอบการ) หลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้สมรรถนะที่บูรณาการ STEM Education ที่ได้แบ่งเป็นส่วนของแบบทดสอบหลังเรียน และกิจกรรม Workshop 2 และ 3
- **แพลตฟอร์มดิจิทัล** แพลตฟอร์ม Funbot ถูกออกแบบให้รองรับการเรียนรู้ด้วยตนเองและเตรียมความพร้อมให้นักเรียนก่อนเข้าสู่กิจกรรมปฏิบัติการ

4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) **และผลลัพธ์**

- **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** จากการวิเคราะห์เยาวชนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 165 คน พบว่าโครงการสามารถยกระดับทักษะการเขียนโปรแกรมได้อย่างมีนัยสำคัญ
- **การใช้งานจริง** วัดผลผ่านการบูรณาการคะแนน 3 ส่วนคือ แบบทดสอบหลังเรียน (30%), ทักษะปฏิบัติใน Workshop 2 (20%), และความสำเร็จในการปฏิบัติภารกิจที่ท้าทายใน Workshop 3 (50%) ซึ่งเป็นโจทย์ที่ไม่มีในบทเรียน เมื่อผ่านรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นฝึกปฏิบัติจริง (Hands-On) ใช้หลักการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner Centric) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นคือ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำงานตามโจทย์เหล่านั้นได้สำเร็จ

4.3 ตัวแปรเกินและตัวแปรแทรกซ้อน (Extraneous & Intervening Variables)

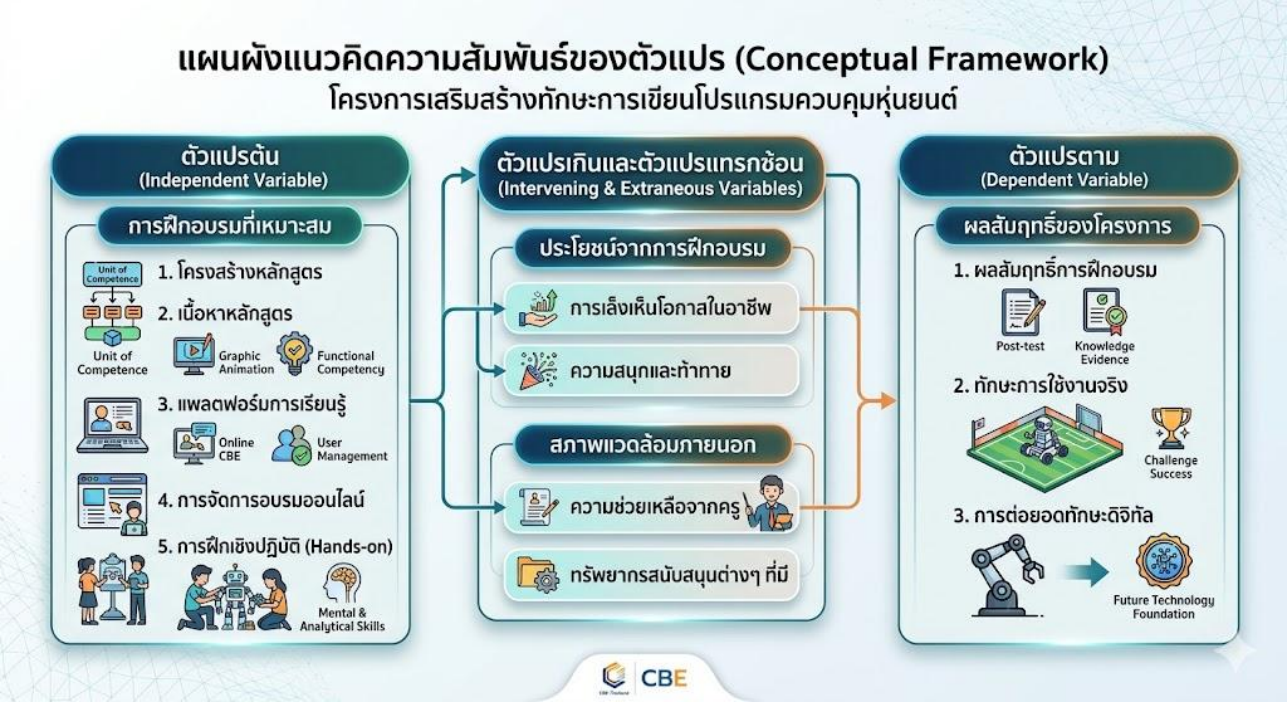
- **แรงจูงใจและความหวังในอาชีพ** นักเรียนเห็นโอกาสในอาชีพอนาคตและความสนุกท้าทายของกิจกรรม เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิด "จุดเปลี่ยน" และความมุ่งมั่นในการเรียนจนจบหลักสูตร
- **ความช่วยเหลือจากครู** ครูในโรงเรียนมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นและติดตามผล โดยเฉพาะในโรงเรียนที่มีอัตราการผ่านเกณฑ์สูง ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยเหลือที่ใกล้ชิด
- **ทรัพยากรสนับสนุน** ปัญหาความไม่เสถียรของอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์ที่ไม่เพียงพอในบางพื้นที่เป็นตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจขัดขวางการเรียนรู้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องควบคุมและวางแผนรองรับในการขยายผลโครงการในอนาคต

ปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญที่สุดคือการใช้ "**กิจกรรม Workshop ที่เน้นภารกิจจริง**" ควบคู่กับการมี "ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator)" และการจัดสรรทรัพยากรที่เพียงพอ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้สมมติฐานการวิจัยเป็นจริงและสามารถนำไปเป็นต้นแบบในการพัฒนาเด็กไทยในเขตชนบทได้อย่างยั่งยืน

4.4. แผนผังแนวคิดความสัมพันธ์ของตัวแปร (Conceptual Framework)

กรอบการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า **ตัวแปรต้น (การฝึกอบรมที่เหมาะสม)** ไม่ได้หมายถึงแค่การมีเครื่องมือ แต่คือการมี **"หลักสูตรฐานสมรรถนะ"** ที่ออกแบบมาเพื่อเด็กมัธยม (Input) ผ่าน **"แพลตฟอร์มและ Workshop"** (Process) ภายใต้การควบคุม **"สภาพแวดล้อมและครู"** (Intervening) เพื่อให้ได้ **"เยาวชนที่มีทักษะการใช้งานจริง"** (Output) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายหลักในการเตรียมความพร้อมสู่ตลาดแรงงานในอนาคตอย่างแท้จริง

แผนผังแนวคิดความสัมพันธ์ของตัวแปร (Conceptual Framework) สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งแสดงความเชื่อมโยงระหว่างการฝึกอบรมที่เหมาะสม ปัจจัยสนับสนุน และผลสัมฤทธิ์ที่คาดหวัง แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังแนวคิดความสัมพันธ์ของตัวแปร (Conceptual Framework)

คำอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร

(1) ตัวแปรต้น (Independent Variable): กระบวนการฝึกอบรมที่เหมาะสม

- **โครงสร้างและเนื้อหาหลักสูตร:** การออกแบบหน่วยสมรรถนะ (Unit of Competence) และเนื้อหาในรูปแบบ Graphic Animation สั้นๆ เพื่อดึงดูดความสนใจ
- **แพลตฟอร์มการเรียนรู้:** ระบบดิจิทัลที่เข้าถึงง่าย เสถียร และรองรับการประเมินสมรรถนะ
- **การจัดการอบรม (Online + Workshop):** การผสมผสานทฤษฎีออนไลน์และการลงมือปฏิบัติจริง (Hands-on) เพื่อสร้างทักษะทางกายภาพและการคิดวิเคราะห์

(2) ตัวแปรตาม (Dependent Variable): ผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรม

- **สมรรถนะการเขียนโปรแกรม:** วัดผ่านผลการทดสอบ (Post-test) ที่มีนัยสำคัญ

- **การใช้งานจริง:** ความสำเร็จในการแก้โจทย์ท้าทาย (Workshop 3) ที่ไม่มีในบทเรียน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสามารถระดับสูง วัดผ่านผลจากการปฏิบัติการแต่ละกิจกรรมโดยใช้แบบวัดคะแนนรูบิก (ร่วมกับ แบบสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน
- **รากฐานทักษะดิจิทัล:** การสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีที่สามารถต่อยอดไปยังอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และเทคโนโลยีอื่นๆ ในอนาคต

(3) ตัวแปรเกินและตัวแปรแทรกซ้อน (Intervening & Extraneous Variables)

- **แรงจูงใจภายใน:** การที่นักเรียนเล็งเห็นโอกาสในอาชีพอนาคตและความรู้สึกสนุก/ท้าทาย
- **ปัจจัยภายนอก:** ความพร้อมของครูผู้สอนในการเป็นพี่เลี้ยง (Facilitator) และทรัพยากรสนับสนุน (เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต)

