

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบไมโครครีเดนเชียลส์

The Application of Blockchain Technology for Micro-Credentials System

ณัฐพร เเห็นเจริญเลิศ¹ วรัญญา ปุณณวัฒน์² และอำนาจ ธรรมกิจ³
^{1,2}สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
³สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 9/9 ถนนแจ้งวัฒนะ
ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด นนทบุรี 11120

Nuttaporn Hencharoenlert¹, Waranya Poonnawat² and Amnat Thammakit³

¹School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, nuttaporn.hen@stou.ac.th

² School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, waranya.poo@stou.ac.th

³Office of Computer Service, Sukhothai Thammathirat Open University, amnat.tha@stou.ac.th

9/9 Chaengwattana Rd., Bangpood, Pakkret Nonthaburi 11120

วันที่รับบทความ: 8 เมษายน 2566

วันแก้ไขบทความ: 7 มิถุนายน 2566

วันตอบรับบทความ: 26 มิถุนายน 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบไมโครครีเดนเชียลส์โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้ในการพัฒนาระบบไมโครครีเดนเชียลส์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2) เพื่อพัฒนาระบบแอปพลิเคชันบล็อกเชนในการรับรองผลการเรียนแบบไมโครของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ได้แก่ 1) คณะอนุกรรมการพัฒนาระบบจัดการเรียนการสอนแบบโมดูล และ 2) ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่จากสำนักการศึกษาต่อเนื่อง ตัวอย่างข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษากว่า 2,000 รายการ ในปี พ.ศ. 2563 ได้มาจากโครงการ STOU MODULAR และโครงการ MOOCs เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินความพึงพอใจ คือแบบสอบถาม เครื่องมือในการสร้างเครือข่ายบล็อกเชน ได้แก่ อิเธอเรียมแพลตฟอร์ม เฟรมเวิร์กทรีฟเฟิล กานาซ และเมทามาร์ก ชุดโปรแกรม XAMPP ใช้สำหรับการให้บริการเว็บผ่านอินเทอร์เน็ต สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) เทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบไมโครครีเดนเชียลส์ได้อย่างมั่นคงปลอดภัย 2) ระบบแอปพลิเคชันประกอบด้วย 6 โมดูล ได้แก่ การจัดการผู้ใช้ การจัดการหลักสูตร การเตรียมข้อมูลผู้เรียน การแปลงข้อมูลผู้เรียนเข้าสู่เครือข่ายบล็อกเชน การค้นหา และรายงาน และผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ในภาพรวมโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: เทคโนโลยีบล็อกเชน, อิเธอเรียม, ระบบไมโครครีเดนเชียลส์

ABSTRACT

This research was an application of blockchain technology for the micro-credential system. The research objectives were 1) to study the approach to the application of blockchain technology to the micro-credential

system at Sukhothai Thammathirat Open University; 2) to develop a prototype of blockchain application for the micro-credential system of Sukhothai Thammathirat Open University, and to evaluate the user satisfaction. The samples for evaluating user satisfaction were 1) the sub-committee on the modular learning management system, and 2) the director and the officers from the Office of Continuing Education. There were 2,000 records of graduate data sample in 2020 collected from the STOU MODULAR projects and MOOCs projects. Tools for building the blockchain network were the Ethereum platform, Truffle framework, Ganache, Metamask, and XAMPP package. The statistics for data analysis were percentage, mean, and standard deviation. The results showed that 1) the blockchain technology was able to be applied to the micro-credential system securely; 2) the prototype of the application was consisted of 6 modules. The evaluation of the overall user satisfaction was at the highest level.

KEYWORDS: blockchain technology, Ethereum, micro-credential system

1. บทนำ

การเรียนรู้โดยได้รับใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครครีเดนเชียล (micro-credentials) หรือแบบย่อ (mini-certificates) นั้น พบเห็นมากในรูปแบบที่เป็นดิจิทัลแบดจ์ (digital badge) โดยเฉพาะการเรียนรู้เนื้อหาแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นแนวโน้มที่สถาบันการศึกษาหรือหน่วยงานเอกชนทั่วโลกหลายแห่งหลายระดับทั้งแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการกำลังนิยมและให้ความสนใจ ซึ่งตอบสนองต่อแนวคิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (lifelong learning)

การเรียนรู้แบบไมโครครีเดนเชียลนั้น เป็นลักษณะการเรียนรู้ที่เพิ่มเติมให้กับผู้เรียนในทุกกลุ่มทุกวัย ทั้งที่เป็นนักเรียน นักศึกษา ผู้ที่ทำงานแล้ว ผู้ว่างงาน หรือผู้สูงอายุ รวมถึง ผู้ที่ต้องการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ เป้าหมายหลักคือ ต้องการเพิ่มพูนความรู้หรือทักษะที่ทันสมัยให้กับตัวผู้เรียน โดยเฉพาะการพัฒนาตนเองในด้านวิชาชีพ (professional development) หรือทักษะเฉพาะด้าน (specific areas/skills) สำหรับใช้ในการทำงาน ผู้เรียนสามารถออกแบบการเรียนรู้โดยเลือกเนื้อหาทั้งทฤษฎีและทักษะที่ตนเองสนใจเรียนได้เองเพื่อเสริมงานที่ทำอยู่หรือตอบสนองความสนใจส่วนตัว

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชมีโครงการจัดการเรียนการสอนที่มีลักษณะแบบไมโครครีเดนเชียล (Micro-Credentials) คือโครงการ STOU MODULAR ซึ่งเป็นการศึกษาทางไกลระดับต่ำกว่าปริญญา (Non-degree) เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 โดยการเรียนรู้นี้ จะเน้นการพัฒนาหรือเพิ่มทักษะการทำงานที่ทันสมัย เพื่อตอบสนองต่อความต้องการพัฒนาทรัพยากรบุคคลขององค์กรและหน่วยงาน การรับรองหน่วยกิตมีลักษณะยืดหยุ่น โดย 1 โมดูลการเรียนรู้จะเทียบได้ 1-3 หน่วยกิต ขึ้นกับจำนวนชั่วโมงการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิตในระบบการศึกษาทางไกลได้เป็นอย่างดี

และยังมีหลายมหาวิทยาลัยที่สนใจการจัดการศึกษาลักษณะแบบไมโครครีเดนเชียล เช่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) มีนโยบายปรับระบบการศึกษาแบบเดิมเข้าสู่วัตกรรมการศึกษาที่เรียกว่า KMUTT Micro-Credential ที่เน้นการพิสูจน์และพัฒนาความสามารถที่เฉพาะเจาะจงของผู้เรียน (Competency-Based Learning) โดยใช้ความต้องการของผู้เรียนและตลาดแรงงานเป็นตัวตั้งให้กับนักศึกษาและผู้สนใจผ่านระบบ KMUTT Micro-Credential สำหรับการพิสูจน์ความสามารถนั้น ผู้ที่ประสงค์ขอการรับรองความสามารถ ไม่จำเป็นต้องเข้าชั้นเรียน แต่สามารถใช้หลักฐานต่าง ๆ ที่แสดงถึงความชำนาญในการนำความรู้ไปใช้กับงานได้จริง การแก้ปัญหาจริง ด้วยระบบการเรียนการสอนที่ผ่านการออกแบบและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเมื่อผ่านการพิสูจน์ความสามารถแล้ว ผู้เรียนหรือผู้ขอการรับรองจะได้รับประกาศนียบัตรดิจิทัลขนาดเล็ก (Digital Badge) ซึ่งสามารถสะสมเป็นหน่วยกิตสำหรับรับปริญญาได้ต่อไป โดย มจธ. จะเปิดให้ผู้สนใจสามารถเข้ามาใช้ระบบ Micro-Credential ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563 (<https://www.engineeringtoday.net/มจธ-จับมือ-digital-promise/>)

นอกจากนี้ยังมีมหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังสนใจพัฒนาหลักสูตร Non-degree แบบ Micro-Credentials โดยได้จัดโครงการอบรมการพัฒนาหลักสูตร Non-degree แบบ Micro-Credentials เมื่อวันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2563

