

BBTVS: ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BLOCKCHAIN TRONG XÁC THỰC THÔNG TIN HỌC BẠ HỌC SINH TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

BBTVS: BLOCKCHAIN-BASED VERIFICATION OF HIGH SCHOOL ACADEMIC RECORDS

PHAN HỒNG HẢI^{1,a}, PHAN THƯỢNG CANG², PHAN ANH CANG¹

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

²Trường Đại học Công nghệ thông tin Cần Thơ

^aTác giả liên hệ: 23904009@st.vlute.edu.vn

Nhận bài(Received): 05/7/2025; Phản biện (Reviewed):05/9/2025; Chấp nhận(Accepted):25/9/2025

TÓM TẮT

Trong bối cảnh chuyển đổi số ngành giáo dục, việc xác thực và bảo vệ thông tin học bạ học sinh trở thành yêu cầu cấp thiết nhằm đảm bảo tính minh bạch, toàn vẹn và an toàn dữ liệu. Nghiên cứu này đề xuất một hệ thống xác thực học bạ học sinh trung học phổ thông ứng dụng công nghệ blockchain cụ thể là nền tảng Ethereum nhằm lưu trữ và xác minh thông tin học sinh một cách tin cậy và không thể chỉnh sửa. Hệ thống xây dựng chuỗi block riêng cho mỗi học sinh, tương ứng với từng học kỳ và cả năm học. Dữ liệu được xử lý thông qua smart contract viết bằng ngôn ngữ Solidity, tích hợp Web3.js cho kết nối với giao diện web, sử dụng Ganache và Truffle để kiểm thử và triển khai trong môi trường giả lập. Mỗi bản ghi học tập được mã hóa và liên kết bằng mã băm nhằm đảm bảo tính bất biến của dữ liệu. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, hỗ trợ quản lý điểm minh bạch, dễ dàng tra cứu và phòng chống gian lận hiệu quả. Tuy nhiên, hệ thống hiện mới chỉ triển khai trong môi trường giả lập, chưa tích hợp với các nền tảng quản lý học sinh hiện hành như VnEdu, SMAS. Trong tương lai, hệ thống dự kiến sẽ được triển khai trên mạng Ethereum thực tế và phát triển ứng dụng di động nhằm phục vụ xác thực học bạ mọi lúc, mọi nơi.

Từ khóa: Blockchain, học bạ, xác thực, Ethereum, smart contract, giáo dục phổ thông.

ABSTRACT

In the context of digital transformation in the education sector, the verification and protection of student academic records have become urgent requirements to ensure transparency, data integrity, and security. This study proposes a blockchain-based verification system for high school academic records, utilizing the Ethereum platform to securely store and authenticate student data in an immutable and reliable manner. The system constructs a blockchain structure for each student, corresponding to individual semesters and the full academic year. Academic records are processed through smart contracts written in Solidity, integrated with Web3.js for frontend interaction, and tested using Ganache and Truffle in a simulated environment. Each record is encrypted and linked via hash functions to guarantee immutability and prevent unauthorized alterations.

Experimental results demonstrate that the system operates stably, supports transparent grade management, facilitates efficient data retrieval, and effectively prevents fraud. However, the current prototype is limited to a simulated environment and has not yet been integrated with existing student management platforms such as VnEdu or SMAS. Future development includes deployment on a public Ethereum network and the development of a mobile application to support real-time academic record verification anytime, anywhere.

Keywords: Blockchain, Academic Record Verification, Ethereum, Smart Contract, High School Education, Web3.js.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Giới thiệu bài toán