กรอบแนวคิดนี้ชี้ให้เห็นว่าหากมี **การฝึกอบรมที่ออกแบบตามฐานสมรรถนะ (ต้น)** ภายใต้ **การสนับสนุนที่ดีของครูและแรงจูงใจของผู้เรียน (แทรกซ้อน)** จะนำไปสู่ **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงในโลกอนาคต (ตาม)** อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปภาพรวมของโมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัล

โครงการการพัฒนาหลักสูตรและแพลตฟอร์มการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทยเพื่อรองรับตลาดแรงงานสำหรับโลกอนาคต มีความพยายามแสวงหาปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อใช้เป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะในด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่นๆ ให้กับเด็กไทยเขตชนบทต่อไปในอนาคต

โครงการนี้ได้วางรากฐานสำคัญด้วยการสร้าง **"โมเดลการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นและใช้ทรัพยากรต่ำ"** แต่ให้ผลลัพธ์สูง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางพัฒนาทักษะดิจิทัลให้กับเด็กไทยในพื้นที่ห่างไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 โมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัล: ยืดหยุ่น ทรัพยากรต่ำ ผลลัพธ์สูง

โมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัล: ยืดหยุ่น ทรัพยากรต่ำ ผลลัพธ์สูง สามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติที่ดี (Best Practice) เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนาทักษะดิจิทัลด้านอื่นๆ สำหรับเด็กไทยในพื้นที่ห่างไกล มีปัจจัยสำคัญ

ประกอบด้วย ปัจจัยเริ่มต้น (Input Factors) และปัจจัยด้านกระบวนการ (Process Factors) ซึ่งส่งผลต่อปัจจัยด้านผลลัพธ์ (Output Factors) ดังนี้

- **ปัจจัยเริ่มต้น (Input Factors)** ประกอบด้วยทรัพยากรที่สถานศึกษามีอยู่น้อย ได้แก่
    - **แพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบออนไลน์** ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถขยายระบบเพื่อรองรับผู้เรียนจำนวนมากได้ (Flexibility and Scalability)
    - **อุปกรณ์ชุดประกอบหุ่นยนต์ขั้นต่ำ (Robot Kit)** มีจำนวนไม่มากนักแต่สามารถให้ผู้เรียนปฏิบัติการสาธิตร่วมกันเป็นกลุ่มขนาดเล็กได้ในสัดส่วน 1:3-5 คน ซึ่งสามารถสร้างการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพได้
    - **อินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงได้ (Accessible Internet)** การเรียนรู้ผ่านบทเรียนออนไลน์ การทบทวนภายหลังการเรียนรู้ การทำแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนล้วนจำเป็นต้องพึ่งพาโครงข่ายอินเทอร์เน็ตทั้งสิ้น สถานศึกษาจึงจำเป็นต้องจัดสรรทรัพยากรอินเทอร์เน็ตให้เพียงพอเหมาะสมกับการเรียนรู้ที่ผสมผสานทั้งออนไลน์และออฟไลน์ด้วย
    - **ครูผู้อำนวยความสะดวก (Motivator, Facilitator, Teacher)** องค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งในโมเดลการเรียนรู้นี้คือ ครูที่มีบทบาทกระตุ้นการเรียนรู้ผู้เรียน โดยเฉพาะการเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ รวมทั้งทำหน้าที่ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลลัพธ์การเรียนรู้ได้ ผลการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่ปรากฏในโครงการนี้ล้วนมีปัจจัยของครูเข้ามามีส่วนร่วมอย่างสำคัญ
- **ปัจจัยด้านกระบวนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ** เป็นโมเดลการเรียนรู้เชิงทักษะ (Skill-Based) ที่เน้นปฏิบัติ (Hands-On) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุสมรรถนะที่คาดหวังของหลักสูตรได้ ในโครงการนี้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ออกเป็น 3 เฟสหรือระยะ ประกอบด้วย
    - **เฟส 1: การเตรียมความพร้อมออนไลน์ (Online Preparation)** ประกอบด้วย
        - การเรียนตรรกะพื้นฐานผสมผสานกับการเขียนโค้ด (Blockly; Non-Block & Block Code)
        - **ลดอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษ** โดยผู้สอนช่วยเลือกใช้คำศัพท์พื้นฐานที่เข้าใจง่ายของการปฏิบัติการกับหุ่นยนต์ เช่น การเคลื่อนที่ การบังคับควบคุมทิศทาง ความเร็ว

จำนวนรอบ เป็นต้น เน้นตรรกะหรือความคิดเป็นเหตุเป็นผลแทนการจดจำคำศัพท์ภาษาอังกฤษ

- **เรียนรู้ตามความเร็วของตนเอง** (Self-Place Learning) สถานศึกษาบางแห่งที่เด็กมีพื้นฐานการเรียนเรื่องการเขียนโค้ดหรือหุ่นยนต์มาก่อน โดยมีการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาการคำนวณ เด็กจึงมีประสบการณ์ในการเขียนโค้ดควบคุมหุ่นยนต์หรือสะเต็มศึกษา ก็จะสามารถเรียนรู้บทเรียนและฝึกปฏิบัติการ (Workshop) เสร็จได้เร็วกว่าเด็กของสถานศึกษาที่ไม่ได้เรียนรู้เรื่องเหล่านี้มาก่อน ซึ่งต้องใช้เวลามากขึ้นรวมทั้งผู้ฝึกและครูก็ต้องให้ความช่วยเหลือมากขึ้น รวมทั้งบทเรียนออนไลน์ด้วย

- **เฟส 2: Workshop ภาคปฏิบัติ (Hands-On Assembling & Basic)** เมื่อผู้เรียนผ่านขั้นการเตรียมความพร้อมด้วยบทเรียนออนไลน์ผ่านแพลตฟอร์มการเรียนรู้มาแล้ว เด็กในสถานศึกษาที่เข้าร่วมโครงการจะเข้ารับการฝึกฝนภาคปฏิบัติด้วย workshop จำนวน 3 รอบ เริ่มจากขั้นพื้นฐานที่เน้นตรรกะไม่ต้องใช้ชุดฝึก เป็นการเรียนรู้แบบ Non-Block Coding ไปจนกระทั่งฝึกฝนกับปฏิบัติการตามภารกิจที่กำหนดที่ค่อยๆ เพิ่มความซับซ้อนขึ้นไปเรื่อยๆ ได้แก่

  - **ประกอบหุ่นยนต์จริง** เป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มหรือทีม ประมาณ 3-5 คนต่อกลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะระดมสมองเลือกประกอบหุ่นยนต์เป็นโมเดลที่ช่วยกันคัดเลือก เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้แต่ละกลุ่มจะต้องนำหุ่นยนต์ที่ประกอบขึ้นมาสาธิตในสนามตามภารกิจที่กำหนด นำเสนอแนวคิดและแนวปฏิบัติที่กลุ่มเลือกใช้ โดยมีผู้สอนให้คะแนนและสังเกตการณ์ มีการประเมินโดยคะแนนรูบริก (scoring rubric) ทุกภารกิจพร้อมทั้งให้ข้อมูลคำแนะนำ (Feedback) ที่เหมาะสมกับกลุ่ม

  - **สั่งเคลื่อนที่เบื้องต้น** เป็นการฝึกการเรียนรู้การเขียนชุดคำสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามเกณฑ์ที่กำหนด เริ่มตั้งแต่การเดินหน้า การเลี้ยว การตัดสินใจ การทำซ้ำความเร็วรอบ จำนวนครั้งของลูป เป็นต้น

  - **สร้างความมั่นใจและเรียนรู้อีกด้าน** การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองตัดสินใจเลือกประกอบโมเดลหุ่นยนต์ตามภารกิจของแต่ละกลุ่ม เป็นการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่ให้โอกาสกลุ่มเลือกเรียนรู้ตามความสนใจ มีการนำเสนอและสาธิตโมเดลหุ่นยนต์ที่ประกอบให้ปฏิบัติตามภารกิจ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยน

เรียนรู้ซึ่งกันและกัน โดยมีผู้ฝึกและครู มีบทบาทคอยช่วยให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ที่เหมาะสม จึงช่วยสร้างความเชื่อมั่นผู้เรียนและส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

- **เฟส 3: ภารกิจท้าทายและการใช้งานจริง (Mission & Real World Application - High Impact)** เมื่อผู้เรียนผ่านการเตรียมความพร้อมจากบทเรียนออนไลน์มาแล้ว ในการเรียนรู้ในห้องเรียนแต่ละครั้ง ผู้ฝึกจะนำเข้าสู่บทเรียน อธิบายหลักการสำคัญ สาธิตตัวอย่าง จากนั้นให้โจทย์ที่ไม่มีในบทเรียน เป็นโจทย์ในชีวิตประจำวันที่สามารถนำหุ่นยนต์ไปช่วยแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ แล้วเฝ้าสังเกตการณ์เรียนรู้ของแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะมีครูคอยช่วยสังเกตการณ์ประจำแต่ละกลุ่ม สรุปแนวทางดังนี้

  - **แก้โจทย์ปัญหา** เป็นการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละภารกิจ (Mission) ซึ่งมีแนวทางการเรียนรู้ การวัดและประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) คะแนนปฏิบัติบรรลุภารกิจ ซึ่งเป็นวัดและประเมินทุกๆ ครั้งของแต่ละภารกิจ