(<http://service.buu.ac.th/index.php/news10sep2020/>) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) มีหลักสูตรประกาศนียบัตร (Non-degree) จำนวน 7 หลักสูตรในโครงการสร้างบัณฑิตพันธุ์ใหม่และกำลังคนที่มีสมรรถนะเพื่อตอบโจทย์ภาคการผลิตตามนโยบายการปฏิรูปอุดมศึกษาไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 (<https://www.kmutnb.ac.th/news/university-news/มจพ-สร้างบัณฑิตพันธุ์ใหม่-เนนสมรรถนะชนสง-ตอบโจ.aspx>) อีกทั้งกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ดำเนินโครงการพัฒนาทักษะกำลังคนของประเทศ (Reskill/Upskill/Newskill) เพื่อการมีงานทำและการเตรียมความพร้อมรองรับการทำงานในอนาคตหลังวิกฤต COVID-19 ให้กับกลุ่มเป้าหมายได้มีงานทำอย่างเร่งด่วน มุ่งพัฒนาวิชาชีพตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เพื่อการมีงานทำ โดยได้เปิดตัวแพลตฟอร์มออนไลน์ “Future Skill x New Career Thailand” และได้สนับสนุนงบประมาณรวมทั้งสิ้น 14,000,000 บาท ให้สถาบันอุดมศึกษาพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะที่เป็นหลักสูตรฝึกอบรม (Non-degree) เพื่อเป็นการลงทุนในมนุษย์และให้ปัญญามนุษย์ในการต่อสู้กับ COVID-19 อย่างแท้จริง และรับมือการอยู่ในโลกศตวรรษที่ 21 ที่เกิดการก้าวกระโดดด้านเทคโนโลยี (technology disruption) โครงการนี้มีสถาบันอุดมศึกษานำร่องที่ผ่านการคัดเลือกจากคณะกรรมการบริหารโครงการของ อว. จำนวน 19 แห่ง ในหลักสูตรประกาศนียบัตร (Non-degree) และมีมหาวิทยาลัยของรัฐ 17 แห่ง (<https://www.adslthailand.com/post/7001>)

จะเห็นว่าหลายมหาวิทยาลัยมีความสนใจและเปิดโครงการจัดการเรียนการสอนแบบไมโครครีเดนเชียลส์กันอย่างหลากหลาย เพื่อส่งเสริมการศึกษาการเรียนรู้ตลอดชีวิต ให้สามารถพัฒนาสมรรถนะส่วนบุคคลได้ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครครีเดนเชียลส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น มักจะไม่ปรากฏอยู่ในเอกสารที่เป็นทางการ เอกสารสำเร็จการศึกษา หรือจัดเก็บกระจายตามหน่วยงานที่ออกใบรับรอง มีข้อจำกัดที่สำคัญหลายประการ เช่น ความน่าเชื่อถือของใบรับรองผลการเรียนซึ่งอาจมีการปลอมแปลง การตรวจสอบกับต้นสังกัดว่าเป็นใบรับรองฉบับจริงที่ออกให้โดยต้นสังกัดซึ่งใช้เวลานาน หน่วยงานที่ออกใบรับรองผลการเรียนปิดตัวลงทำให้ใบรับรองเป็นโมฆะ การไม่สามารถเข้าถึงใบรับรองผลการเรียนของผู้เรียนด้วยตนเองต้องขอผ่านหน่วยงานต้นสังกัด และอาจมีค่าใช้จ่าย ความปลอดภัยของใบรับรองผลการเรียนว่าจะไม่มีผู้ประสงค์ร้ายเข้ามาแก้ไขหรือขโมยไป เป็นต้น อีกทั้งมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชเองก็ยังไม่มียุทธศาสตร์หรือแอปพลิเคชันเพื่อให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบการรับรองผลการเรียนของ STOU MODULAR ด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในยกระดับการพัฒนาสมรรถนะส่วนบุคคล

เทคโนโลยีบล็อกเชน (blockchain technology) เป็นเทคโนโลยีการบันทึกธุรกรรมแบบกระจายซึ่งมีความปลอดภัยสูง ข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชนจะไม่สามารถถูกขโมยหรือทำการเปลี่ยนแปลงได้ การบันทึกข้อมูลลงในบล็อกเชนต้องได้รับฉันทามติจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ว่าเป็นธุรกรรมจริง โดยไม่มีหน่วยงานใดหรือใครเป็นผู้ควบคุมเพียงคนเดียว (no single point of control) จึงทำให้มั่นใจได้ว่าหากบันทึกข้อมูลใบรับรองผลการเรียนลงในบล็อกเชนแล้วจะไม่สามารถปลอมแปลงได้อย่างแน่นอน

จากประเด็นที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเทคโนโลยีบล็อกเชนมาประยุกต์ใช้กับงานด้านการศึกษาทางไกล ในประเด็นเกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการรับรองผลการเรียนแบบไมโครครีเดนเชียลส์ (Micro-Credentials) ในรูปแบบดิจิทัลที่มีความปลอดภัย สามารถใช้ร่วมกับหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาที่มีข้อตกลงความร่วมมือการจัดการเรียนการสอนแบบไมโครครีเดนเชียลส์ รวมทั้งผู้เรียนสามารถเข้าถึงจากอินเทอร์เน็ตด้วยตนเองได้ ทีมวิจัยจึงนำเสนอโครงการวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันบล็อกเชนสำหรับระบบไมโครครีเดนเชียลส์ซึ่งคาดว่าจะประโยชน์ และเป็นแนวทางในการจัดการใบรับรองผลการเรียนสำหรับการเรียนการสอน STOU MODULAR ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาแนวทางในการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนมาใช้ในการพัฒนาระบบไมโครครีเดนเชียลส์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช โดยใช้แพลตฟอร์มบล็อกเชนแบบเปิด เพื่อให้สถาบันการศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบไมโครครีเดนเชียลส์สามารถใช้งานร่วมกันได้

- 2.2 เพื่อพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันบล็อกเชนในการรับรองผลการเรียนแบบไมโครครีเดนเชียลส์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบไมโครครีเดนเชียลส์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้า ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.1 เทคโนโลยีบล็อกเชน แพลตฟอร์มอีเธอเรียม และระบบการออกใบรับรองดิจิทัล

เทคโนโลยีบล็อกเชน (blockchain) เป็นเทคโนโลยีของสถาปัตยกรรมการกระจายซึ่งคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเครือข่ายเรียกว่า โหนด (node) จะทำการประมวลผลและบันทึกรายการข้อมูล (transaction) ในลักษณะที่เรียกว่า บล็อก (block) โดยในแต่ละบล็อกข้อมูลจะถูกบันทึกเพียงครั้งเดียว ทุกบล็อกจะต้องได้รับการพิสูจน์ว่าถูกต้องและได้รับการยอมรับอย่างเป็นทางการในเครือข่ายก่อนการบันทึก การเรียงลำดับจะต่อกับบล็อกก่อนหน้านี้ และแต่ละบล็อกจะมีการเข้ารหัสไว้ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้คีย์สาธารณะ (public key) และคีย์ส่วนตัว (private key) เพื่อรักษาความมั่นคงปลอดภัย ทั้งนี้ แต่ละโหนดในเครือข่ายจะดูแลและตรวจสอบกันโดยมีแรงจูงใจทางเศรษฐศาสตร์เพื่อรักษาภาวะเป็ยบของเครือข่ายไว้ ทั้งนี้ เทคโนโลยีบล็อกเชนพัฒนาบนพื้นฐานของวิทยาการเข้ารหัสลับเพื่อทำให้เกิดความไว้วางใจของผู้ที่อยู่ในเครือข่าย บุคคลทุกฝ่ายแลกเปลี่ยนธุรกรรมกันได้โดยตรงโดยไม่ต้องใช้องค์กรกลาง ทำให้สามารถลดการใช้อำนาจองค์กรกลาง (third-party) หรือตัวกลางในการทำรายการธุรกรรมได้

