

การพัฒนาต้นแบบระบบการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain Development of a Prototype System for Integrating RDBMS and Blockchain Technology

รัชนาท หวนสิน¹ วุฒิวงศ์ เอียดศรีชัย² กันตพิชญ์ ไยเสถียร³ ณัฐวุฒิ เพ็ชรประสม⁴ ลักษมี เขาทอง⁵ จรูญ สินบรรเทา⁶

Rachanat Huanssin¹ Wutthiwong Eiatsirichai² Kantpichya Yaisethian³ Natthawut Phetprasom⁴ Lakshmi Khaotong⁵
Charoen Sinbarntao⁶

¹⁻⁵ แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคนิคพังงา จังหวัดพังงา 82000

Division of Business Computer and Information Technology, Phang Nga Technical College, Phang Nga Province 82000

⁶ แผนกวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคพังงา จังหวัดพังงา

Electrical Engineering Department, Phang Nga Technical College, Phang Nga Province 82000, Thailand

Corresponding Author : E-mail wutkmuutt@gmail.com โทร. 092-6124435

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อการพัฒนาต้นแบบระบบการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบระบบการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain การดำเนินการเริ่มจากพัฒนาระบบโดยใช้ Flask สำหรับการจัดการ Backend และสร้างส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์(Application program interface: API) สำหรับการเพิ่มและดึงข้อมูลบล็อกเชน โดยข้อมูลถูกจัดเก็บในระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL พร้อมการบันทึกแฮชของข้อมูลเพื่อการตรวจสอบความถูกต้อง และป้องกันการปลอมแปลง Angular Framework นำมาใช้ในการพัฒนาอินเทอร์เฟซผู้ใช้ จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน

ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของต้นแบบระบบการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain ตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยรายการที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสะดวกในการใช้งานต้นแบบ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบและความปลอดภัยของข้อมูลตามลำดับ ส่วนรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ

คำสำคัญ: SHA-256,AES-256, RDBMS, BlockChain, Backend, Application Program Interface

Abstract

This study aims to 1) develop a prototype system integrating RDBMS and Blockchain technology, and 2) evaluate the performance of the prototype system. The development began with building the system using Flask for backend management and designing an Application Programming Interface (API) to facilitate adding and retrieving blockchain data. Data was stored in a MySQL database, with hash values recorded to ensure data integrity and prevent tampering. The Angular Framework was employed to develop the user interface. The system's performance was then evaluated by five information technology experts.

The results showed that the performance of the prototype system integrating RDBMS and Blockchain technology, as assessed by the experts, achieved an overall average score of "very good." The aspect with the highest average score was the ease of use of the prototype, followed by system performance and data security, respectively. However, the aspect with the lowest average score was the appropriateness of the system design.

Keywords: SHA-256, AES-256, RDBMS, Blockchain, Backend, Application Program Interface

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ระบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database Management System: RDBMS) ถือเป็นหัวใจสำคัญในการเก็บและจัดการข้อมูลในองค์กรและธุรกิจต่างๆ มาอย่างยาวนาน ด้วยคุณสมบัติที่สามารถจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีความสอดคล้องกัน และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ด้วยการเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยี Blockchain ซึ่งเป็นระบบที่มีการจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (decentralized) และโปร่งใส การนำ Blockchain มาใช้งานในการจัดเก็บข้อมูลที่ต้องการความปลอดภัยและความถูกต้องของข้อมูลได้กลายเป็นทางเลือกที่สำคัญสำหรับองค์กรที่ต้องการเพิ่มความปลอดภัยให้กับข้อมูลสำคัญของพวกเขา

Blockchain เป็นเทคโนโลยีที่มีการจัดการข้อมูลในลักษณะของ "บล็อก" ที่เชื่อมต่อกันแบบลำดับ โดยแต่ละบล็อกจะมีการเข้ารหัสลับ (cryptography) เพื่อป้องกันการปลอมแปลงหรือการแก้ไขข้อมูลที่บันทึกไว้ ซึ่งกระบวนการนี้เกิดขึ้นผ่านอัลกอริธึมอย่าง SHA-256 ที่ใช้สำหรับการเข้ารหัสและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ทั้งนี้ blockchain มีความสามารถในการทำงานแบบ peer-to-peer (P2P) โดยที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาตัวกลาง ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยและความเชื่อถือได้ในการทำธุรกรรมดิจิทัลต่างๆ อย่างไรก็ตาม แม้ว่า blockchain จะมีข้อดีมากมาย แต่การนำ Blockchain มาใช้ในการจัดการข้อมูลทั้งหมด