  - **โจทย์ไม่มีอยู่ในบทเรียน** เพื่อฝึกฝนกระบวนการคิด การแก้ปัญหาในชีวิตจริง และการทำงานเป็นทีม ภายใต้สภาพแวดล้อมและทรัพยากรที่กำหนดในแต่ละสถานีแต่ละภารกิจ โดยเป็นภารกิจที่ฝึกฝนกระบวนการตามแนวทางแบบ STEM Education

  - **นำทักษะไปประยุกต์ใช้จริง** เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้แนวคิดและแนวทางการประกอบหุ่นยนต์ การเขียนโค้ดสั่ง การทดสอบความถูกต้อง ภายใต้สถานการณ์ของโจทย์ที่นำปัญหาจริงมาให้แก้ปัญหา ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ ตระหนักในความสำคัญของทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาที่ได้ สามารถเชื่อมโยงหรือมองเห็นการประยุกต์ทักษะที่ได้กับอาชีพในอนาคต นับเป็นการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

- **ปัจจัยด้านผลลัพธ์ (Output) สร้างผลกระทบสูงต่อผลลัพธ์การเรียนรู้สูง (High Impact)** สามารถสรุปได้ดังนี้

- **ทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สูง (Robot Programming Skill)** ผลการประเมินระดับทักษะการเขียนโปรแกรมคสบคุมหุ่นยนต์ภายหลังการฝึกอบรมในโครงการนี้ของผู้เรียน พบว่า สูงกว่าก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
- **ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้** ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เรียนเปรียบเทียบก่อนและหลังการอบรม พบว่า สูงกว่าก่อนอบรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอัตราการสอบผ่านถึงร้อยละ 92 ของผู้เรียนที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด
- **แรงจูงใจและวิสัยทัศน์อาชีพในอนาคต** (Caree vision, motivation) ผลการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความกระตือรือร้นในการเรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และความสนใจเกี่ยวกับอาชีพที่เกี่ยวข้องในอนาคต พบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนด้าน STEM เพิ่มขึ้น และมีความเข้าใจถึงการเชื่อมโยงกับอาชีพในอนาคตได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
- **การแก้ปัญหาขั้นสูง (Advanced Problem Solving)** ผลการประเมินพบว่า ผู้เรียนที่เข้าร่วมโครงการมีทักษะในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น ผ่านโจทย์ การฝึกฝน และการทำงานเป็นทีม พร้อมทั้งมีผู้คอยอำนวยความสะดวก ส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะในการขบคิด มองปัญหา หาสาเหตุ แก้ปัญหา และตรวจสอบผลได้ดีขึ้น สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Complexity Problem Solving Skill) ซึ่งเป็นทักษะการเรียนในศตวรรษที่ 21
- **ความสนุกและท้าทาย (Fun and Challenge)** จากการสังเหตและสัมภาษณ์ผู้เรียน และครูที่เข้าร่วมโครงการ พบว่า ผู้เรียนมีความสนุกสนานในการเรียนรู้ การลงมือทำ การระดมความคิดเห็นช่วยเหลือทีมได้อย่างสนุกสนานจากโจทย์ที่กำหนดให้ และรู้สึกท้าทายเมื่อพบโจทย์ภารกิจที่ซับซ้อนขึ้น
- **พื้นฐานสู่เทคโนโลยีอื่น** ความสำเร็จของโครงการที่เกิดขึ้นจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่สามารถพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลให้กับผู้เรียนได้มีผลลัพธ์สูง สามารถใช้เป็นแนวทางการยกระดับทักษะทางเทคโนโลยีอื่นๆ ผ่านการประยุกต์โมเดลการเรียนรู้ในโครงการนี้ได้

โมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัลสำหรับเด็กไทยในพื้นที่ห่างไกลมุ่งเน้นความยืดหยุ่นและการใช้ทรัพยากรต่ำแต่ให้ผลลัพธ์สูง โดยอาศัยปัจจัยนำเข้าสำคัญอย่างแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ขยายระบบได้ การใช้ชุดหุ่นยนต์ร่วมกันในกลุ่มย่อย การจัดสรรอินเทอร์เน็ตที่เพียงพอ และบทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวก ผ่านกระบวนการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ 3 ระยะ คือ การเตรียมความพร้อมออนไลน์ที่เน้นตรรกะมากกว่าภาษา การทำเวิร์กชอปภาคปฏิบัติที่เน้นการลงมือทำและทำงานเป็นทีม และการพิชิตภารกิจท้าทายที่ประยุกต์ใช้กับโจทย์จริงในชีวิตประจำวันตามแนวทาง STEM ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะการเขียนโปรแกรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (สอบผ่านร้อยละ 92) พร้อมทั้งสร้างแรงจูงใจสู่อาชีพในอนาคต พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และสร้างทัศนคติที่ดีต่อเทคโนโลยี จนสามารถใช้เป็นต้นแบบแนวปฏิบัติที่ดีในการพัฒนาทักษะดิจิทัลด้านอื่น ๆ ได้อย่างยั่งยืน

บทสรุป

จากการดำเนินโครงการพัฒนาหลักสูตรและแพลตฟอร์มการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเยาวชนไทย โครงการสามารถบรรลุวัตถุประสงค์สำคัญทั้งในด้านการยกระดับสมรรถนะของผู้เรียน การสร้างโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียม และการวางรากฐานกำลังคนรองรับอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในอนาคต

ในมิติของผลลัพธ์ (Outcomes) โครงการสามารถพัฒนาต้นแบบหลักสูตรและแพลตฟอร์มการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและใช้งานได้จริงในบริบทของโรงเรียนไทย โดยไม่ขึ้นกับข้อจำกัดด้านครูผู้สอนหรืออุปกรณ์ดิจิทัล ส่งผลให้เยาวชนกลุ่มเป้าหมายไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์การประเมินสมรรถนะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ตามมาตรฐานที่กำหนด และมีพื้นฐานความพร้อมในการต่อยอดการศึกษาในระดับอุดมศึกษา รวมถึงการเข้าสู่ตลาดแรงงานคุณภาพในอุตสาหกรรมเป้าหมายใหม่ของประเทศ (New S-Curve) ควบคู่กับการลดความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาระหว่างโรงเรียนในเมืองและพื้นที่ห่างไกล

ด้านผลผลิต (Outputs) โครงการสามารถดำเนินงานได้ครบถ้วนตามแผนและเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในหลายตัวชี้วัด ทั้งการจัดทำรายงานวิจัย รายงานทบทวนวรรณกรรม แบบประเมินสมรรถนะ หลักสูตรและสื่อดิจิทัลในรูปแบบ Graphic Animation จำนวน 64 คลิป การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบ LMS ที่มีระบบติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้ (Learning Analytics) ตลอดจนการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการครบ 3 ครั้ง ครอบคลุมโรงเรียนเป้าหมายทั้งหมด ซึ่งสะท้อนถึงความพร้อมในการนำผลงานไปขยายผลในวงกว้าง

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจพบว่าโครงการมีส่วนสำคัญในการลดช่องว่างทักษะ (Skill Gap) ของประเทศ โดยเตรียมกำลังคนด้าน Robot Programming และ Automation ซึ่งเป็นทักษะที่ตลาดแรงงาน

ต้องการสูงในระยะ 5–10 ปีข้างหน้า อีกทั้งการใช้แพลตฟอร์มออนไลน์และระบบจำลองเสมือนช่วยลดต้นทุนด้านอุปกรณ์ราคาแพง ทำให้โรงเรียนในพื้นที่ห่างไกลสามารถพัฒนาทักษะผู้เรียนได้อย่างคุ้มค่า

ในมิติทางสังคม โครงการช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (Digital Divide) และส่งเสริมทักษะทางสังคมของผู้เรียน โดยผลการประเมินพบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการทำงานเป็นทีมและการสื่อสารในระดับสูง รวมถึงมีพฤติกรรมเชิงบวกต่อการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ส่งผลให้คุณภาพชีวิตของเยาวชนดีขึ้นและลดความเสี่ยงจากพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในระยะยาว

สุดท้าย ในด้านความยั่งยืน โครงการได้วางแนวทางการดำเนินงานต่อเนื่องอย่างเป็นระบบ ทั้งการพัฒนาเครือข่ายครูแกนนำ (Train-the-Trainer) การจัดทำสื่อและคู่มือภาษาไทยที่เอื้อต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง การสนับสนุนเชิงนโยบายเพื่อบูรณาการหลักสูตรเข้าสู่ระบบการศึกษา และการขยายแพลตฟอร์มสู่การใช้งานในระดับสาธารณะ ซึ่งล้วนเป็นกลไกสำคัญในการต่อยอดและสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อการพัฒนาทักษะดิจิทัลของเยาวชนไทยอย่างยั่งยืน