คุณลักษณะของบล็อกเชนที่ทำให้สารสนเทศที่อยู่ในบล็อกเชนน่าเชื่อถือ มี 4 ข้อ ดังนี้

1) **การสร้างและบันทึกรายการทางอิเล็กทรอนิกส์** ระบบที่จะทำการบันทึกข้อมูลจะต้องมีรูปแบบในการบันทึกและสถานที่จัดเก็บ การลงทะเบียนรายการต่างๆ จะถูกบันทึกโดยระบบบล็อกเชนจะเป็นรายการทางดิจิทัลที่บันทึกเชื่อมต่อกันไปได้เรื่อยๆ แต่ละรายการที่เกิดขึ้นจะเป็นเสมือนหนึ่งบล็อกในสายโซ่และมีการเชื่อมต่อกันไป สายโซ่เหล่านั้นจะถูกบันทึกและเชื่อมโยงไว้ในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นจะเรียกว่าโหนด อย่างน้อยต้องมีหนึ่งโหนดที่มี 1 สำเนาของบล็อกนั้น และอาจจะเก็บสำเนาทั้งหมดของสายโซ่นั้นไว้ด้วย การเพิ่มบล็อกลงในสายโซ่ ผู้มีส่วนร่วมจะประกาศไปในเครือข่ายเกี่ยวกับรายละเอียดของรายการนั้น และโหนดจะช่วยกันตรวจสอบรายการนั้น โดยจะตรวจสอบจำนวนของรายการ และประมวลผลตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนที่จะเพิ่มบล็อกลงในสายโซ่

2) **การเข้ารหัสข้อมูลต่อรายการ** พื้นฐานหนึ่งของการรักษาความปลอดภัยข้อมูล คือ การเข้ารหัสข้อมูล ด้วยการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เพื่อปิดบังข้อมูลต้นฉบับและสามารถจะเข้าถึงได้โดยเจ้าของและผู้รับที่ระบุไว้เท่านั้น การเข้ารหัสเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในการเก็บบันทึกข้อมูลและการทำรายการธุรกรรมทางธุรกิจบนอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเข้ารหัสจะต้องใช้ทั้ง 2 เทคนิค คือ การเข้ารหัสเพื่อเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล และการถอดรหัสเพื่อให้ได้ข้อมูลเดิมนั้นกลับมา เทคโนโลยีบล็อกเชนใช้วิธีการเข้ารหัสที่เรียกว่า การเข้ารหัสแบบแฮช (hashing) เมื่อได้รับรายการ เนื้อหาของรายการนั้นจะถูกสร้างเป็น เมตาเดตา (metadata) ซึ่งจะประกอบด้วย เวลาที่สร้างรายการ (timestamp) และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เมตาเดตาจะถูกนำไปเข้ารหัสโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะเรียกว่า แฮช (hash) ฟังก์ชันที่ใช้ในการเข้ารหัสนี้จะเรียกว่า ฟังก์ชันแฮช (hash function) เมื่อใช้ฟังก์ชันแฮชเดิมเข้ารหัสกับข้อความเดิมจะได้ผลลัพธ์แฮชเดียวกันและเหมือนกันทุกครั้ง แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ กับข้อมูลเดิมผลลัพธ์แฮชที่ได้จะแตกต่างกันไป ดังนั้น เทคโนโลยีบล็อกเชนจึงใช้ผลลัพธ์แฮชสำหรับการตรวจสอบสำเนาของรายการหรือเอกสารข้อมูลของบล็อกเชนว่าเป็นต้นฉบับที่ถูกต้องหรือไม่

3) **การตรวจสอบความถูกต้องของรายการ** รายการแต่ละรายการจะมี 2 คีย์ คือ คีย์สาธารณะ (public key) ซึ่งทุกคนจะรู้และคีย์ส่วนตัว (private key) ซึ่งจะถูกเก็บเป็นความลับ ผู้ส่งจะใช้คีย์ส่วนตัวเพื่อเข้ารหัสข้อมูล ผู้รับซึ่งในที่นี้คือ ทุกโหนดในเครือข่ายจะใช้คีย์สาธารณะเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของรายการนั้น สิ่งที่ต้องตรวจสอบ เช่น ลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ส่ง เป็นต้น โดย

ผู้ส่งจะรู้ว่าข้อมูลนั้นเป็นรายการปรับปรุงที่ถูกต้องหรือไม่ โดยการใช้คีย์สาธารณะและคีย์ส่วนตัว เป็นเทคนิคที่สำคัญและได้รับการพิสูจน์แล้วสำหรับรักษาความปลอดภัยในการติดต่อสื่อสาร

4) การประทับเวลา การบันทึกข้อมูลในบล็อกเชนจะเรียงตามลำดับตามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น สิ่งที่เชื่อมโยงหรือลิงก์ (link) แต่ละบล็อกเข้าด้วยกันคือ ตราเวลาหรือประทับเวลา (timestamp) ซึ่งได้มาจากเซิร์ฟเวอร์และจะถูกเข้ารหัส การประทับเวลาของรายการใหม่จะอ้างอิงจากการประทับเวลาของรายการที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ โดยรายการที่เกิดขึ้นใหม่จะถูกเพิ่มต่อท้ายในบล็อกเชนไปเรื่อย ๆ

อีเธอเรียม (Ethereum) เป็นแพลตฟอร์มสำหรับพัฒนาเครือข่ายบล็อกเชน โดยทำงานบนเครื่องจักรเสมือนจริงอีเธอเรียม หรืออีวีเอ็ม (Ethereum Virtual Machine - EVM) ซึ่งใช้ในการสร้างสมาร์ตคอนแทร็ก (smart contract) ที่อนุญาตให้สามารถเขียนโปรแกรมลงไปเพื่อให้ทำงานอัตโนมัติเมื่อพบเงื่อนไขเป็นไปตามที่กำหนด ซึ่งเป็นแพลตฟอร์ม (platform) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สมาร์ตคอนแทร็ก (Smart Contract) เป็นคำสั่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computer code) เพื่อกำหนดเงื่อนไขและข้อมูล ที่ใช้ในการรับรองผลการเรียนแบบไมโคร ข้อมูล เช่น ชื่อนักศึกษา ชื่อวุฒิการศึกษา ชื่อสถาบันการศึกษา และวันเดือนปีที่สำเร็จการศึกษา เป็นต้น

ระบบการออกใบรับรองดิจิทัล (digital credential system) (Schmidt, 2017) เป็นระบบที่ทำให้สามารถทวนสอบได้ว่าใครเป็นผู้ได้รับใบรับรองผลการเรียนและใครเป็นผู้ออกใบรับรองผลการเรียน รวมถึง การตรวจสอบเนื้อหาของใบรับรองผลการเรียนว่าถูกต้อง มีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1) การสร้างดิจิทัลไฟล์ ซึ่งจัดเก็บข้อมูลของ ผู้รับใบรับรองผลการเรียน ผู้ออกใบรับรองผลการเรียน วันที่ออกใบรับรองผลการเรียน ประเภทของใบรับรอง และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งโครงสร้างจะเป็นไปตามมาตรฐานแบบฉบับเปิดของสถาบันไอเอ็มเอส (IMS open badge standard)

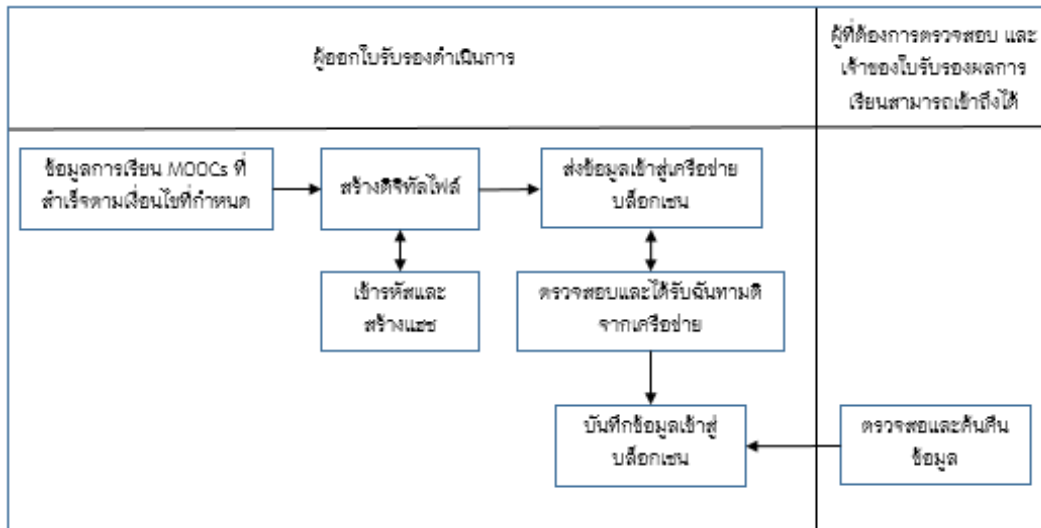
2) การเข้ารหัสดิจิทัลไฟล์ โดยการใช้คีย์ส่วนตัว ซึ่งมีเพียงผู้ออกใบรับรองเท่านั้นสามารถเข้าถึงเอกสารที่เข้ารหัสนี้ได้