Trong hệ thống giáo dục phổ thông hiện nay, học bạ học sinh đóng vai trò là căn cứ quan trọng phản ánh kết quả học tập, đánh giá năng lực, đạo đức và quá trình rèn luyện của học sinh qua từng năm. Thông tin từ học bạ được sử dụng trong nhiều mục đích như xét tốt nghiệp, tuyển sinh, chuyển trường, thống kê chất lượng giáo dục và đối chiếu học lực [1]. Tuy nhiên, phần lớn học bạ hiện nay vẫn đang được lưu trữ trên các hệ thống quản lý tập trung như VnEdu, SMAS,... hoặc đơn lẻ trên máy chủ nội bộ của trường học. Những hệ thống này tồn tại một số nhược điểm: Dữ liệu có thể bị sửa đổi bởi người quản trị có quyền truy cập hệ thống; Việc xác thực độ tin cậy của học bạ khi học sinh chuyển trường hoặc ra khỏi hệ thống giáo dục trở nên khó khăn; Thiếu cơ chế công khai và minh bạch để xã hội và tổ chức có thể kiểm chứng kết quả học tập một cách độc lập [2]. Trong bối cảnh chuyển đổi số ngành giáo dục, yêu cầu đặt ra là cần có một giải pháp đảm bảo: Tính toàn vẹn và bất biến của dữ liệu học tập; Minh bạch, truy xuất dễ dàng; Tự động hóa quy trình xác thực và giảm phụ thuộc vào hệ thống tập trung [3]. Công nghệ blockchain với đặc tính phi tập trung, bảo mật bằng mã hóa và khả năng ghi nhận bất biến, đang được xem là một hướng đi tiềm năng trong quản lý hồ sơ học thuật [4]. Một số mô hình quốc tế

như Blockcerts của MIT Media Lab [5], EduCTX [6], hay TrustED tại Úc [7] đã cho thấy tính ứng dụng của blockchain trong lưu trữ và xác minh chứng chỉ. Tuy nhiên, hầu hết các mô hình này tập trung chủ yếu ở bậc đại học hoặc chứng chỉ chuyên ngành. Việc ứng dụng blockchain vào xác thực học bạ ở cấp trung học phổ thông nơi có đặc thù dữ liệu học tập theo học kỳ, môn học, và nhiều bên liên quan (giáo viên – học sinh – phụ huynh – nhà trường) vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ [8]. Do đó, bài báo này đề xuất một mô hình ứng dụng blockchain để xây dựng hệ thống xác thực thông tin học bạ học sinh trung học phổ thông (Blockchain-Based Transcript Verification System - BBTVS), đảm bảo tính minh bạch, chống sửa đổi, và hỗ trợ xác minh chính xác khi học sinh tốt nghiệp, chuyển trường hoặc xét tuyển đại học.

1.2. Các nghiên cứu liên quan

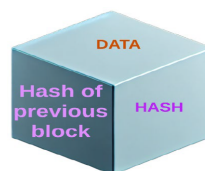
Nhằm khắc phục những hạn chế trong việc xác thực văn bằng và học lực đã nêu trên, nhiều mô hình ứng dụng công nghệ blockchain đã được triển khai, chủ yếu ở cấp đại học và đào tạo nghề. Dưới đây là phân tích chuyên sâu hơn về các mô hình đó cũng như một số hướng nghiên cứu mở rộng gần đây. Blockcerts, được phát triển bởi MIT Media Lab và Learning Machine, là một trong những nền tảng đầu tiên cho phép phát hành và xác minh chứng chỉ điện