3

3. บทสังเคราะห์การบูรณาการปัจจัยและกระบวนการที่มีต่อความสำเร็จของโครงการ

1. **บทนำกรอบการวิเคราะห์และสังเคราะห์**

รายงานผลการวิจัยนี้ มุ่งสังเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย โดยใช้ข้อมูลจาก (1) บทวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับเด็กมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยเพื่อบรรลุผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิเคราะห์ และ (2) สรุปผลวิเคราะห์ปัจจัยและกระบวนการในการพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย ที่สอดคล้องกับสมมุติฐานการวิจัย โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ข้อ 4 ของโครงการ คือ การระบุปัจจัยที่มีต่อความสำเร็จในการสร้างทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้กับนักเรียนมัธยมต้นของประเทศไทยให้ได้อย่างมีคุณภาพ เพื่อเป็นแนวทางและรากฐานในการต่อยอดการพัฒนาและสร้างทักษะด้านดิจิทัลและเทคโนโลยีอื่น ๆ ให้กับเด็กไทยในเขตชนบทต่อไปในอนาคต

ดังนั้น การวิเคราะห์จึงไม่ได้มุ่งเพียงตอบคำถามว่า “นักเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นหรือไม่” แต่พิจารณาว่า “เงื่อนไขใดทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ควบคุมหุ่นยนต์จริง แก้โจทย์ใหม่ ทำงานเป็นทีม และเกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้เทคโนโลยีต่อเนื่องได้”

กรอบการวิเคราะห์และสังเคราะห์ในรายงานนี้เชื่อมโยงกับสมมติฐานงานวิจัยที่กำหนดไว้ว่า โครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาหลักสูตร แพลตฟอร์มการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะ รวมถึงการจัดการอบรมออนไลน์และการฝึกเชิงปฏิบัติเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่เหมาะสม จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ของการฝึกอบรมที่ทำให้เยาวชนกลุ่มเป้าหมายสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อเชื่อมโยงกับผลการทบทวนวรรณกรรมก่อนหน้า แนวทางการพัฒนาทักษะด้าน coding และ robotics สำหรับเยาวชน โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล ควรมองเป็นระบบนิเวศการเรียนรู้ ไม่ใช่เพียงการจัดหาหุ่นยนต์หรือการเปิดคอร์สออนไลน์ ระบบดังกล่าวต้องประกอบด้วยหลักสูตรฐานสมรรถนะ สื่อภาษาไทยที่ลดอุปสรรคของผู้เริ่มต้น เครื่องมือที่เข้าถึงง่าย ครูหรือผู้ดูแลในพื้นที่ แพลตฟอร์มที่เรียนรู้ซ้ำได้ กิจกรรมลงมือปฏิบัติจริง และการประเมินตามสภาพจริง2. วิธีการสังเคราะห์ข้อมูลและเกณฑ์การพิจารณาผลสัมฤทธิ์

2. วิธีการสังเคราะห์ข้อมูลและเกณฑ์การพิจารณาผลสัมฤทธิ์

การสังเคราะห์ในรายงานนี้ใช้ข้อมูลจากการดำเนินงานในโรงเรียนเป้าหมาย 5 แห่ง ครอบคลุม 4 ภูมิภาค ได้แก่ โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ จังหวัดนครศรีธรรมราช โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จังหวัดลพบุรี โรงเรียนบ้านเทอดไทย จังหวัดเชียงราย โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา จังหวัดหนองคาย ร่วมกับข้อมูลจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การประเมินภาคปฏิบัติใน Workshop การสังเกตของทีมวิทยากร และข้อคิดเห็นจากครูผู้ร่วมโครงการ

เครื่องมือประเมินผลหลักประกอบด้วยแบบทดสอบปรนัยก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ การประเมินภาคปฏิบัติผ่านภารกิจใน Workshop 2 และ Workshop 3 และการประเมินด้วย rubric โดยเฉพาะ Workshop 3 ที่เน้นภารกิจลักษณะ Smart Factory ซึ่งเป็นสถานการณ์จำลองที่ผู้เรียนต้องใช้การเขียนโปรแกรม การควบคุมหุ่นยนต์ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และการทำงานเป็นทีมร่วมกัน

รายงานฉบับนี้ใช้ผลสัมฤทธิ์รวมจากการถ่วงน้ำหนักคะแนน 3 ส่วน ได้แก่ Workshop 2 ร้อยละ 20, Workshop 3 ร้อยละ 50 และ Post-test ร้อยละ 30 โดยกำหนดเกณฑ์ผ่านที่ร้อยละ 60 ผลรวมดังกล่าวสะท้อนสมรรถนะจริงของผู้เรียนได้รอบด้านมากกว่าการพิจารณาคะแนนข้อสอบหลังเรียนเพียงส่วนเดียว 3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรม

3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการอบรม

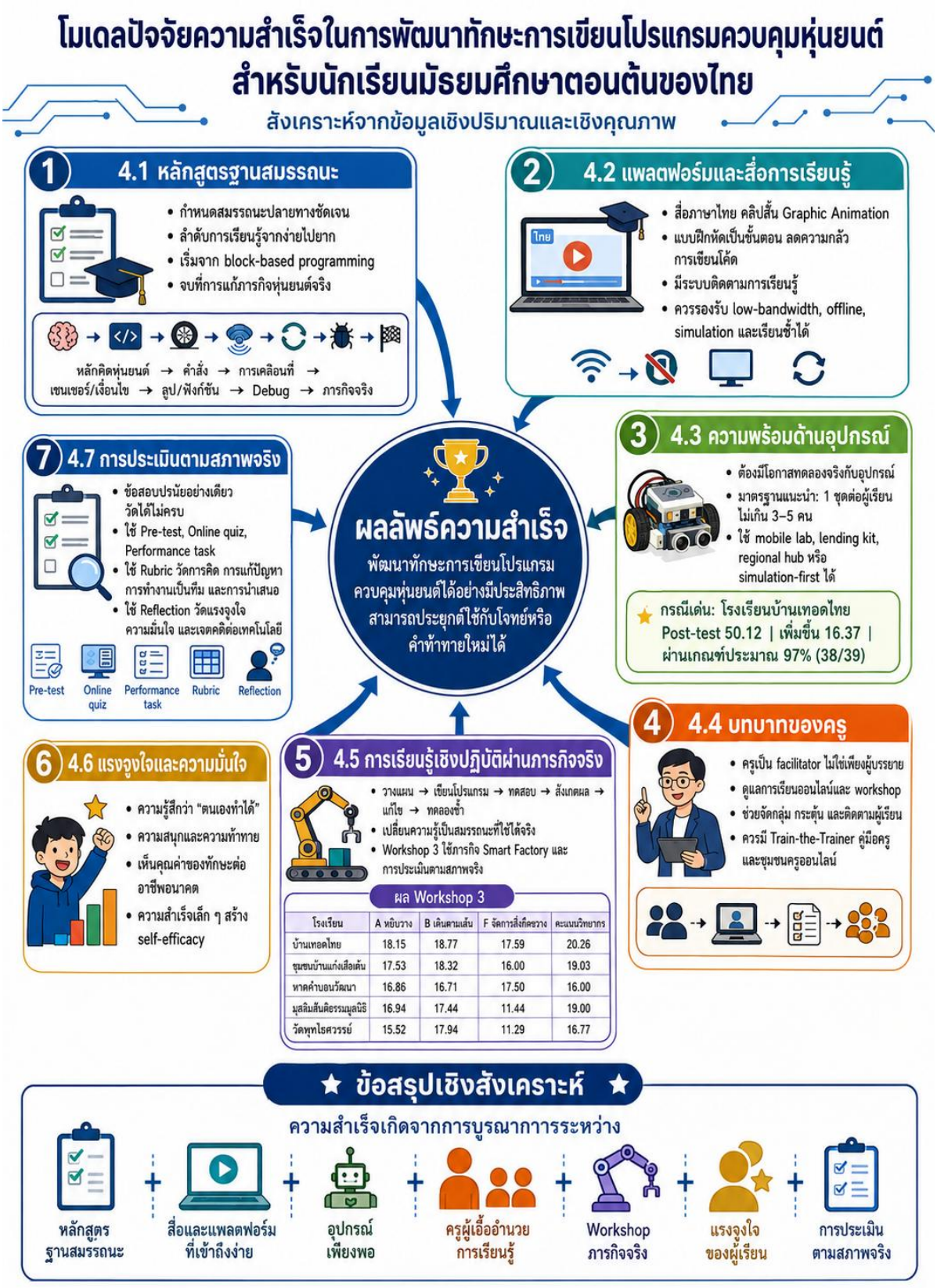
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนในภาพรวมพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 29.48 เป็นร้อยละ 37.85 เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 8.37 และ 4 จาก 5 โรงเรียนมีผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ โรงเรียนมุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ โรงเรียนบ้านเทอดไทย โรงเรียนวัดพุทไธศวรรย์ และโรงเรียนหาดคำบอนวัฒนา