3) การสร้างแฮชให้กับดิจิทัลไฟล์ เป็นการใส่แฮชฟังก์ชันสร้างแฮชให้กับดิจิทัลไฟล์ สำหรับใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารว่า ถูกต้องเหมือนต้นฉบับไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4) การบันทึกข้อมูลลงบล็อกเชน เป็นการใช้คีย์ส่วนตัวควบคุมไปกับข้อมูลที่บันทึกลงบล็อกเชน พร้อมกับระบุข้อมูลดิจิทัลแบบฉบับและวันที่ออกใบรับรอง ซึ่งผู้ที่ได้รับใบรับรองสามารถเข้าถึงข้อมูลนี้ได้

5) การตรวจสอบใบรับรองผลการเรียน หน่วยงานหรือผู้ที่ต้องการตรวจสอบสามารถทำกระบวนการย้อนกลับ เพื่อตรวจสอบว่าแฮชตรงกันหรือไม่ หากแฮชตรงกันก็แสดงว่าเอกสารเป็นต้นฉบับจริง

จากแนวคิดเทคโนโลยีบล็อกเชนและระบบการออกใบรับรองดิจิทัล ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวคิดการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครครีเดนเชียลส์

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยการประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บข้อมูลวุฒิการศึกษาให้มีความปลอดภัย เชื่อถือได้ โดยผู้เรียนจะใช้อ้างอิงได้จากอินเทอร์เน็ตด้วยตนเอง แนวทางการใช้ประโยชน์และการได้รับการยอมรับจากสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

Sharples and Domingue (2016) กล่าวถึง การประยุกต์เทคโนโลยีบล็อกเชนในการจัดเก็บข้อมูลทางการศึกษา โดยพิจารณาเป็นสี่ประเด็นตามคุณลักษณะและความสามารถ ดังนี้

ประเด็นที่หนึ่งคือ การเก็บรายการธุรกรรมแบบดิจิทัล (Distributed Digital Record) ซึ่งในการด้านการศึกษาสามารถนำมาใช้เก็บข้อมูลผลการเรียนและหน่วยกิตได้ รวมถึง วุฒิการศึกษา ข้อมูลวุฒิการศึกษาจะเพิ่มเข้าไปในบล็อกเชนโดยหน่วยงานที่ออกวุฒิการศึกษาให้ และนักศึกษาสามารถเข้าถึง และแบ่งปันไปยังนายจ้าง หรือเชื่อมโยงไว้กับประวัติส่วนตัวออนไลน์ได้ (online CV)

ประเด็นที่สองคือ การพิสูจน์ชิ้นงาน (Proof of intellectual work) ซึ่งทุกคนสามารถเก็บผลงานความคิดสร้างสรรค์ของตัวเองไว้ในที่สาธารณะได้ เช่น สิ่งประดิษฐ์ บทกวี งานศิลปะ ความรู้ใหม่ เป็นต้น โดยสามารถระบุเจ้าของและเวลาเพื่อให้รู้ว่าการบันทึกเป็นครั้งแรก ทำให้สามารถใช้เป็นประวัติส่วนตัวอิเล็กทรอนิกส์แบบถาวร ไม่ต้องการพิสูจน์ใดๆ เพิ่มเติมอีก เช่น บริษัทสตาร์ทอัพชื่อ Blockai ได้พัฒนาระบบบล็อกเชนเพื่อช่วยให้ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ลงทะเบียนผลงานเพื่อป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์

ประเด็นที่สามคือ สกุลเงิน (Intellectual Currency) สามารถนำมาใช้ให้รางวัลสำหรับนักศึกษาที่ทำกิจกรรมทางการศึกษา เช่น นักศึกษาที่ช่วยประเมินให้เพื่อนจะได้รับเงินรางวัลโดยอัตโนมัติ เป็นต้น หรือการได้รับรางวัลทำให้มีชื่อเสียงซึ่งสามารถสร้างมูลค่าเพื่อใช้ในการเลื่อนขั้นหรือการจ้างงานได้

ประเด็นที่สี่คือ สมาร์ทคอนแทร็ก (Smart Contracts) ซึ่งเป็นการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ดำเนินการกับธุรกรรมบล็อกเชน เมื่อมีสถานการณ์ตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ทำให้สามารถจัดเก็บข้อตกลงร่วมกันเอาไว้เพื่อการประมวลผลออนไลน์ เช่น บริษัท Visa และ DocuSign ประยุกต์สมาร์ทคอนแทร็กในการให้เช่ารถยนต์ทำให้ลูกค้าบัตรเครดิตไม่มีความจำเป็นต้องกรอกข้อมูลซ้ำหากต้องการเช่ารถยนต์และชำระด้วยบัตรเครดิต เป็นต้น

Jirgensons and Kapenieks (2018) กล่าวถึง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนกับการบริหารจัดการและการประเมินผลเพื่อการออกใบรับรองผลการเรียนแบบดิจิทัลในอนาคต โดยใบรับรองผลการเรียนแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนสามารถออกแบบการเรียนรู้ตลอดชีวิตของตนเองในลักษณะการศึกษาส่วนบุคคลตามความจำเป็นและคุณค่าที่ผู้เรียนแต่ละคนต้องการ ใบรับรองผลการเรียนในลักษณะออนไลน์นี้มักจะอยู่ในรูปของแบดจ์ (badge) ซึ่งสามารถเผยแพร่และเรียกดูในเครือข่ายสังคม (social network) และพอร์ตโฟลิโออิเล็กทรอนิกส์ (e-portfolio) ได้ ซึ่งเทคโนโลยีบล็อกเชนถูกนำมาประยุกต์เพื่อสร้างเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำหรับ จัดทำ จัดเก็บ

และจัดการ ใบรับรองผลการเรียนแบบไมโคร ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงและควบคุมประวัติการเรียนรู้ของตนเองได้ และทำให้สถาบันการศึกษาลดต้นทุนในการบริหารจัดการและลดขั้นตอนที่ยุ่งยากลง

Grech and Camilleri (2017) นำเสนอกรณีศึกษาที่หลายมหาวิทยาลัยนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการศึกษา อาทิเช่น

1) สถาบันสื่อความรู้หรือเคเอ็มไอ (Knowledge Media Institute – KMI) ของมหาวิทยาลัยเปิดแห่งสหราชอาณาจักร (Open University UK) ทำวิจัยเกี่ยวกับการเสริมสร้างมาตรฐานการใช้แบดจ์และประกาศนียบัตรต่างๆ ที่เผยแพร่บนเว็บโดยการใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อให้เกิดความไว้วางใจในธุรกรรมเหล่านั้น นอกจากนี้ การรับรองผลการเรียนต่างๆ จะเปลี่ยนจากแบดจ์ไปอยู่ในรูปแบบสมาร์ตคอนแทร็ก (smart contract) และพัฒนาต้นแบบการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโครด้วยบล็อกเชน ทั้งนี้ สถาบันสื่อความรู้ได้ทำงานร่วมกับองค์กรให้บริการดิจิทัลทางการศึกษาหรือเจไอเอสซี (JISC) เพื่อพัฒนาเครือข่ายบล็อกเชนสำหรับสถาบันอุดมศึกษาทั้งหมดของสหราชอาณาจักรและการรับรองคุณสมบัติทางศึกษาอื่นๆ โดยเทคโนโลยีบล็อกเชนที่นำมาใช้นั้น จะช่วยให้เกิดการปรับระบบการออกใบรับรองผลการเรียนของสถาบันอุดมศึกษาแบบเดิม ทำให้ผู้เรียนเป็นเจ้าของใบรับรองผลการเรียนของตนเองได้อย่างแท้จริงแทนที่จะถูกควบคุมจากสถาบันการศึกษาที่ออกใบรับรองหรือนายจ้าง อีกทั้ง การเรียนในยุคนี้ส่วนใหญ่อยู่บนแพลตฟอร์มที่เป็นออนไลน์ เทคโนโลยีบล็อกเชนจะทำให้เกิดความปลอดภัยและน่าเชื่อถือของการรับรองผลการเรียนแบบใหม่เหล่านี้ได้