từ dựa trên blockchain. Hệ thống này cung cấp cơ chế lưu trữ phân tán, giúp người học kiểm soát và chia sẻ chứng chỉ một cách bảo mật, đồng thời giảm thiểu nguy cơ làm giả văn bằng [5]. EduCTX là một sáng kiến tại Slovenia nhằm xây dựng hệ thống tín chỉ học thuật dựa trên blockchain theo chuẩn châu Âu. Mỗi sinh viên được gán một địa chỉ blockchain cá nhân, qua đó có thể tiếp nhận tín chỉ học tập từ các cơ sở giáo dục khác nhau, tạo thuận lợi cho việc chuyển tiếp học tập và xác minh liên trường [6]. TrustED.io, được triển khai tại Úc, cung cấp dịch vụ xác minh học lực và văn bằng theo thời gian thực. Hệ thống sử dụng hợp đồng thông minh trên nền tảng Ethereum để đảm bảo mọi giao dịch học thuật đều có thể được truy xuất, xác minh và bảo vệ khỏi gian lận [7]. Mở rộng hướng tiếp cận, Sharma và cộng sự (2022) đề xuất tích hợp công nghệ blockchain với trí tuệ nhân tạo (AI) nhằm nâng cao độ chính xác trong xác minh học lực, đồng thời phát hiện hành vi gian lận trong dữ liệu điểm số [8]. Tại khu vực châu Á, Chen và cộng sự (2020) đề xuất mô hình EduChain – ứng dụng blockchain để lưu trữ và quản lý kết quả thi một cách minh bạch và không thể chỉnh sửa, hỗ trợ xác thực liên trường [9]. Mặc dù các hệ thống nêu trên đã đạt được những kết quả đáng ghi nhận, tuy nhiên hầu hết đều tập trung vào cấp đại học hoặc giáo dục nghề. Lĩnh vực giáo dục phổ thông, đặc biệt là trung học phổ thông với cấu trúc học kỳ – môn học phức tạp và sự tham gia của nhiều chủ thể (nhà trường, giáo viên, học sinh, phụ huynh), vẫn chưa có mô hình blockchain nào thực sự được thiết kế chuyên biệt. Chính vì vậy, đề xuất hệ thống BBTVS trong bài báo này được xem là một hướng đi mới, nhằm lấp đầy khoảng trống nghiên cứu trong lĩnh vực xác thực học bạ học sinh trung học phổ thông.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

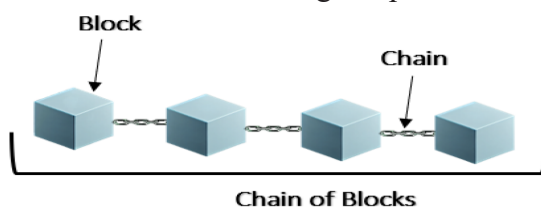
2.1. Blockchain

Công nghệ blockchain là một sổ cái phân tán bao gồm các khối dữ liệu - block được liên kết với nhau thông qua hàm băm - hash. Mỗi khối chứa dữ liệu, mã băm của chính nó và mã băm của khối trước đó, từ đó tạo nên chuỗi liên kết bất biến và phi tập trung. Tính chất này đảm bảo dữ liệu một khi đã được ghi nhận sẽ không thể bị thay đổi nếu không có sự đồng thuận từ mạng lưới [4].



Hình 1. Cấu trúc của một khối trong blockchain

Mỗi khối có một mã băm để xác định một khối và các thông tin trong đó. Mã băm là duy nhất, nó giống với dấu vân tay. Mã băm so sánh (chính là mã của khối phía trước - Hash of previous block) sẽ tạo nên chuỗi. Bất cứ sự thay đổi một khối khiến cho khối sau không khớp



Hình 2. Minh họa chuỗi khối dưới dạng chuỗi các khối liên kết

2.2. Ethereum

Ethereum là một nền tảng blockchain mã nguồn mở nổi bật, cho phép phát triển các ứng dụng phi tập trung thông qua hợp đồng thông minh - smart contract. Khác với Bitcoin chủ yếu dùng để chuyển giá trị Ethereum cung cấp môi trường lập trình linh hoạt cho các ứng dụng tự động hóa hoạt động dựa trên điều kiện xác định trước [5].

2.3. Smart contract

Smart contract là đoạn mã lập trình được triển khai trên blockchain, có khả năng tự động thực thi các điều kiện logic mà không cần sự can thiệp của bên thứ ba. Một khi các điều kiện đã được xác định trong hợp đồng được đáp ứng, chương trình sẽ tự động thực hiện các hành động như ghi nhận dữ liệu, chuyển quyền hoặc gửi thông báo. Điều này giúp tăng tính minh bạch và loại bỏ rủi ro sai sót do con người [5].

2.4. Web3.js

Web3.js là thư viện JavaScript phổ biến cho phép các ứng dụng web giao tiếp với mạng lưới blockchain Ethereum. Thông qua Web3.js có thể gọi các hàm của smart contract, truy xuất dữ liệu blockchain hoặc gửi giao dịch từ trình duyệt đến mạng blockchain [6].