โดยไม่มีการใช้ RDBMS ก็อาจไม่ใช่ทางเลือกที่เหมาะสมในทุกกรณี เนื่องจากระบบ Blockchain มีความจำกัดในเรื่องประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อน

การผสมผสานการทำงานระหว่าง RDBMS และ Blockchain การผสมผสานระหว่างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) และ Blockchain ได้รับการศึกษาในบริบทของการจัดการข้อมูลแบบไฮบริดและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูล Wang [2] ได้นำเสนอ aChain ซึ่งเป็นระบบบล็อกเชนที่รองรับการใช้งาน SQL ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลแบบออนไลน์ (OLAP) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลบนบล็อกเชนให้รองรับการประมวลผลข้อมูลเชิงสัมพันธ์ Mun [4] พัฒนาระบบ BitSQL เพื่อการจัดการข้อมูลบิตคอยน์โดยใช้ RDBMS และ SQL ซึ่งลดขนาดฐานข้อมูลและเพิ่มประสิทธิภาพการวิเคราะห์ข้อมูลได้ถึง 95% Bala [7] ใช้ SHA-256 สำหรับการสร้างหมายเลขประจำตัวผู้ป่วยในระบบบันทึกข้อมูลสุขภาพอิเล็กทรอนิกส์ (EHR) ที่ใช้ Ethereum Blockchain เพื่อเพิ่มความปลอดภัย Nasreen [1] ใช้ SHA-256 ในการพัฒนาระบบ Blockchain ที่เก็บข้อมูลสุขภาพ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลมีความปลอดภัยและไม่ถูกปลอมแปลง เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการพัฒนากับ Angular Framework และ Flask Python API การใช้งาน Angular Framework และ Flask Python API ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับ Blockchain ได้รับการกล่าวถึงในหลายบริบท: Borgen [5] กล่าวถึงการพัฒนาเว็บ Web3 ที่ปลอดภัยโดยผสมผสานกับ Ethereum และ InterPlanetary File System (IPFS) เพื่อการจัดเก็บข้อมูลที่ปลอดภัย Shan [1] ใช้ Blockchain สำหรับการจัดการข้อมูลในระบบ e-healthcare โดยใช้ Flask API เพื่อการบันทึกและการเข้าถึงข้อมูลอย่างปลอดภัย Wee Siong [6] เสนอระบบ P2P ที่รองรับการแชร์ข้อมูลแบบกระจาย ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับ Flask API และ Angular Framework เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในระบบกระจาย

ดังนั้น การผสมผสานการทำงานของ RDBMS และ Blockchain ผ่านระบบแบบ peer-to-peer จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ RDBMS ยังมีความสามารถสูงในการจัดเก็บและจัดการข้อมูลเชิงโครงสร้าง (structured data) ซึ่งเป็นจุดเด่นที่ระบบ Blockchain ยังไม่สามารถเทียบเท่าได้ในแง่ของความเร็วและการรองรับปริมาณข้อมูลจำนวนมาก ในขณะที่ Blockchain มอบคุณภาพและความเชื่อมั่นในการจัดการข้อมูลผ่านการกระจายศูนย์ การนำสองระบบนี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกันจึงเป็นวิธีการที่สามารถสร้างความสมดุลระหว่างความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล เพื่อให้ได้การจัดเก็บข้อมูลที่มีความทนทานและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น การวิจัยนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคที่ข้อมูลกลายเป็นทรัพยากรที่สำคัญและการปกป้องข้อมูลจากการโจมตีทางไซเบอร์มีความสำคัญอย่างยิ่ง การผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain จะเป็นการสร้างโซลูชันที่ไม่เพียงแต่รักษาความปลอดภัยของข้อมูลเท่านั้น แต่ยังช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในธุรกิจและองค์กรที่ต้องการความปลอดภัยสูง เช่น ธนาคาร, การเงิน, สุขภาพ หรือการจัดการข้อมูลสำคัญอื่นๆ ที่ต้องการการยืนยันความถูกต้องของข้อมูล

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อการพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบ การพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย โดยใช้เครื่องมือ Angular สำหรับ Frontend และ Flask API สำหรับ Backend ตามขั้นตอนดังนี้