2) มหาวิทยาลัยนิโคเซีย ประเทศกรีซ ได้นำเทคโนโลยีบล็อกเชนในการออกและพิสูจน์ใบรับรองผลการเรียน โดยการออกใบรับรองผลการเรียน MOOCs ทั้งหมดใช้บล็อกเชนสาธารณะ (public blockchain) ความท้าทายของการใช้บล็อกเชนสำหรับการออกใบรับรองผลการเรียนไม่ใช่เรื่องของเทคโนโลยีเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับเรื่องของการบริหารจัดการด้วย เช่น หากต้องการขยายผลให้เกิดการใช้งานที่กว้างขวางขึ้นอาจจะนำไปใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชันอื่น อาทิ การบูรณาการระบบการตรวจสอบใบรับรองผลการเรียนร่วมกับแอปพลิเคชันด้านทรัพยากรบุคคล หรือการโอนหน่วยกิตระหว่างมหาวิทยาลัยได้โดยอัตโนมัติไม่ต้องมีการทำคำร้อง ซึ่งจะดำเนินการเหล่านี้ได้ต้องมีการทำข้อตกลงร่วมกันและมีการโอนข้อมูลระหว่างกัน เป็นต้น เทคโนโลยีบล็อกเชนช่วยทำให้นักศึกษาต่างชาติสามารถแสดงใบรับรองผลการเรียนที่เป็นของแท้โดยไม่ต้องติดต่อประเทศหรือสถาบันการศึกษาที่ออกใบรับรองให้ อย่างไรก็ตาม สถาบันการศึกษาต่างๆ ควรมีหรือควรใช้มาตรฐานเดียวกันหรือมาตรฐานที่มีข้อมูลพื้นฐานร่วมกันหรือมาตรฐานแบบเปิด

4. วิธีดำเนินการวิจัย/ระเบียบวิธีวิจัย/Research Methodology

ในการสร้างต้นแบบแอปพลิเคชันนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดผู้ใช้เพื่อสอบถามความต้องการในการใช้งาน ข้อมูลเพื่อการทดสอบ จัดเตรียมอุปกรณ์ทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์เพื่อใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนที่เป็นแบบเปิดบนอินเทอร์เน็ต รายละเอียดดังนี้

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร คือ ผู้ใช้งานระบบไมโครครีเดนเชียลส์ที่รองรับผลการเรียนแบบ STOU MODULAR ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช กลุ่มตัวอย่างได้เลือกแบบเจาะจงเพื่อสอบถามความต้องการและประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาระบบฯ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม 1) *กลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช* ได้แก่ บุคลากรของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชและโครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกใบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR ประกอบด้วย คณะกรรมการพัฒนา STOU MODULAR อาจารย์ผู้ออกแบบและผลิตชุดการสอน ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่จากสำนักการศึกษาต่อเนื่อง รวมทั้งหมด 6 คน และ 2) *กลุ่มผู้ใช้จากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย* ที่นอกเหนือจากผู้ใช้ระบบโดยตรงเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้ระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR โดยจัดสัมภาษณ์เชิงปฏิบัติการเพื่อทดสอบระบบ และประเมินความพึงพอใจกลุ่มตัวอย่าง

4.2 ข้อมูล เป็นข้อมูลตัวอย่างของผู้สำเร็จการศึกษาของผู้เรียนโครงการ STOU MODULAR และข้อมูลผู้เรียนที่สำเร็จการศึกษา MOOCs ในโครงการที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราชมีร่วมกับโครงการมหาวิทยาลัยไซเบอร์ไทย (Thailand Cyber University Project - TCU) จำนวน 2,000 รายการ

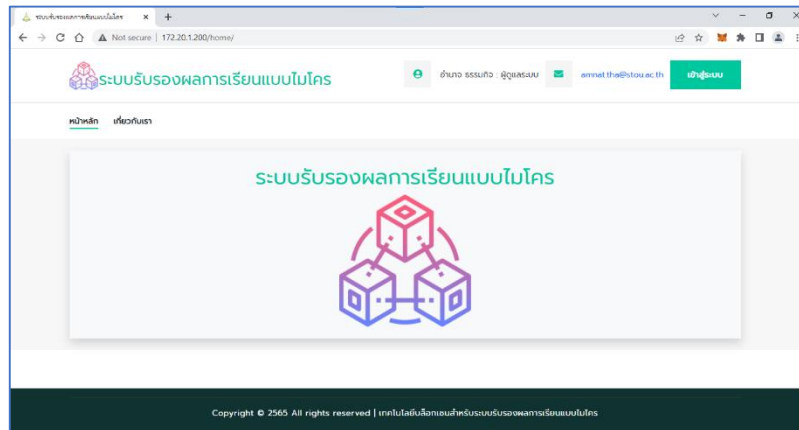
4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ 1) ฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่เป็น Desktop เพื่อเป็น Server ในการติดตั้งระบบและเน็ตบุ๊กเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ 2) ซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย Ethereum platform โดยใช้ Truffle framework เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเขียน smart contract ด้วยภาษาโปรแกรม Solidity บน Ethereum platform และ Ganache เป็นโปรแกรมสร้างเครือข่ายบล็อกเชนแบบจำลอง Metamask เป็นโปรแกรมส่วนขยายของ Google Chrome ใช้สำหรับเชื่อมต่อ smart contract และ XAMPP 8.0.8 สำหรับพัฒนาเว็บไซต์ 3) แบบสัมภาษณ์แบบเจาะลึก เพื่อสอบถามความต้องการของระบบฯ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบผ่าน google form หลังจากสัมภาษณ์เชิงปฏิบัติการแล้ว

4.4 การพัฒนาระบบ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ศึกษาความต้องการและกระบวนการในการรับรองผลการเรียน STOU MODULAR โดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เกี่ยวข้องที่เป็นกลุ่มตัวอย่างและศึกษากระบวนการเรียนและรับรองผลการเรียน 2) ศึกษาข้อมูลสำหรับทดสอบระบบ ซึ่งเป็นข้อมูลผู้สำเร็จการเรียน MOOCs จาก TCU และเรียนจบโครงการ STOU MODULAR ในปีการศึกษา 2563 3) ออกแบบระบบ โดยศึกษาและติดตั้งโปรแกรมที่เกี่ยวข้องบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย ใช้ภาษา Solidity เพื่อสร้าง Smart Contract ที่เหมาะสมกับการรับรองผลการเรียน แล้วทดสอบการ deploy Smart Contract ลงบน Ganache ออกแบบข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับเก็บข้อมูลรับรองผลการเรียน ซึ่งควรมีขนาดเล็กเพื่อไม่ให้ใช้เวลาประมวลผลการเข้ารหัสนานเกินไป และมีเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการตรวจสอบ ดังภาพที่ 2

```
struct Graduate {
    uint256 id;
    string userid;
    string fullname;
    string course_id;
    string course_no;
    string credit_hours;
    string project_id;
    string certificate_file;
    string certificate_hash;
    string certificate_date;
}
```

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาษา Solidity ที่ใช้เก็บโครงสร้างข้อมูล

4) ออกแบบผู้ใช้งานระบบและการจัดการข้อมูล โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 3 ส่วน คือ ผู้ดูแลระบบ (administrator) เจ้าหน้าที่ (staff) และผู้เรียน ออกแบบโมดูลสำหรับกระบวนการรับรองผลการเรียน ทั้งหมด 6 โมดูล ได้แก่ (1) การจัดการผู้ใช้ เพื่อกำหนดสิทธิของผู้ใช้งานในระบบ (2) การจัดการโครงการและหลักสูตร (3) การนำเข้าข้อมูลทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม เข้าสู่ตารางข้อมูลเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการนำเข้าสู่ Blockchain (4) การแปลงข้อมูลจากตารางข้อมูลที่จัดเตรียมไว้เข้าสู่ Blockchain (5) การตรวจสอบข้อมูล/ค้นหาข้อมูลรับรองผลการเรียนใน Blockchain (6) การแสดงผลลัพธ์ทั้งที่บนจอภาพและรายงาน 5) ออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ เพื่อใช้งานผ่าน browser ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแบบจอภาพเพื่อเข้าสู่ระบบ