โรงเรียน	**N pre/post**	**Pre-test เฉลี่ย**	**Post-test เฉลี่ย**	**ผลต่าง**	**ผลทางสถิติ**
มุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ จ.นครศรีธรรมราช	36 / 29	32.08%	37.34%	+5.59%	p = 0.0135 *
ชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จ.ลพบุรี	34 / 26	25.59%	28.08%	+2.42%	p = 0.4317 n.s.
บ้านเทอดไทย จ.เชียงราย	54 / 41	31.67%	50.12%	+16.37%	p < 0.001 ***
วัดพุทไธศวรรย์ จ.พระนครศรีอยุธยา	31 / 28	28.94%	34.79%	+5.68%	p = 0.0025 **
หาดคำบอนวัฒนา จ.หนองคาย	31 / 28	27.45%	32.54%	+5.07%	p = 0.0033 **
รวมทั้ง 5 โรงเรียน	186 / 152	29.48%	37.85%	+8.37%	-

จากตารางนี้ พบว่า นอกจากคะแนนข้อสอบแล้ว ผลสัมฤทธิ์รวมของหลักสูตรจากการถ่วงน้ำหนัก Workshop 2, Workshop 3 และ Post-test พบว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ 135 คน จาก 165 คน คิดเป็นร้อยละ 81.82 ซึ่งสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 ผลดังกล่าวสะท้อนว่าโครงการสามารถพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในระดับที่ใช้ปฏิบัติจริงได้ แม้คะแนนข้อสอบทฤษฎีในบางโรงเรียนจะเพิ่มขึ้นไม่มาก

4. ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

จากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ สามารถสังเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จได้ 7 ปัจจัยสำคัญ ดังรูปที่ 3 ดังนี้



รูปที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

4.1 หลักสูตรฐานสมรรถนะที่มีลำดับการเรียนรู้ชัดเจน

หลักสูตรที่มีประสิทธิภาพต้องเริ่มจากการกำหนดสมรรถนะปลายทางว่า ผู้เรียนควรทำอะไรได้หลังจบหลักสูตร เช่น เข้าใจลำดับคำสั่ง ใช้เงื่อนไขและลูป ควบคุมมอเตอร์ อ่านค่าเซนเซอร์ แก้ไขข้อผิดพลาด และนำความรู้ไปใช้แก้โจทย์ใหม่ การออกแบบลำดับจากง่ายไปยากช่วยลดภาระทางความคิดของผู้เรียนระดับมัธยมต้น โดยเฉพาะผู้เรียนในพื้นที่ชนบทที่อาจยังไม่มีพื้นฐานภาษาอังกฤษหรือประสบการณ์ coding มาก่อน

ลำดับการเรียนรู้ที่เหมาะสมคือ เริ่มจากหลักคิดของหุ่นยนต์และการทำงานตามคำสั่ง ฝึกคิดเป็นลำดับขั้นผ่าน block-based programming ควบคุมการเคลื่อนที่ ใช้เซนเซอร์และเงื่อนไข ใช้ลูปและฟังก์ชัน แก้ไขข้อผิดพลาด และปิดท้ายด้วยการแก้ภารกิจหุ่นยนต์จริงที่ไม่มีอยู่ในบทเรียน

4.2 แพลตฟอร์มและสื่อการเรียนรู้ที่ลดอุปสรรคการเริ่มต้น

แพลตฟอร์มออนไลน์ สื่อ Graphic Animation และระบบติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญในการขยายโอกาสการเข้าถึง โดยเฉพาะโรงเรียนที่ไม่มีครูผู้เชี่ยวชาญด้านหุ่นยนต์ประจำ การมีสื่อภาษาไทย คลิปสั้น แบบฝึกหัดเป็นขั้นตอน และตัวอย่างที่เห็นผลลัพธ์เร็ว ช่วยลดอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษ ความกลัวการเขียนโค้ด และความไม่มั่นใจในการใช้เทคโนโลยี

อย่างไรก็ตาม แพลตฟอร์มออนไลน์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ หากโรงเรียนมีอินเทอร์เน็ตไม่เสถียรหรืออุปกรณ์ไม่เพียงพอ การพัฒนาระยะต่อไปจึงควรรองรับโหมด low-bandwidth, offline package, downloadable lesson, simulation และระบบเรียนซ้ำหรือสอบซ่อม เพื่อให้เหมาะกับบริบทโรงเรียนชนบทมากขึ้น

4.3 ความพร้อมด้านอุปกรณ์และสัดส่วนผู้เรียนต่อเครื่องมือ

ความพร้อมด้านอุปกรณ์เป็นเงื่อนไขสำคัญของการเรียน robotics programming เพราะทักษะดังกล่าวต้องเกิดจากการทดลอง สังเกตผลลัพธ์ แก้ไขข้อผิดพลาด และทดสอบซ้ำกับอุปกรณ์จริง โรงเรียนบ้านเทอดไทยเป็นกรณีที่เห็นผลชัดเจนที่สุด โดยมีคะแนนหลังเรียนสูงสุดที่ร้อยละ 50.12 เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.37 และมีอัตราการผ่านเกณฑ์ประมาณร้อยละ 97 หรือ 38 จาก 39 คน

สำหรับการขยายผล ควรกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำด้านอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุม 1 ชุดต่อผู้เรียนไม่เกิน 3-5 คน และชุดหุ่นยนต์ควรหมุนเวียนให้ผู้เรียนทุกคนมีบทบาทจริง หากโรงเรียนยังไม่มีงบประมาณเพียงพอ ควรใช้ระบบ mobile lab, lending kit, regional hub หรือ simulation-first model โดยให้มหาวิทยาลัยหรือศูนย์กลางระดับภูมิภาคเป็นหน่วยสนับสนุนชุดอุปกรณ์

4.4 บทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกและผู้ติดตามการเรียนรู้

แม้โครงการออกแบบหลักสูตรและแพลตฟอร์มให้ลดการพึ่งพาครูผู้เชี่ยวชาญ แต่ครูในพื้นที่ยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จ ครูทำหน้าที่เตรียมความพร้อมผู้เรียน ดูแลการเข้าเรียนออนไลน์ จัดกลุ่มและแบ่งบทบาทระหว่าง workshop กระตุ้นให้ผู้เรียนทดลองและแก้ปัญหา และส่งต่อปัญหาเชิงเทคนิคให้ผู้เชี่ยวชาญส่วนกลาง

บทบาทของครูจึงควรถูกออกแบบใหม่จาก “ผู้บรรยายเนื้อหา” เป็น “facilitator” หรือผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับบทเรียนจากต่างประเทศที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญทางไกลร่วมกับครูประจำชั้นในพื้นที่ การขยายผลควรมีระบบ Train-the-Trainer คู่มือครู และชุมชนครูออนไลน์ เพื่อสร้างความต่อเนื่องหลังจบโครงการ

4.5 การเรียนรู้เชิงปฏิบัติผ่านภารกิจจริง

Workshop ที่เน้นภารกิจจริงเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของโครงการ เพราะช่วยเปลี่ยนความรู้ในบทเรียนให้เป็นสมรรถนะที่เห็นได้ ผู้เรียนต้องวางแผน เขียนโปรแกรม ทดสอบ สังเกตผล แก้ไข และทดลองซ้ำ กระบวนการนี้ทำให้ผู้เรียนเข้าใจตรรกะของโปรแกรมลึกกว่าการจำคำสั่ง

Workshop 3 ที่ใช้ภารกิจลักษณะ Smart Factory เป็นตัวอย่างสำคัญของการประเมินตามสภาพจริง เพราะผู้เรียนต้องควบคุมหุ่นยนต์ให้ทำงานตามโจทย์ เช่น การหยิบวาง การเดินตามเส้น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง และการจัดการสิ่งกีดขวาง ผลการประเมินแสดงว่าโรงเรียนบ้านเทอดไทยทำคะแนนสูงสุดในภารกิจ A, B, F และคะแนนจากวิทยากร

โรงเรียน	ภารกิจ A หยิบวาง	ภารกิจ B เดินตามเส้น	ภารกิจ F จัดการสิ่งกีดขวาง	คะแนนวิทยากร
บ้านเทอดไทย	18.15	18.77	17.59	20.26
ชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น	17.53	18.32	16.00	19.03
หาดคำบอนวัฒนา	16.86	16.71	17.50	16.00
มุสลิมสันติธรรมมูลนิธิ	16.94	17.44	11.44	19.00
วัดพุทไธศวรรย์	15.52	17.94	11.29	16.77

4.6 แรงจูงใจ ความมั่นใจ และการเห็นคุณค่าของอาชีพอนาคต

แรงจูงใจของผู้เรียนเป็นตัวแปรแทรกซ้อนเชิงบวกที่ทำให้กระบวนการเรียนรู้เกิดผลอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะความรู้สึกว่า “ตนเองทำได้” ความสนุก ความท้าทาย และการมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างทักษะที่เรียนกับอาชีพในอนาคต สำหรับนักเรียนในพื้นที่ห่างไกล ประสบการณ์สำเร็จเล็ก ๆ เช่น การทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่งได้ เป็นฐานสำคัญของ self-efficacy และความกล้าเรียนรู้เทคโนโลยีที่ยากขึ้น