กระบวนการพัฒนา

1.1 Frontend: Angular Framework

- พัฒนาอินเทอร์เฟซผู้ใช้ด้วย Angular เพื่อรับ-ส่งข้อมูลไปยัง Flask API
- ใช้ Reactive Forms ในการจัดการอินพุตของผู้ใช้
- HTTP Client ของ Angular ใช้ส่งข้อมูลไปยัง Backend
- แสดงผลการทำงาน เช่น การเพิ่มบล็อกใหม่ หรือการดึงข้อมูลจาก Blockchain



ภาพที่ 1 Angular เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา Frontend

1.2 Backend: Flask Framework

- ใช้ Flask เป็น API สำหรับรับ-ส่งข้อมูล
- รองรับการเชื่อมต่อฐานข้อมูล MySQL ด้วย mysql.connector
- ใช้ CORS เพื่อให้ API เชื่อมต่อกับ Angular ได้
- พัฒนา Endpoint สำหรับการ:
 1. เพิ่มบล็อก (/add_block)
 2. ดึงข้อมูลบล็อกเชน (/get_chain)
 3. ตรวจสอบบล็อกตามแฮช (/get_block_by_hash/<hash>)
 4. ทดสอบการเชื่อมต่อฐานข้อมูล (/test_db_connection)



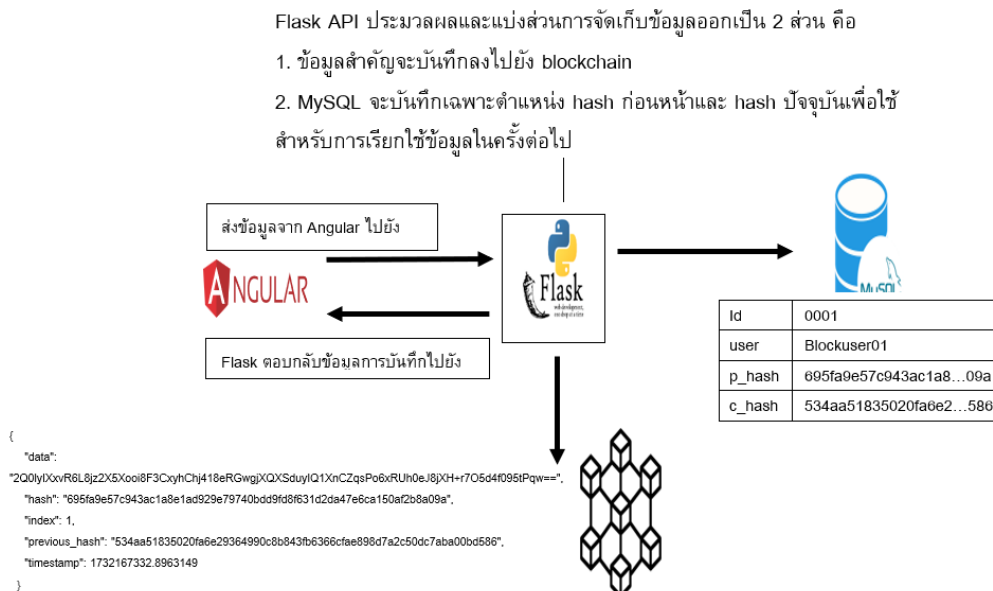
ภาพที่ 2 Python Flask เครื่องมือการสร้าง blockchain และ API

1.3 Blockchain Model

- สร้างโมเดล Blockchain โดยใช้คลาส Block และ Blockchain:
- คลาส Block ใช้จัดการข้อมูลในแต่ละบล็อก เช่น index, timestamp, previous_hash, hash
- คลาส Blockchain ใช้จัดการโซ่บล็อก (chain) และเพิ่มบล็อกใหม่
- ใช้แฮชฟังก์ชัน SHA-256 สำหรับการเข้ารหัสข้อมูลในแต่ละบล็อก