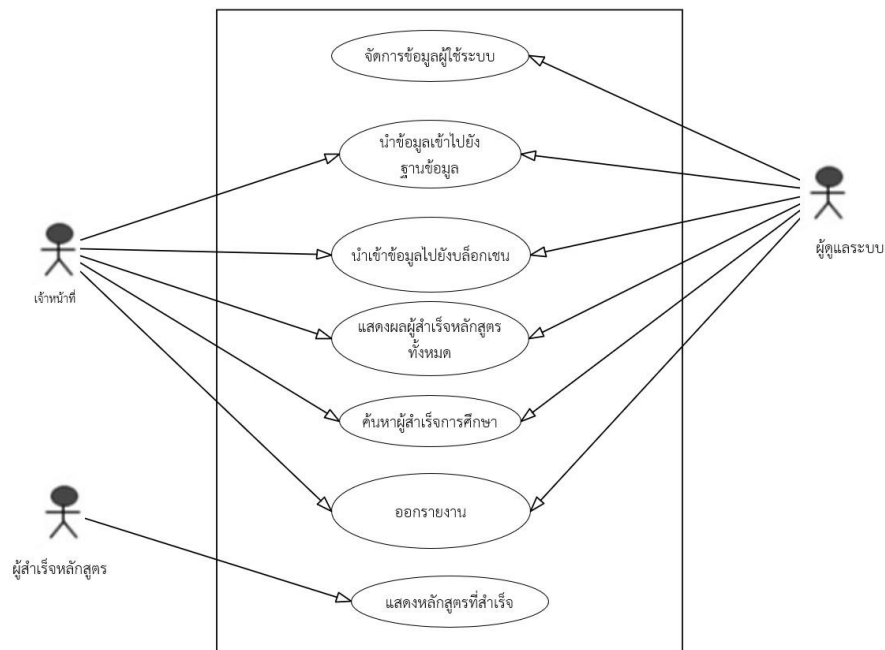
6) ปรับปรุงการออกแบบระบบออกแบบที่ใช้ Blockchain มาจัดเก็บข้อมูลแทนระบบฐานข้อมูลดั้งเดิม ทั้งในกระบวนการนำเข้าข้อมูล การตรวจสอบ ให้เหมาะสมกับผู้ใช้งาน 7) ดำเนินการฝึกอบรมผู้ใช้งานระบบไมโครครีเดนเชียลโดยจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการ โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญร่วมสัมมนาจากหน่วยงานภายในและหน่วยงานภายนอกที่สนใจในระบบรับรองผลการเรียน ฯ

4.5 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ผู้วิจัยได้จัดทำการประเมินเป็นระยะในระหว่างการพัฒนา ระบบ ซึ่งทีมงานวิจัยใช้วิธีการพัฒนาระบบแบบ agile คือสอบถามความต้องการและความพึงพอใจของผู้ใช้เป็นระยะเมื่อมีการพัฒนาแต่ละโมดูลออกมา ตั้งแต่การ login เข้าสู่ระบบรับรองผลการเรียน นำข้อมูลเข้าสู่บล็อกเชน การทดสอบค้นหาข้อมูล การทดสอบการแสดงผลทั้งบนจอภาพและพิมพ์รายงาน จนระบบที่พัฒนามีความเสถียรแล้ว จึงได้จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการฯ โดยเชิญผู้ใช้งานทั้งจากหน่วยงานภายในและหน่วยงานภายนอกมหาวิทยาลัย เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีบล็อกเชน ที่สามารถนำมาใช้ในระบบรับรองผลการเรียน ตลอดจนทดสอบการใช้งานและทดสอบความพึงพอใจในการใช้ระบบ

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบไมโครครีเดนเชียลของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนซึ่งเป็นแพลตฟอร์มของอีเธอเรียมแบบเปิด เพื่อให้สถาบันการศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนแบบไมโครครีเดนเชียลสามารถใช้งานร่วมกันได้ ได้แนวทางการพัฒนาระบบดังนี้

5.1 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram) หลังจากผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์ความต้องการของระบบไมโครครีเดนเชียลแล้วได้ออกแบบระบบให้ประกอบด้วย 6 โมดูลหลัก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ยูสเคสไดอะแกรมของระบบไมโครครีเดนเชียลส์

5.2 โครงสร้างข้อมูลของระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างข้อมูลให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีบล็อกเชนดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 โครงสร้างข้อมูลที่จัดเก็บในบล็อกเชนของระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR

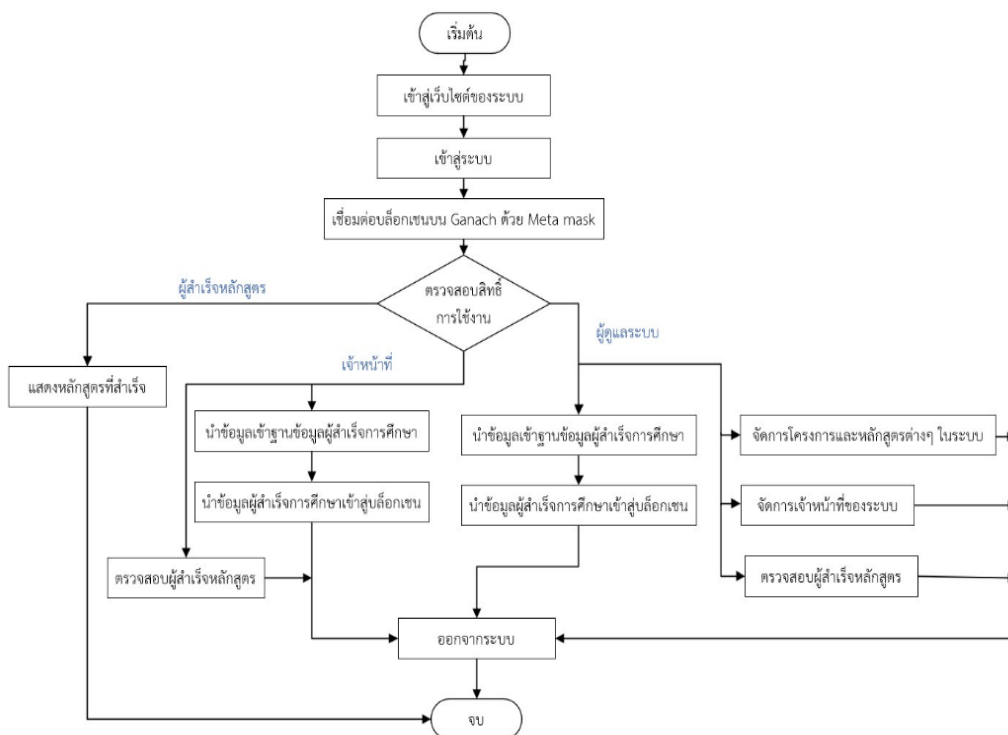
ชื่อข้อมูล	รายละเอียด
Id	หมายเลขประจำตัว
fullname	ชื่อ-นามสกุล
Course	ชื่อหลักสูตร
Course_no	รุ่นที่
Credit	จำนวนหน่วยกิต
Project	โครงการที่สำเร็จ (STOU MDULAR / THAI MOOC)
Certificate_file	URL หรือภาพใบสมรณนะบัตร
Certificate_date	วันที่จบหลักสูตร
Certificate_hash	ค่าแฮชของภาพสมรณนะบัตร

5.3 การแปลงข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาเข้าสู่บล็อกเชน หลังจากได้ปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้แปลงข้อมูลเข้าสู่บล็อกเชนตามภาพที่ 5



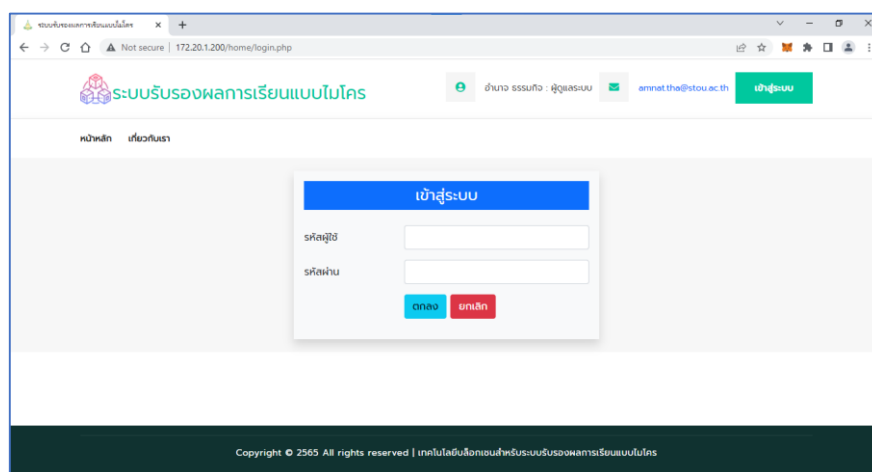
ภาพที่ 5 flowchart ขั้นตอนแปลงข้อมูลเข้าสู่บล็อกเชนที่ใช้แพลตฟอร์มอีเธอเลียม

