บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครมีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาแนวทางในการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้ในการพัฒนาระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2) พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันบล็อกเชนในการรับรองผลการเรียนแบบไมโครของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 1) ข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจากโครงการ STOU MODULAR และโครงการ MOOCs ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 2,000 รายการ 2) แบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-depth Interview) 3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ 4) เทคโนโลยีที่ใช้เป็น Blockchain Technology บน Ethereum platform ประเภทสาธารณะ (Public Blockchain) 5) ซอฟต์แวร์สำหรับสร้าง Ethereum platform 5) ซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาเว็บ 6) ฮาร์ดแวร์ส่วนที่เป็น Desktop เพื่อเป็น Server ในการติดตั้งระบบและโน้ตบุ๊กเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยสรุปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1.1 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการจัดการศึกษาโครงการ STOU MODULAR และศึกษาเทคโนโลยีบล็อกเชน พบว่าผู้ใช้งานมีความต้องการให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR จากอินเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากผู้เรียนเข้าศึกษาและเข้าร่วมทำกิจกรรมของชุดวิชาออนไลน์ผ่านอินเทอร์เน็ตอยู่แล้ว และเทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถให้ความมั่นใจในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลที่จัดเก็บอยู่บนอินเทอร์เน็ตได้เนื่องจากคุณสมบัติในการจัดเก็บข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการเข้ารหัสข้อมูลก่อนการจัดเก็บในฐานข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนในการรับรองผลการเรียนแบบไมโครของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

1.2 ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชัน ที่ประกอบด้วย 6 โมดูลหลัก และฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวข้อง ในด้านการจัดการผู้ใช้ การจัดการโครงการและหลักสูตร การนำข้อมูลเข้าทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม การแปลงข้อมูลจากตารางข้อมูลเข้าสู่บล็อกเชน การตรวจสอบข้อมูล/ค้นหาข้อมูลรับรองผลการเรียนในบล็อกเชน และการแสดงผลลัพธ์ทั้งที่บนจอภาพและรายงาน โดยให้ผู้ใช้

เป็นเจ้าหน้าที่จากสำนักการศึกษาต่อเนื่องซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบนี้โดยตรง ทดสอบการใช้งานแล้วว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ จึงจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการของระบบแบบออนไลน์ให้กับผู้ใช้โดยตรงและผู้ที่สนใจ พร้อมกับทำการประเมินระบบหลังการฝึกอบรมฯ แล้ว

1.3 ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานโดยเฉพาะและผู้ใช้ที่สนใจจากสำนักการศึกษาต่อเนื่อง จำนวน 9 คน และวิเคราะห์ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ใน 7 หัวข้อ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในภาพรวมโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.5,S.D.=0.7) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าข้อที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด คือ ความปลอดภัยและการกำหนดระดับสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบฯและข้อมูลเพียงพอและตรงตามความต้องการ ($\bar{X}$= 4.7,S.D.=0.5) รองลงมาคือ การสืบค้นข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7) และเมนูคำสั่งต่าง ๆ ครอบคลุมตามความต้องการ ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7) ความปลอดภัยในการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครแทนการออกใบรับรองผลการเรียนแบบเดิม ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7) และความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบฯ ($\bar{X}$ = 4.6,S.D.=0.7 ส่วนหัวข้อที่ผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำสุด ($\bar{X}$= 4.3,S.D.=0.7) ได้แก่ การนำเข้าและบันทึกข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

2. อภิปรายผล

2.1 การพัฒนาต้นแบบระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโคร เป็นแนวทางหนึ่งจากความคิดเห็นของผู้ใช้ที่จะอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR จากอินเทอร์เน็ตได้ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนซึ่งสามารถให้ความมั่นใจในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลที่จัดเก็บอยู่บนอินเทอร์เน็ตได้