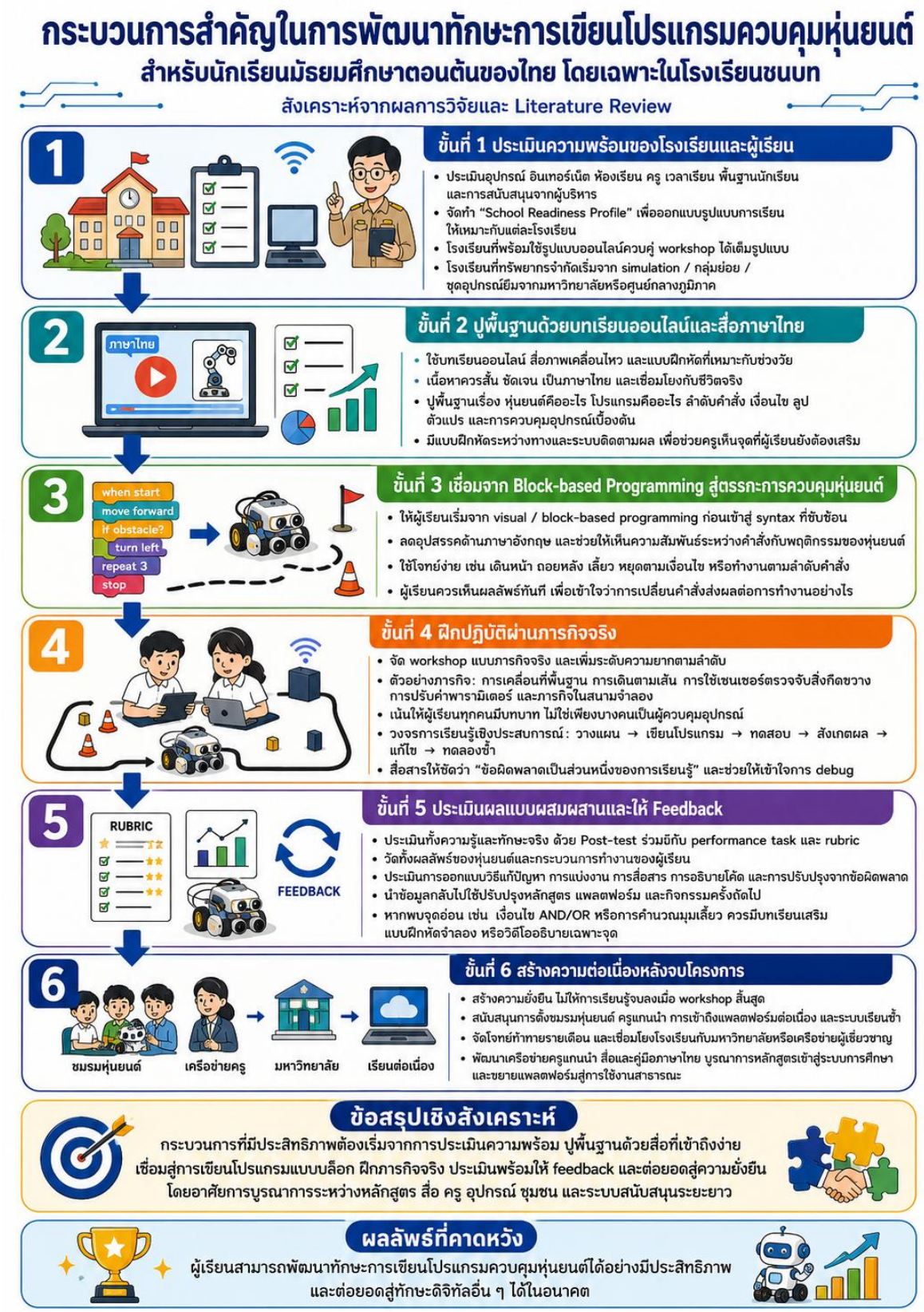
4.7 การประเมินตามสภาพจริงและการใช้ข้อมูลเพื่อปรับปรุงผู้เรียนรายบุคคล

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนบางกลุ่มมีคะแนนข้อสอบหลังเรียนลดลงหรือเพิ่มขึ้นไม่มาก แต่กลับสามารถทำภารกิจปฏิบัติได้ดี เช่น กรณีนักเรียนบางรายที่คะแนน Post-test ลดลง แต่คะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์จากการทำ Workshop 3 ได้ดีมาก ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่าแบบทดสอบปรนัยไม่สามารถวัดศักยภาพทั้งหมดของผู้เรียนด้าน robotics programming ได้

การประเมินจึงควรใช้หลายองค์ประกอบ ได้แก่ Pre-test เพื่อวัดพื้นฐาน Online quiz เพื่อประเมินระหว่างเรียน Performance task เพื่อวัดการควบคุมหุ่นยนต์จริง Rubric เพื่อวัดกระบวนการคิด การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีมและการนำเสนอ และ Reflection เพื่อวัดแรงจูงใจ ความมั่นใจ และเจตคติต่อเทคโนโลยี

5. **กระบวนการสำคัญในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์**

จากการสังเคราะห์ผลการวิจัยและผลการทบทวนวรรณกรรม สามารถสรุปกระบวนการพัฒนาทักษะที่เหมาะสมกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย โดยเฉพาะโรงเรียนชนบท ได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ ดังนี้



รูปที่ กระบวนการสำคัญในการพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ขั้นที่ 1 การประเมินความพร้อมของโรงเรียนและผู้เรียน

ก่อนเริ่มโครงการควรประเมินความพร้อมด้านอุปกรณ์ อินเทอร์เน็ต ห้องเรียน ครูผู้รับผิดชอบ เวลาเรียน พื้นฐานนักเรียน และการสนับสนุนจากผู้บริหาร เพื่อนำไปจัดทำ School Readiness Profile และออกแบบวิธีจัดการเรียนรู้ให้เหมาะกับบริบทของแต่ละโรงเรียน

ขั้นที่ 2 การปูพื้นฐานด้วยบทเรียนออนไลน์และสื่อภาษาไทย

ใช้บทเรียนออนไลน์ สื่อภาพเคลื่อนไหว และแบบฝึกหัดที่เหมาะกับช่วงวัย เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานเรื่องหุ่นยนต์ โปรแกรม ลำดับคำสั่ง เงื่อนไข ลูป ตัวแปร และการควบคุมอุปกรณ์

ขั้นที่ 3 การเชื่อมโยงจาก block-based programming ไปสู่ตรรกะของการควบคุมหุ่นยนต์

ให้ผู้เรียนเริ่มจาก visual programming เพื่อเข้าใจตรรกะก่อนเข้าสู่ syntax ที่ซับซ้อน ช่วยลดอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษและทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างคำสั่งกับพฤติกรรมของหุ่นยนต์

ขั้นที่ 4 การฝึกปฏิบัติผ่านภารกิจจริง

จัด workshop แบบภารกิจที่มีระดับความยากเพิ่มขึ้น เช่น การเคลื่อนที่พื้นฐาน การเดินตามเส้น การอ่านค่าเซนเซอร์ การตรวจจับสิ่งกีดขวาง และการแก้โจทย์ในสนามจำลอง โดยเน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีบทบาทในการทดลองจริง

ขั้นที่ 5 การประเมินผลแบบผสมผสานและการให้ feedback

ประเมินทั้งความรู้และทักษะจริงด้วย Post-test, Performance task และ Rubric พร้อมนำผลกลับไปปรับปรุงบทเรียน แพลตฟอร์ม และกิจกรรมเสริมเฉพาะจุด เช่น เงื่อนไข AND/OR การคำนวณมุมเลี้ยว หรือคำศัพท์ภาษาอังกฤษในโค้ด

ขั้นที่ 6 การสร้างความต่อเนื่องหลังจบโครงการ

จัดตั้งชมรมหุ่นยนต์ สร้างครูแกนนำ เปิดระบบเรียนซ้ำ จัดโจทย์ท้าทายรายเดือน และเชื่อมโยงโรงเรียนกับมหาวิทยาลัยหรือเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญ เพื่อไม่ให้การเรียนรู้สิ้นสุดเมื่อ workshop จบลง

6. บทวิเคราะห์เชิงลึกจากกรณีโรงเรียนในโครงการ

6.1 กรณีโรงเรียนบ้านเทอดไทย: ตัวอย่างความพร้อมแบบ Hardware-Software-Peopleware

โรงเรียนบ้านเทอดไทย จังหวัดเชียงราย เป็นกรณีที่มีผลสัมฤทธิ์สูงสุดในโครงการ โดยมีอัตราการผ่านเกณฑ์ประมาณร้อยละ 97 หรือ 38 จาก 39 คน ผลความสำเร็จดังกล่าวไม่ได้เกิดจากปัจจัยเดียว แต่เกิดจากความพร้อมร่วมกันของ 3 มิติ ได้แก่ Hardware หรือเครื่องมือที่พร้อมและทั่วถึง Software หรือกระบวนการเรียนรู้และเนื้อหาที่เหมาะสม และ Peopleware หรือครูและผู้เรียนที่มีแรงจูงใจและความพร้อมในการเรียนรู้