3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

3.1. Kiến trúc tổng thể hệ thống

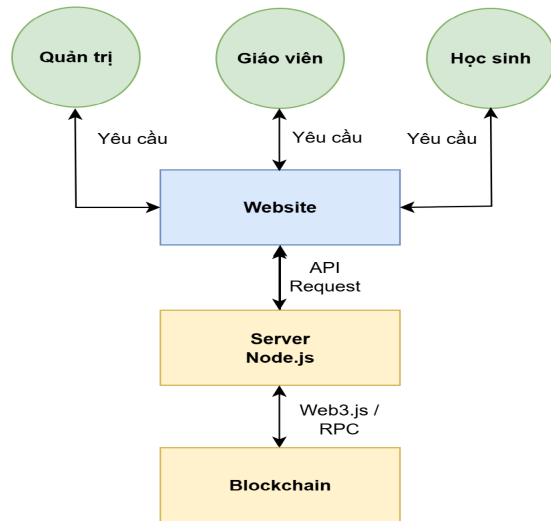
Hệ thống BBTVS được thiết kế gồm ba lớp chính:

Giao diện người dùng: Phát triển bằng HTML/CSS/JavaScript, sử dụng Bootstrap để đảm bảo giao diện thân thiện với người dùng. Giao diện gồm ba vai trò chính: quản trị viên (Admin), giáo viên và học sinh. Mỗi vai trò có quyền truy cập tương ứng. Admin: nhập và khóa điểm, tạo học sinh mới, phân quyền giáo viên. Giáo viên: xem điểm học sinh mình phụ trách. Học sinh: xem bảng điểm cá nhân.

Lớp xử lý nghiệp vụ: Sử dụng Node.js kết hợp Web3.js để kết nối giữa frontend và blockchain Ethereum. Backend đảm nhiệm

các chức năng: xử lý dữ liệu nhập điểm, tạo giao dịch blockchain, gọi hàm smart contract và nhận phản hồi từ chuỗi khối.

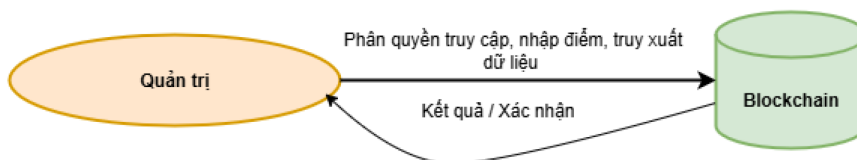
Blockchain Ethereum: Nơi lưu trữ dữ liệu học bạ dưới dạng các block bất biến. Hợp đồng thông minh viết bằng Solidity chịu trách nhiệm xác định cấu trúc block, kiểm tra điều kiện ghi điểm, lưu dữ liệu điểm số và trả về kết quả xác minh học bạ.



Hình 3. Kiến trúc ba lớp của hệ thống BBTVS

3.2 Luồng dữ liệu theo vai trò

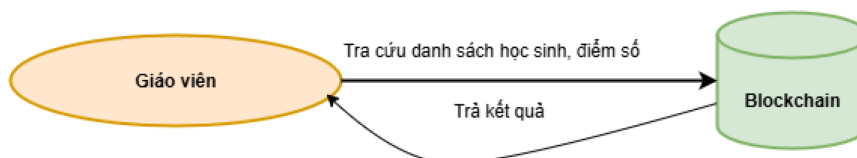
Trước hết, quản trị viên đóng vai trò điều phối luồng dữ liệu đầu vào và kiểm soát phân quyền. Sau khi xác thực danh tính, quản trị viên thực hiện các tác vụ nghiệp vụ (quản lý danh sách lớp, nhập/khóa điểm, cấp quyền) trên giao diện ứng dụng. Các yêu cầu này được máy chủ hợp thức hóa và gửi tới hợp đồng thông minh để ghi nhận on-chain; kết quả xử lý, gồm mã giao dịch và nhật ký sự kiện, được phản hồi về ứng dụng để xác nhận thành công và làm bằng chứng truy vết (Hình 4).