2.2 เมื่อผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครเสร็จแล้ว จัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการของระบบแบบออนไลน์ให้กับผู้ใช้โดยตรงและผู้ที่สนใจ พร้อมกับทำการประเมินระบบหลังการฝึกอบรม พบว่าข้อที่มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด คือ ความปลอดภัยและการกำหนดระดับสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบฯและข้อมูลเพียงพอและตรงตามความต้องการ ($\bar{X}$= 4.7,S.D.=0.5) ซึ่งเป็นไปตามหลักการรักษาความปลอดภัยข้อมูล ข้อมูลของเทคโนโลยีบล็อกเชนที่เชื่อถือได้ รองลงมาคือ การสืบค้นข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7) และเมนูคำสั่งต่าง ๆ ครอบคลุมตามความต้องการ ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7) เนื่องจากผู้วิจัยได้พัฒนาระบบแบบแอไจล์ (agile methodology) ซึ่งการทำงานใกล้ชิดกับผู้ใช้สร้างต้นแบบไปทีละส่วนให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้และทดสอบไปทีละโมดูล ความปลอดภัยในการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครแทนการออกใบรับรองผลการเรียนแบบเดิม ($\bar{X}$= 4.6,S.D.=0.7)

และความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบฯ ($\bar{X}$ = 4.6,S.D.=0.7) เนื่องจากว่าผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลและใบรับรองผลการเรียนได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องติดต่อเจ้าหน้าที่ซึ่งเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน และเจ้าหน้าที่เองไม่ต้องติดต่อให้ผู้เรียนมารับใบรับรอง จึงเป็นที่พึงพอใจของเจ้าหน้าที่ ส่วนหัวข้อที่ผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ำสุด ($\bar{X}$= 4.3,S.D.=0.7) ได้แก่ การนำเข้าและบันทึกข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว เนื่องจากการนำเข้าข้อมูลต้องมีการตรวจสอบข้อมูลและชื่อไฟล์ภาพใบรับรอง และใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อเข้ารหัสข้อมูลก่อนจัดเก็บลงสู่ฐานข้อมูลบล็อกเชน จึงทำให้เกิดความล่าช้าบ้าง

2.3 การพัฒนาต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโคร ได้ใช้กระบวนการพัฒนาแบบแอไจล์ (agile methodology) ที่เน้นการทำงานใกล้ชิดกับผู้ใช้และพัฒนาต้นแบบได้ด้วยความยืดหยุ่นและรวดเร็ว โดยสร้างต้นแบบไปทีละส่วนให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้และทดสอบไปทีละโมดูล ทำให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.4 ข้อมูลที่ใช้ในระบบนี้เป็นข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจากโครงการ STOU MODULAR และโครงการ MOOCs ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 2,000 รายการ โดยออกแบบคัดเลือกตัวแปรมาเพียงบางส่วนเพื่อใช้ในการบันทึกและค้นหา ได้แก่ รหัสผู้ใช้ รหัสผ่าน ชื่อสกุลผู้เรียน ชื่อหลักสูตร จำนวนชั่วโมง รุ่นที่ หน่วยกิต และชื่อภาพใบสมรรถนะบัตร โดยรหัสผู้ใช้จะใช้เพียงส่วนชื่อ ไม่มีส่วนของ @address และไม่มีชื่อสกุลของผู้เรียน เพื่อป้องกันการละเมินของมูลส่วนบุคคล ซึ่งเป็นข้อมูลผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษาจากโครงการ STOU MODULAR จากสำนักการศึกษาต่อเนื่อง และข้อมูลผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษา MOOCs ในโครงการที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชมีร่วมกับโครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thailand Cyber University Project - TCU) จำนวน 2,000 รายการ

2.5 เทคโนโลยีบล็อกเชนที่ใช้เป็นอีเธอเลียมแพลตฟอร์ม (Ethereum Platform) แบบพับลิกบล็อกเชน (Public Blockchain) โดยใช้เครื่องมือTruffle framework, Ganache และ Metamask ในการสร้างเครือข่ายบล็อกเชน และชุดโปรแกรมเอ็กซ์เอเอ็มพีพีสำหรับการให้บริการผ่านเว็บผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และภาษา Solidity ที่ใช้พัฒนาเป็นภาษามาตรฐานที่ใช้บนแพลตฟอร์มของอีเธอเรียมในการสร้างสมาร์ตคอนแทก (smart contact) ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ภายใต้แพลตฟอร์มนี้ได้

2.6 กลุ่มตัวอย่างในการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบเป็นกลุ่มตัวอย่างเฉพาะและเป็นการศึกษาจากผู้ใช้งานโดยตรงของโครงการ STOU MODULAR จากฝ่ายพัฒนาสื่อและเทคโนโลยีการฝึกอบรม สำนักการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จำนวน 9 คน