ปัจจัยด้านกายภาพของโรงเรียนมีความเข้มแข็ง มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 2 ห้อง พร้อมคอมพิวเตอร์ประมาณ 80-90 เครื่อง และมีการจัดสรรคอมพิวเตอร์พกพาให้นักเรียนใช้งานได้ทั่วถึง ประกอบกับมีครูคอมพิวเตอร์ประจำ 2 คน ทำให้การเรียนออนไลน์และการฝึกปฏิบัติต่อเนื่องกันได้ดี นักเรียนจึงสามารถก้าวข้ามอุปสรรคด้านภาษาอังกฤษและการเขียนโค้ด ไปสู่การเข้าใจตรรกะของคำสั่งและการทำงานเป็นทีมได้ชัดเจน

6.2 กรณีโรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น: คะแนนทฤษฎีไม่เปลี่ยนอย่างมีนัยสำคัญ แต่สมรรถนะปฏิบัติโดดเด่น

โรงเรียนชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น จังหวัดลพบุรี เป็นกรณีสำคัญที่ช่วยให้เห็นข้อจำกัดของการวัดผลด้วยคะแนนข้อสอบเพียงอย่างเดียว โรงเรียนนี้มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 2.42 จาก 25.65% เป็น 28.08% และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ โดยมี p-value เท่ากับ 0.4317 สาเหตุสำคัญคือความแปรปรวนของคะแนนรายบุคคลสูง มีนักเรียนที่คะแนนเพิ่มขึ้น 13 คน เท่าเดิม 2 คน และลดลง 11 คน

อย่างไรก็ตาม คะแนนภาคปฏิบัติใน Workshop 3 ของนักเรียนโรงเรียนนี้กลับอยู่ในระดับดีมากในหลายภารกิจ เช่น ภารกิจ A ได้ 17.53 คะแนน ภารกิจ B ได้ 18.32 คะแนน ภารกิจ F ได้ 16.00 คะแนน และคะแนนวิทยากรได้ 19.03 คะแนน ข้อมูลนี้สะท้อนว่า ผู้เรียนบางกลุ่มอาจไม่แสดงศักยภาพผ่านข้อสอบข้อเขียน แต่สามารถแสดงสมรรถนะจริงผ่านการลงมือทำ การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีมได้

6.3 กลุ่มนักเรียนที่คะแนน Post-test ลดลง ข้อจำกัดของข้อสอบและความจำเป็นของการประเมินอิงสมรรถนะ

ในกลุ่มนักเรียน 152 คนที่มีข้อมูลคะแนนครบเป็นคู่ พบว่ามีนักเรียน 44 คน หรือร้อยละ 28.9 ที่คะแนน Post-test ลดลงจาก Pre-test ปัจจัยที่พบได้แก่ อุปสรรคด้านภาษาอังกฤษและไวยากรณ์ของโค้ด ความสับสนกับตรรกะที่ซับซ้อน เช่น AND/OR และการคำนวณมุมเลี้ยว ระดับความยากของเนื้อหาในช่วงหลัง ทักษะการจดจ่อ และข้อจำกัดจากการทำงานเป็นกลุ่มใหญ่เกินไปที่ทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง

ข้อค้นพบสำคัญคือ นักเรียนบางรายที่คะแนนข้อสอบลดลงกลับมีคะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ผ่านเกณฑ์ เพราะทำคะแนน Workshop 3 ได้ดี จึงสรุปได้ว่าการวัดผลสำหรับทักษะ robotics programming ควรวัดด้วยการประเมินสมรรถนะจริงร่วมกับข้อสอบทฤษฎี ไม่ควรใช้ข้อสอบข้อเขียนเป็นมาตรวัดเดียวในการตัดสินความสำเร็จของผู้เรียน

7. การวิเคราะห์ตามสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยระบุว่า การฝึกอบรมที่เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาหลักสูตร แพลตฟอร์มการเรียนรู้ตามฐานสมรรถนะ การจัดการอบรมออนไลน์ และการฝึกเชิงปฏิบัติ จะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ที่ทำให้เยาวชนสามารถพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยสนับสนุนสมมติฐานดังกล่าวในระดับที่ชัดเจน กล่าวคือ ตัวแปรต้นไม่ได้ทำงานแยกส่วนกัน แต่ทำงานเป็นกระบวนการต่อเนื่อง โครงสร้างหลักสูตรและเนื้อหาทำหน้าที่กำหนดทิศทางการเรียนรู้ แพลตฟอร์มดิจิทัลทำหน้าที่เปิดการเข้าถึงและเตรียมความพร้อม การอบรมออนไลน์ทำหน้าที่สร้างฐานความรู้ ส่วนการฝึกเชิงปฏิบัติทำหน้าที่เปลี่ยนความรู้ให้กลายเป็นสมรรถนะจริง

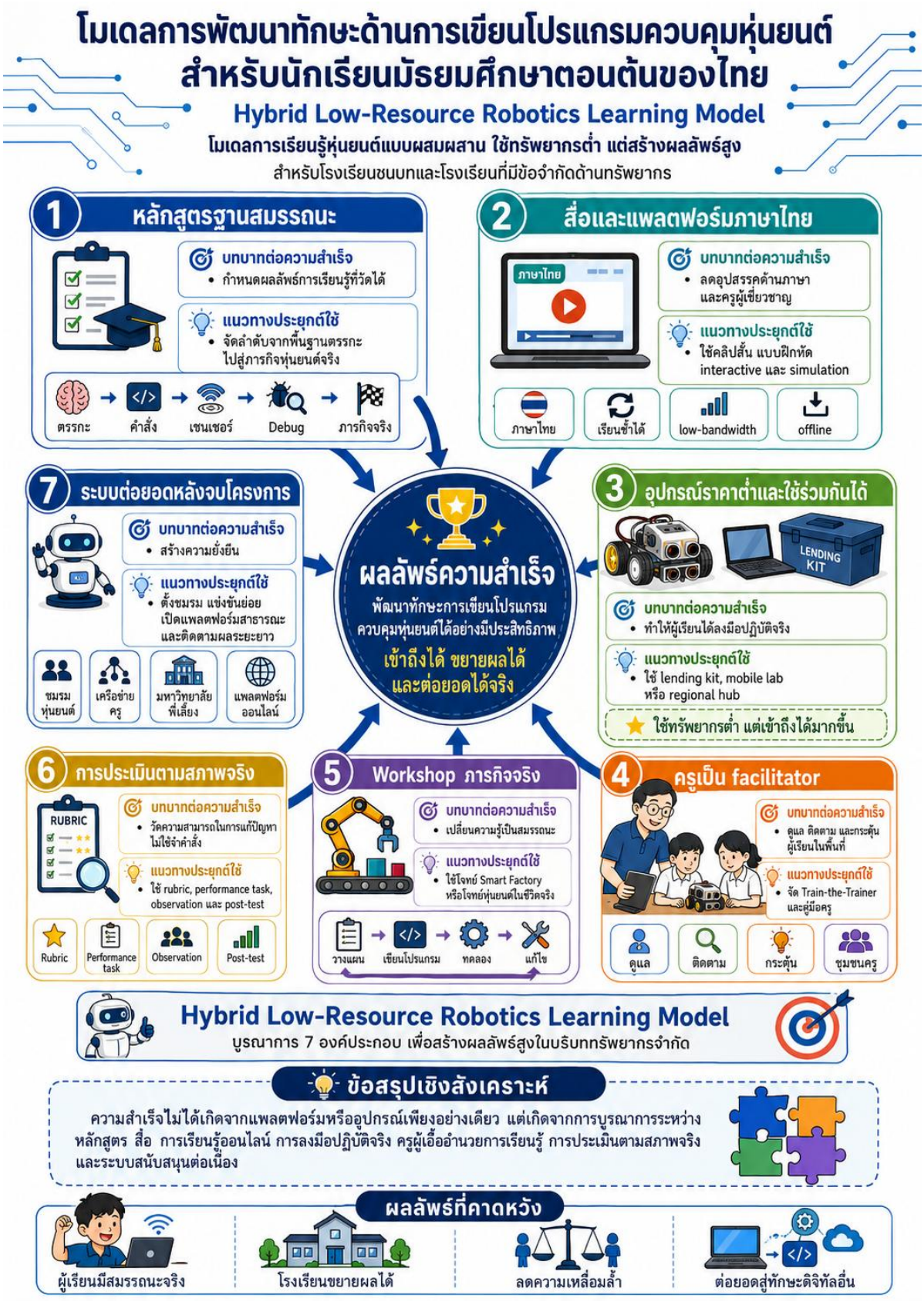
องค์ประกอบของตัวแปรต้น	บทบาทต่อการเรียนรู้	ผลที่เกิดกับผู้เรียน
โครงสร้างหลักสูตรฐานสมรรถนะ	กำหนดลำดับการเรียนรู้จากง่ายไปยาก	ผู้เรียนมีเส้นทางเรียนรู้ชัดเจน
เนื้อหาหลักสูตร	ถ่ายทอดแนวคิดพื้นฐานด้าน coding และ robotics	ผู้เรียนเข้าใจหลักการก่อนลงมือทำ
แพลตฟอร์ม Funbot	เปิดโอกาสให้เรียนรู้ด้วยตนเองและเตรียมความพร้อม	ลดข้อจำกัดด้านครูและเวลาเรียน
การอบรมออนไลน์	ปูพื้นฐานด้านทฤษฎีและตรรกะการเขียนโปรแกรม	สร้างฐานความรู้ก่อน workshop
การฝึกเชิงปฏิบัติ	ให้ผู้เรียนทดลอง แก้ปัญหาและควบคุมหุ่นยนต์จริง	เกิดสมรรถนะเชิงปฏิบัติและการแก้โจทย์จริง