5.4 การพัฒนาระบบไมโครครีเดนเชียลส์บนเว็บไซต์เพื่อให้ผู้เรียนและเจ้าหน้าที่สามารถเข้าใช้งานระบบผ่านอินเทอร์เน็ตได้ โดยออกแบบให้มีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 6

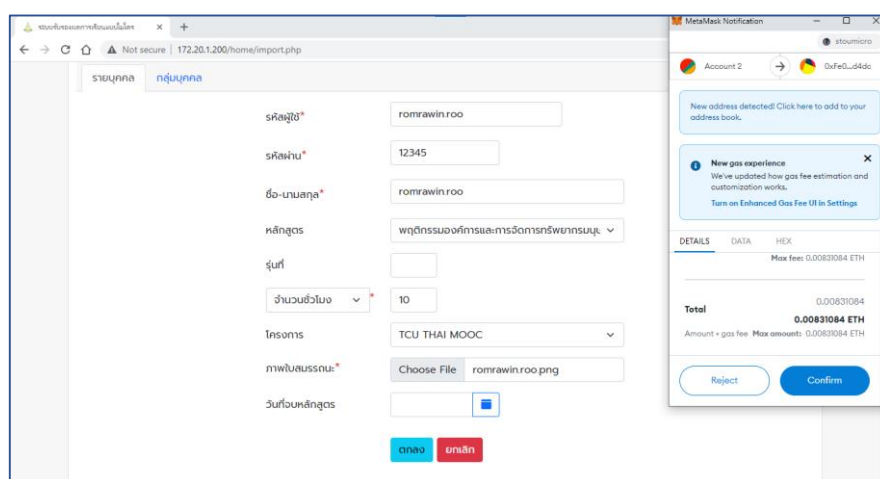


ภาพที่ 6 flowchart ขั้นตอนการทำงานของระบบไมโครครีเดนเชียลส์บนเว็บ

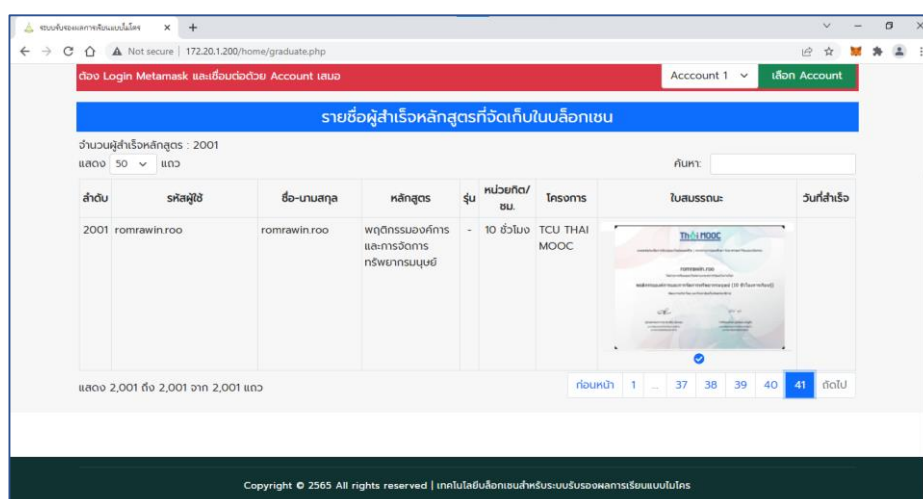
5.5 การเข้าใช้ระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR ตัวอย่างการเข้าใช้ระบบตั้งแต่การเข้าสู่ระบบ การเพิ่มข้อมูลเข้าสู่ระบบทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม การแสดงข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจากระบบไมโครครีเดนเชียลส์ดังภาพที่ 7-10



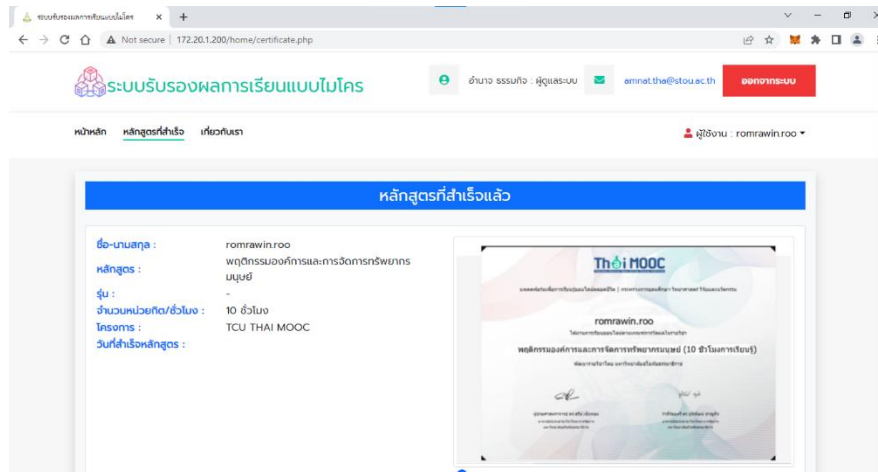
ภาพที่ 7 หน้าจอหลักของระบบรับรองผลการเรียน



ภาพที่ 8 การแปลงข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายบล็อกเชน



ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาจากเครือข่ายบล็อกเชน



ภาพที่ 10 แสดงผลการ login ของผู้เรียนเพื่อเรียกดูข้อมูลสำเร็จการศึกษาแล้ว

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบไมโครครเดนเชียลส์ได้ใช้กระบวนการพัฒนาแบบแอกไจล์ (agile methodology) ที่เน้นการทำงานใกล้ชิดกับผู้ใช้และพัฒนาต้นแบบได้ด้วยความยืดหยุ่นและรวดเร็ว โดยสร้างต้นแบบไปทีละส่วนให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้และทดสอบไปทีละโมดูล ทำให้ผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง พบว่าผู้ใช้งานมีความต้องการให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบรับรองผลการเรียน STOU MODULAR จากอินเทอร์เน็ตได้ เนื่องจากผู้เรียนเข้าศึกษาและเข้าร่วมทำกิจกรรมของชุดวิชาออนไลน์ผ่านอินเทอร์เน็ตอยู่แล้ว และเทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถให้ความมั่นใจในการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลที่จัดเก็บอยู่บนอินเทอร์เน็ต และได้ต้นแบบแอปพลิเคชัน ที่ประกอบด้วย 6 โมดูลหลัก รวมทั้งฟังก์ชันการทำงานที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านการจัดการผู้ใช้ การจัดการโครงการและหลักสูตร การนำข้อมูลเข้าทั้งรายบุคคลและเป็นกลุ่ม การแปลงข้อมูลจากตารางข้อมูลเข้าสู่บล็อกเชน การตรวจสอบข้อมูล/ค้นหาข้อมูลรับรองผลการเรียนในบล็อกเชน และการแสดงผลทั้งที่บนจอภาพและรายงาน

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้บริหารและเจ้าหน้าที่จากสำนักงานการศึกษาต่อเนื่องจำนวน 9 คนโดยมีหัวข้อสอบถามความพึงพอใจทั้งหมด 7 หัวข้อ การวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการแปลผลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบความพึงพอใจ 5 ระดับ คือ พอใจมากที่สุด พอใจมาก พอใจปานกลาง พอใจน้อย และพอใจน้อยที่สุด ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้ในการใช้ระบบไมโครครเดนเชียลส์