1.4 ฐานข้อมูล RDBMS: MySQL

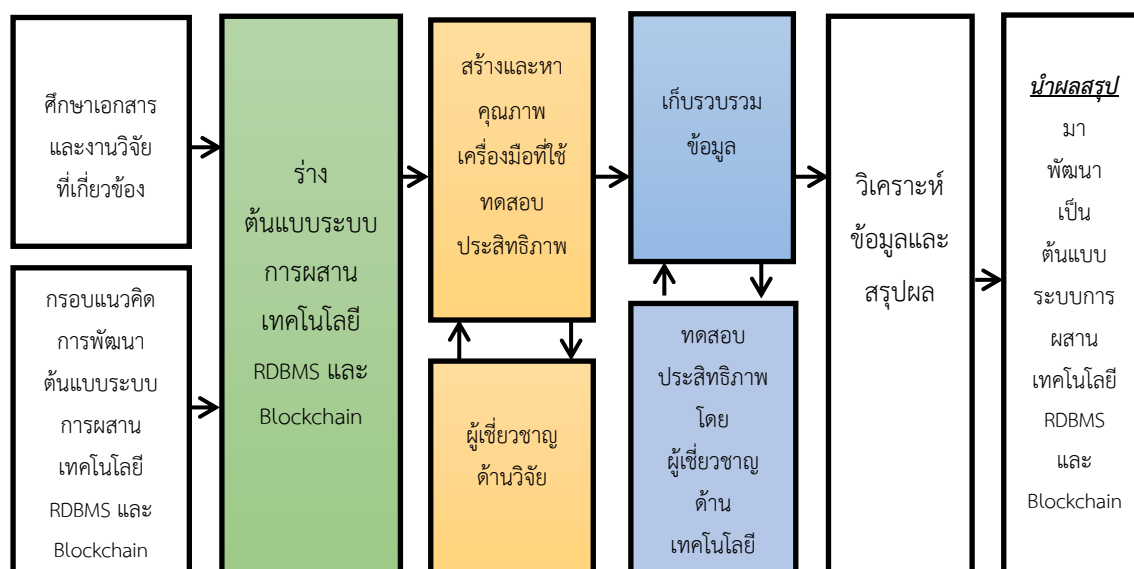
- เชื่อมต่อและจัดเก็บข้อมูลบล็อกในฐานข้อมูล MySQL
- ใช้ตาราง tbl_user สำหรับบันทึกแฮชของบล็อก (p_hash, c_hash) เชื่อมโยงกับผู้ใช้



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการทำงานของสารสนเทศเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain

ภาพที่ 4 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain

1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain

การดำเนินการวิจัยขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain

เริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain สรุปและร่างเป็นต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain จากนั้นสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพ โดยปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย นำไปทดสอบประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

การประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อต้นแบบระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain พร้อมผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย เก็บรวบรวมข้อมูลจากการประเมินประสิทธิภาพ (ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินประสิทธิภาพมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยมีข้อคำถามและตอบโดยให้เป็นแบบสอบถามประมาณค่า 5 ระดับ คือดีมาก ดี ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ตามมาตราวัดของลิเคิร์ท

4.51-5.00	หมายถึง	ความคิดเห็นในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง	ความคิดเห็นในระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง	ความคิดเห็นในระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง	ความคิดเห็นในระดับน้อย
1.00-1.50	หมายถึง	ความคิดเห็นในระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาการพัฒนาระบบสารสนเทศเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ พบว่า จากศึกษาแนวทางในการพัฒนาระบบที่สารสนเทศเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการข้อมูลในระบบ RDBMS และ Blockchain โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานในด้านความรวดเร็ว ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งาน โดยการเก็บรวบรวมการประเมินประสิทธิภาพจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบระบบสารสนเทศเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	($\bar{X}$)	(S.D.)	ระดับคุณภาพ
1. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ	4.40	0.22	ดีมาก
2. ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.50	0.18	ดีมาก
3. ความสะดวกในการใช้งานระบบต้นแบบ	4.60	0.15	ดีมาก
4. ความปลอดภัยของข้อมูล	4.45	0.20	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	4.49	0.19	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสะดวกในการใช้งานระบบต้นแบบ ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ความปลอดภัยของข้อมูล ตามลำดับ โดยมีรายการที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสรุปได้ ดังนี้

การเชื่อมโยง RDBMS และ Blockchain: ระบบสามารถผสานการทำงานระหว่างฐานข้อมูลแบบดั้งเดิมและ Blockchain ได้อย่างเหมาะสม โดยใช้แนวทางการจัดเก็บข้อมูลแบบไฮบริดที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ การเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล: การเชื่อมต่อแบบ P2P และการประมวลผลข้อมูลใน Blockchain ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในด้านความเร็วและความสะดวก การเพิ่มความปลอดภัย: การใช้ SHA-256 และการจัดเก็บข้อมูลใน Blockchain ช่วยลดโอกาสการปลอมแปลงข้อมูล และสร้างความมั่นใจให้กับผู้ใช้งาน