2.7 การนำเข้าข้อมูลผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษาในระบบไมโคร แนวปฏิบัติที่ดีคือ

1) ตรวจสอบไฟล์ว่ามีการใช้ไฟล์ภาพสมรรถนะเดิมหรือไม่ เพื่อป้องกันการนำเข้าข้อมูลซ้ำ

2) ตรวจสอบค่าแฮชของไฟล์ทุกครั้งที่เรียกดูข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่ามีการลักลอบแก้ไขเปลี่ยนแปลงไฟล์หลังจากนำข้อมูลเข้าระบบหรือไม่

2.8 ข้อมูลผู้เรียนในระบบนี้ สามารถจัดเก็บ ตรวจสอบ ค้นหา ช่วยทำให้ผู้เรียนและผู้ใช้ของมหาวิทยาลัยเข้าถึงได้ด้วยตนเองจากอินเทอร์เน็ต ที่มีความปลอดภัยสูง ยังคงอยู่สามารถใช้อ้างอิงได้ตลอดเวลาและไม่มีค่าใช้จ่าย

2.9 งานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sharples and Domingue (2016) ที่กล่าวถึงการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนในการจัดเก็บข้อมูลทางการศึกษา และงานวิจัยของ Jirgensons and Kapenieks (2018) กล่าวถึง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนกับการบริหารจัดการและการประเมินผลเพื่อการออกใบรับรองผลการเรียนแบบดิจิทัลในอนาคต โดยใบรับรองผลการเรียนแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถออกแบบการเรียนรู้ตลอดชีวิตของตนเองในลักษณะการศึกษาส่วนบุคคลตามความจำเป็นและคุณค่าที่ผู้เรียนแต่ละคนต้องการ และสอดคล้องกับ Grech and Camilleri (2017) นำเสนอกรณีศึกษาที่หลายมหาวิทยาลัยนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการศึกษา และเป็นไปตามนโยบายของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมที่มีนโยบายชัดเจนในการส่งเสริมให้สถาบันอุดมศึกษาทั้งภาครัฐและภาคเอกชนนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการบริหารงานและการให้บริการนิสิตนักศึกษา ประชาชน และหน่วยงานต่าง ๆ

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) การจะนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้งานได้นั้น มหาวิทยาลัยจะต้องกำหนดนโยบาย กฎระเบียบ แนวปฏิบัติในการนำเข้าข้อมูลผู้เรียนเข้าสู่ระบบ และหากสถาบันหรือหน่วยงานการศึกษาอื่นที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าถึงข้อมูลการสำเร็จการศึกษาระบบไมโครได้ด้วยตนเอง สามารถทำความร่วมมือและทำข้อตกลง เพื่อสนับสนุนการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นรูปธรรมได้

2) มหาวิทยาลัยจะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบ เมื่อต้องการนำข้อมูลของผู้เรียนเข้าระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครนี้และต้องได้รับความยินยอมจากผู้เรียนที่เป็นเจ้าของข้อมูลก่อนดำเนินการ ตรวจสอบข้อมูลหลังจากดำเนินการแล้ว นอกจากนี้อาจจะต้องทำการศึกษาต่อไปว่าควรให้ผู้เรียนเป็นผู้ให้สิทธิแก่สถาบันการศึกษาใดบ้างในการบันทึกหรือเรียกดูข้อมูลโดยการใช้ private/public keys ด้วยหรือไม่

3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบรับรองผลการเรียนแบบไมโครโดยเน้นการอำนวยความสะดวกให้กับมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในการจัดเก็บข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาโครงการ STOU MODULAR ให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ด้วยตนเอง และใช้แพลตฟอร์มบนเครื่องเดสก์ท็อป อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังขาดการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนในการใช้งานระบบ จึงควรมีการศึกษาการใช้งานจากผู้เรียนในการวิจัยในครั้งต่อไป ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้ไม่รวมการใช้เทคโนโลยีลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความเป็นเจ้าของข้อมูลได้ หรือการใช้แพลตฟอร์มบนคลาวด์ ดังนั้น การต่อยอดงานวิจัยนี้ในอนาคตสามารถนำประเด็นเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อปรับปรุงและเติมเต็มให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและรองรับการทำงานที่มีขอบเขตการให้บริการที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นได้