การใช้งาน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D)	การแปลผล
1. การนำเข้าและบันทึกข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว	4.3	0.7	พอใจมาก
2. การสืบค้นข้อมูล ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว	4.6	0.7	พอใจมากที่สุด
3. การจัดทำรายงาน ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว	4.4	0.8	พอใจมาก
4. เมนูคำสั่งต่าง ๆ ครอบคลุมตามความต้องการ	4.6	0.7	พอใจมากที่สุด
5. ความปลอดภัยและการกำหนดระดับสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบฯและข้อมูลเพียงพอและตรงตามความต้องการ	4.7	0.5	พอใจมากที่สุด
6. ความปลอดภัยในการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโคร แทนการออกใบรับรองผลการเรียนแบบเดิม	4.6	0.7	พอใจมากที่สุด
7. ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบฯ	4.6	0.7	พอใจมากที่สุด
ระดับความพึงพอใจเฉลี่ย	4.5	0.7	พอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า 4 อันดับแรกที่ใช้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุด ($\bar{X}$ = 4.7) ได้แก่ 1) ความปลอดภัยและการกำหนดระดับสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบฯและข้อมูลเพียงพอและตรงตามความต้องการ ($\bar{X}$ = 4.6) 2) เมนูคำสั่งต่าง ๆ ครอบคลุมตามความต้องการ ($\bar{X}$ = 4.6) 3) ความปลอดภัยในการออกใบรับรองผลการเรียนแบบไมโคร แทนการออกใบรับรองผลการเรียนแบบเดิม และ 4) ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้งานระบบฯ ($\bar{X}$ = 4.6)

สรุปผลวิจัยได้ว่าข้อมูลผู้เรียนในระบบไมโครครีเดนเชียลส์ที่ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนนี้สามารถจัดเก็บ ตรวจสอบ ค้นหาและแสดงผล ช่วยทำให้ผู้เรียนและผู้ใช้งานมหาวิทยาลัยเข้าถึงได้ด้วยตนเองจากอินเทอร์เน็ต ที่มีความปลอดภัยสูง ยังคงอยู่สามารถใช้อ้างอิงได้ตลอดเวลาและไม่มีค่าใช้จ่าย

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

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) การจะนำผลการวิจัยครั้งนี้ไปใช้งานได้นั้น มหาวิทยาลัยจะต้องกำหนดนโยบาย กฎระเบียบ แนวปฏิบัติในการนำเข้าข้อมูลผู้เรียนเข้าสู่ระบบ และหากสถาบันหรือหน่วยงานการศึกษาอื่นที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าถึงข้อมูลการสำเร็จการศึกษาระบบไมโครได้ด้วยตนเอง สามารถทำความร่วมมือและทำข้อตกลง เพื่อสนับสนุนการใช้งานร่วมกันอย่างเป็นรูปธรรมได้

2) มหาวิทยาลัยจะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบ เมื่อต้องการนำข้อมูลของผู้เรียนเข้าระบบไมโครครีเดนเชียลส์นี้และต้องได้รับความยินยอมจากผู้เรียนที่เป็นเจ้าของข้อมูลก่อนดำเนินการ ตรวจสอบข้อมูลหลังจากดำเนินการแล้ว นอกจากนี้ถ้าจะต้อง

ทำการศึกษาต่อไปว่าควรให้ผู้เรียนเป็นผู้ให้สิทธิแก่สถาบันการศึกษาใดบ้างในการบันทึกหรือเรียกดูข้อมูลโดยใช้ private/public keys ด้วยหรือไม่

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นต้นแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับระบบไมโครเครดิตโดยเน้นการอำนวยความสะดวกให้กับมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราชในการจัดเก็บข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาโครงการ STOU MODULAR ให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ด้วยตนเอง และใช้แพลตฟอร์มบนเครื่องเดสก์ท็อป ทั้งนี้ การวิจัยครั้งนี้ไม่รวมการใช้เทคโนโลยีลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความเป็นเจ้าของข้อมูลได้ หรือการใช้แพลตฟอร์มบนคลาวด์ ดังนั้น การต่อยอดงานวิจัยนี้ในอนาคตสามารถนำประเด็นเหล่านี้มาพิจารณาเพื่อปรับปรุงและเติมเต็มให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและรองรับการทำงานที่มีขอบเขตการให้บริการที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นได้

8. เอกสารอ้างอิง

กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา. (2563). *การพัฒนาหลักสูตร Non-Degree แบบ Micro-Credentials*.

เข้าถึงได้จาก <http://service.buu.ac.th/index.php/news10sep2020/>.

ทศพล เขียวชาญประพันธ์. (2561). *การเข้าถึงเอกสารสำคัญทางการศึกษาผ่านช่องทาง*

ดิจิทัล:กรณีศึกษาจากออสเตรเลีย. เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/3LcvQnH>.

พุทธิพร หงษ์สุกุล. (2016). *Ethereum คืออะไร และ World Computer คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก

<http://www.blockchain.fish/ethereum-คืออะไร>.

พุทธิพร หงษ์สุกุล. (2016). *Blockchain. ประเภทไหนเหมาะกับองค์กรของคุณ*. เข้าถึงได้จาก <http://www.blockchain.fish/>

องค์กรไหนควรใช้-blockchain-ประเภท/.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (2562). *มจพ. สร้างบัณฑิตพันธุ์ใหม่*

เน้นสมรรถนะขั้นสูง ตอบโจทย์นโยบายการปฏิรูปอุดมศึกษาไทย. เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/3syNJqo>.

สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์. (2564). *มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ยกกระดับ Transcript*

สู่ Digital เป็นแห่งแรกของประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/3wv6Brx>.

สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. (2563). *เปิดมิติใหม่การศึกษาไทย นำร่องใช้*

Digital Transcript ปี '63 พร้อมดันสู่ Digital Transformation เต็มรูปแบบ.

เข้าถึงได้จาก <https://www.etda.or.th/th/newsevents/pr/Launching-Digital-Transcript.aspx>

Blockchain.Fish Team. (2016). *Ethereum คืออะไร และ World Computer คือ*

อะไร. เข้าถึงได้จาก <http://www.blockchain.fish/ethereum-คืออะไร/>.

Blockchain.Fish Team. (2016). *Blockchain ประเภทไหนเหมาะกับองค์กรของ*

คุณ. เข้าถึงได้จาก <http://www.blockchain.fish/องค์กรไหนควรใช้-blockchain-ประเภท/>.

Engineering Today. (2563). *มจธ. จับมือ Digital Promise ครั้งแรกในไทย เร่งแก้วิกฤต*

การศึกษาไทย – คนวัยทำงาน. เข้าถึงได้จาก <https://bit.ly/3sCJdY9>.

Yokekung. (2563). *อว. เปิดตัวแพลตฟอร์มออนไลน์ “Future Skill x New Career Thailand” รับมือโลกในศตวรรษ*

ที่ 21. เข้าถึงได้จาก <https://www.adsthailand.com/post/7001>.

Condos, J., Sorrell, W. H., & Donegan, S. L. (2016). *Blockchain Technology:*

Opportunities and Risks. Vermont. Retrieved from <https://bit.ly/38toqIJ>.

- Grech, A, & Camilleri, A. F. (2017). *Blockchain in Education*. European Commission: JRC Science for Policy Report. Retrieved from <https://bit.ly/3FM6kEZ>.
- Jirgensons, M., & Kapenieks, J. (2018). Blockchain and the Future of Digital Learning Credential Assessment and Management. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 20(1), 145-156. Retrieved from <https://sciendocom/article/10.2478/jtes-2018-0009>.
- Lim, C. L., Nair, P. K., Keppell, M. J., Hassan, N., & Ayub, E. (2018). Developing a Framework for the University-Wide Implementation of Micro-Credentials and Digital Badges: A Case Study From a Malaysian Private University. *2018 IEEE 4th. International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, 2018, pp. 1715-1719, doi: 10.1109/CompComm.2018.8780706.
- Schmidt, J. P. (2017, April 24). Credentials, Reputation, and the Blockchain. Retrieved from <https://er.educause.edu/articles/2017/4/credentials-reputation-and-the-blockchain>.
- Sharples, M., & Domingue, J. (2016). The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward. In: Verbert, K, Sharples, M. Klobucar, T. (Eds.) *Adaptive and Adaptable Learning* (pp. 490–496). Springer. Retrieved from <https://bit.ly/3PosLnP>.
- STOU MODULAR. (2563). *เรียน MODULAR ที่มสธ. “เพิ่มขีดความสามารถ...สร้างโอกาสที่ดีกว่า”*. Retrieved from <http://modular.stou.ac.th/>.