เมื่อพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวม พบว่าระบบมีค่าเฉลี่ย $\bar{X} = 4.49$ และ S.D. = 0.19 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก แสดงถึงความเหมาะสมของระบบในการนำไปใช้งานจริงและตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ต้นแบบระบบในการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ได้จากการใช้ Angular ร่วมกับ Flask API ซึ่งสามารถใช้ในการจัดเก็บข้อมูลลงไปยัง blockchain และ MySQL ได้อีกทั้งสามารถนำข้อมูลกลับมาใช้งานได้ตรงตามความต้องการผ่านการเข้ารหัส SHA-256

การทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบระบบการผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain สามารถแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผล

การผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain: ระบบที่พัฒนาสามารถผสานการทำงานระหว่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) และ Blockchain ได้อย่างราบรื่น โดยใช้แนวทางการจัดเก็บข้อมูลแบบไฮบริด ซึ่งช่วยลดข้อจำกัดของการจัดเก็บข้อมูลบน Blockchain เช่น ขนาดข้อมูลและค่าใช้จ่ายในการทำธุรกรรม ขณะเดียวกันยังรักษาความปลอดภัยของข้อมูลได้ดีขึ้นด้วยการใช้การเข้ารหัส SHA-256

1) การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า การออกแบบระบบได้รับคะแนนเฉลี่ย $\bar{X} = 4.40$ และ S.D. = 0.22 ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของโครงสร้างการทำงานที่รองรับทั้งการประมวลผลและการจัดเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ในด้านความเร็วและความเสถียรของระบบ มีคะแนนเฉลี่ย $\bar{X} = 4.50$ และ S.D. = 0.18 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการทำงานที่รวดเร็วโดยใช้ Flask API และการเชื่อมต่อแบบ P2P

3) ความปลอดภัยของข้อมูล เพราะมีการเข้ารหัสด้วย SHA-256 และการจัดเก็บข้อมูลสำคัญใน Blockchain ระบบสามารถป้องกันการปลอมแปลงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยได้รับคะแนนเฉลี่ย $\bar{X} = 4.45$ และ S.D. = 0.20

4) ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ แม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก แต่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด $\bar{X} = 4.40$ และ S.D. = 0.22 ทั้งนี้เพราะว่า ความซับซ้อนของการพัฒนา การผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain ยังคงมีความซับซ้อนในแง่ของการพัฒนาและการเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งอาจทำให้การปรับปรุงหรือขยายระบบในอนาคตต้องการทรัพยากรและความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของการพัฒนาการพัฒนาระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก แต่ด้านความเหมาะสมของการออกแบบระบบมีค่าต่ำสุดดังนั้น ในงานวิจัยในครั้งต่อไปควรจะศึกษาแนวทางการออกแบบระบบการพัฒนาการพัฒนาระบบการผสมผสานเทคโนโลยี RDBMS และ Blockchain เพื่อการจัดการข้อมูลแบบกระจายศูนย์

เอกสารอ้างอิง

- [1] Blockchain Bridges Critical National Infrastructures: E-Healthcare Data Migration Perspective, Received February 12, 2022, accepted February 23, 2022, date of publication March 3, 2022
- [2] aChain: A SQL-Empowered Analytical Blockchain as a Database, IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTERS, VOL. 72, NO. 11, NOVEMBER 2023
- [3] Online Storage, Retrieval & Authentication of Healthcare Documents using Ethereum Blockchain, 2022 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS), Pune, India. Sep 16-18, 2022
- [4] BitSQL: A SQL-based Bitcoin Analysis System, 2022 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC); 978-1-6654-9538-7/22/\$31.00 ©2022 IEEE

- [5] Web3 for sensitive data, enterprise, government, private, and permissioned use, 2022 IEEE 1st Global Emerging Technology Blockchain Forum: Blockchain & Beyond (iGETblockchain) | 978-1-6654-5198-7/22/\$31.00 ©2022 IEEE
- [6] PeerDB: a P2P-based system for distributed data sharing, Proceedings of the 19th International Conference on Data Engineering (ICDE'03) 1063-6382/03 \$17.00 © 2003 IEEE
- [7] Implementation of Blockchain based Electronic Health Record System using Java Eclipse and MongoDB, 2022 IEEE International Conference on Blockchain and Distributed Systems Security (ICBDS), Pune, India. Sep 16-18, 2022