หลักฐานเชิงปริมาณสนับสนุนทั้งระดับความรู้และระดับสมรรถนะจริง ในระดับความรู้ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และ 4 จาก 5 โรงเรียนมีพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในระดับสมรรถนะเชิงปฏิบัติ นักเรียนร้อยละ 81.82 ผ่านเกณฑ์สมรรถนะรวม โดยเฉพาะการประเมินจากภารกิจใน Workshop 3 ที่ให้ผู้เรียนแก้โจทย์ใหม่และใช้ทักษะจริงในการควบคุมหุ่นยนต์

อย่างไรก็ตาม การสนับสนุนสมมติฐานควรตีความอย่างมีเงื่อนไข เนื่องจากประสิทธิภาพของผลลัพธ์ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรแทรกซ้อน เช่น ความพร้อมของอุปกรณ์และอินเทอร์เน็ต บทบาทครู แรงจูงใจ ความสนุก ความท้าทาย ความมั่นใจของผู้เรียน และพื้นฐานเดิมของนักเรียน การขยายผลจึงต้องออกแบบให้ควบคุมหรือสนับสนุนตัวแปรเหล่านี้อย่างเป็นระบบ

8. โมเดลการเรียนรู้ทักษะดิจิทัลสำหรับโรงเรียนชนบทไทย

จากการสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด สามารถสรุปเป็นโมเดล “Hybrid Low-Resource Robotics Learning Model” หรือ “โมเดลการเรียนรู้หุ่นยนต์แบบผสมผสาน ใช้ทรัพยากรต่ำ แต่สร้างผลลัพธ์สูง” ซึ่งเหมาะกับโรงเรียนชนบทไทยที่มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ ครู และงบประมาณ แต่ยังสามารถสร้างผลลัพธ์สูงได้หากออกแบบระบบสนับสนุนครบถ้วน ดังรูปที่



รูปที่ โมเดลการเรียนรู้หุ่นยนต์แบบผสมผสาน ใช้ทรัพยากรต่ำ แต่สร้างผลลัพธ์สูง

องค์ประกอบ	บทบาทต่อความสำเร็จ	แนวทางประยุกต์ใช้ในโรงเรียนชนบท
หลักสูตรฐานสมรรถนะ	กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ที่วัดได้	จัดลำดับจากพื้นฐานตรรกะไปสู่ภารกิจหุ่นยนต์จริง
สื่อและแพลตฟอร์มภาษาไทย	ลดอุปสรรคด้านภาษาและครูผู้เชี่ยวชาญ	ใช้คลิปสั้น แบบฝึกหัด interactive และ simulation
อุปกรณ์ราคาต่ำและใช้ร่วมกันได้	ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง	ใช้ lending kit, mobile lab หรือ regional hub
ครูเป็น facilitator	ดูแล ติดตาม และกระตุ้นผู้เรียนในพื้นที่	จัด Train-the-Trainer และคู่มือครู
Workshop ภารกิจจริง	เปลี่ยนความรู้เป็นสมรรถนะ	ใช้โจทย์ Smart Factory หรือโจทย์หุ่นยนต์ในชีวิตจริง
การประเมินตามสภาพจริง	วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ไม่ใช่จำคำสั่ง	ใช้ rubric, performance task, observation และ post-test
ระบบต่อยอดหลังจบโครงการ	สร้างความยั่งยืน	ตั้งชมรม แข่งขันย่อย เปิดแพลตฟอร์มสาธารณะ และติดตามผลระยะยาว

โมเดลนี้สามารถอธิบายเป็นลำดับปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ได้ดังนี้ ปัจจัยนำเข้าคือ แพลตฟอร์มออนไลน์ ชุดหุ่นยนต์ที่ใช้ร่วมกันได้ อินเทอร์เน็ตที่เข้าถึงได้ และครูผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ กระบวนการคือการเตรียมความพร้อมออนไลน์ การฝึกภาคปฏิบัติ และภารกิจท้าทายตามแนวทาง STEM ส่วนผลลัพธ์คือทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ ผลสัมฤทธิ์เชิงสมรรถนะ แรงจูงใจต่ออาชีพอนาคต ทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน และทัศนคติเชิงบวกต่อเทคโนโลยี

9. ข้อเสนอแนะเพื่อการขยายผล

เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถต่อยอดเป็นแนวทางระดับระบบสำหรับโรงเรียนชนบทไทย คณะผู้วิจัยเสนอแนวทางดังนี้

1) พัฒนาชุดหลักสูตรฐานสมรรถนะกลางที่ยืดหยุ่น โดยกำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ชัดเจน แต่เปิดให้โรงเรียนปรับเวลาเรียน กิจกรรม และระดับความยากตามบริบทของตนเอง

2) ปรับแพลตฟอร์มให้รองรับอินเทอร์เน็ตต่ำ การเรียนแบบ offline package การเรียนซ้ำ ระบบสอบซ่อม และ simulation เพื่อให้โรงเรียนที่มีข้อจำกัดด้านอุปกรณ์สามารถเริ่มต้นได้

3) จัดระบบยืมชุดหุ่นยนต์หรือศูนย์อุปกรณ์ระดับภูมิภาค โดยใช้มหาวิทยาลัยหรือเครือข่ายสถานศึกษาเป็นศูนย์กลาง เพื่อช่วยลดต้นทุนของโรงเรียนขนาดเล็ก

4) สร้างครูแกนนำระดับภูมิภาคผ่านระบบ Train-the-Trainer และชุมชนครูออนไลน์ เพื่อให้ครูในพื้นที่สามารถดูแลการเรียนรู้ต่อเนื่องหลังจบโครงการ

5) กำหนดมาตรฐานสัดส่วนผู้เรียนต่ออุปกรณ์ไม่เกิน 3-5 คนต่อชุด เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีโอกาสลงมือปฏิบัติจริง

6) ใช้การประเมินแบบอิงสมรรถนะเป็นมาตรฐานร่วมกับข้อสอบ โดยให้ความสำคัญกับภารกิจจริง rubric portfolio การสังเกต และ reflection

7) พัฒนาเส้นทางต่อยอดหลังจบโครงการ เช่น ชมรมหุ่นยนต์ โจทย์ท้าทายรายเดือน การแข่งขันระดับพื้นที่ และการเชื่อมโยงกับอาชีพด้านหุ่นยนต์ ระบบอัตโนมัติ AI และ IoT

10. บทสรุป

ผลการวิจัยยืนยันว่า การพัฒนาทักษะด้านการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นของไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล จำเป็นต้องใช้แนวทางแบบบูรณาการทั้งระบบ ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากแพลตฟอร์ม หลักสูตร หรืออุปกรณ์เพียงองค์ประกอบเดียว แต่เกิดจากการทำงานร่วมกันของหลักสูตรฐานสมรรถนะ สื่อภาษาไทยที่ลดอุปสรรค แพลตฟอร์มที่เข้าถึงง่าย อุปกรณ์ที่เพียงพอ ครูผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ กิจกรรมลงมือปฏิบัติจริง การประเมินตามสภาพจริง และระบบสนับสนุนต่อเนื่อง

ผลลัพธ์เชิงประจักษ์จากโรงเรียนเป้าหมาย 5 แห่งแสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 4 จาก 5 โรงเรียนมีพัฒนาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนร้อยละ 81.82 ผ่านเกณฑ์สมรรถนะรวมที่สะท้อนทั้งความรู้และทักษะปฏิบัติ ผลดังกล่าวสนับสนุนสมมติฐานการวิจัยว่า การฝึกอบรมที่เหมาะสมสามารถทำให้เยาวชนพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในเชิงนโยบาย โมเดล Hybrid Low-Resource Robotics Learning Model สามารถใช้เป็นต้นแบบในการลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีระหว่างโรงเรียนในเมืองและโรงเรียนชนบท และยังสามารถประยุกต์ต่อยอดไปสู่การพัฒนาทักษะดิจิทัลอื่น ๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบอัตโนมัติ และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้น โครงการนี้จึงไม่เพียงเป็นการพัฒนาทักษะหุ่นยนต์ในระยะสั้น แต่เป็นรากฐานของการสร้างกำลังคนดิจิทัลของประเทศในระยะยาว