Hình 4. Luồng dữ liệu cho quản trị (ghi/khóa điểm, phân quyền, truy xuất).

Tiếp theo, giáo viên đăng nhập và chỉ được cấp quyền truy cập trong phạm vi lớp đã được gán định danh. Khi lựa chọn năm học và học kỳ, ứng dụng gửi yêu cầu tới hợp đồng thông minh để truy xuất danh sách học sinh và điểm số tương ứng; cơ

chế kiểm tra quyền được thực thi trước mỗi truy vấn nhằm bảo đảm giáo viên chỉ xem dữ liệu của lớp phụ trách. Kết quả được trả về giao diện dưới dạng danh sách/chi tiết theo học sinh, phục vụ theo dõi – đánh giá – phản hồi (Hình 5).

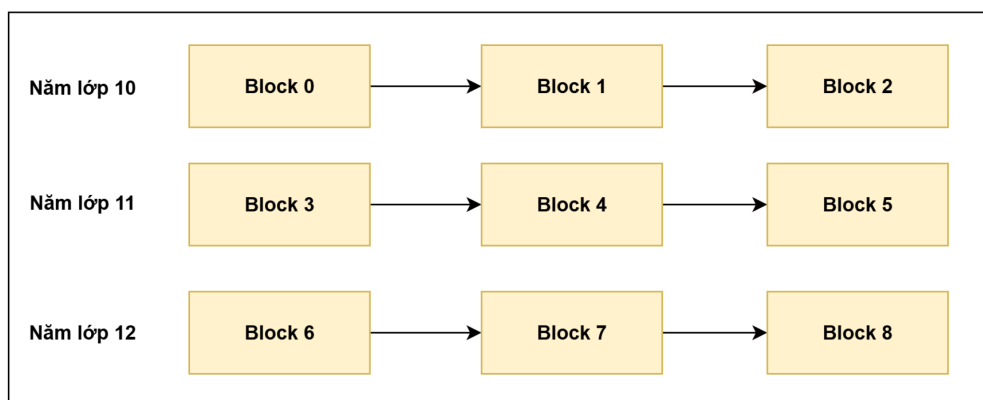


Hình 5. Luồng dữ liệu cho giáo viên (tra cứu danh sách học sinh và điểm số).

Sau cùng, học sinh đăng nhập để xác thực danh tính; khi thông tin hợp lệ, hệ thống phát hành JSON Web Token duy trì phiên làm việc an toàn và giới hạn phạm vi truy cập ở đúng hồ sơ cá nhân. Mọi yêu cầu tra cứu (thông tin cá nhân, điểm theo môn, xếp loại học lực, hạnh kiểm) được máy chủ kiểm soát quyền và chuyển tới hợp đồng thông minh để truy xuất các bản ghi bất biến. Nhờ đặc tính minh bạch và lưu vết trên chuỗi, thông tin trả về có tính toàn vẹn cao, giúp người học theo dõi tiến trình học tập của chính mình một cách chủ động và đáng tin cậy.

3.3. Quy trình ghi dữ liệu học bạ

Trong hệ thống BBTVS, mỗi học sinh được đại diện bởi một chuỗi các khối dữ liệu được ghi theo trình tự thời gian tương ứng với quá trình học tập từng năm. Dữ liệu học bạ được tổ chức thành từng block và liên kết với nhau theo nguyên tắc của blockchain, tức mỗi block mới đều chứa mã băm của block trước đó nhằm đảm bảo tính bất biến và toàn vẹn dữ liệu. Quy trình ghi dữ liệu được thiết kế gồm ba giai đoạn chính (Hình 4).



Hình 6. Cấu trúc chuỗi khối lưu trữ dữ liệu học bạ theo từng năm học

Chuỗi dữ liệu học bạ học sinh trong hệ thống được tổ chức theo cấu trúc tuyến tính của blockchain, trong đó mỗi năm học được biểu diễn bằng một chuỗi gồm ba khối tương ứng với ba giai đoạn: học

kỳ 1, học kỳ 2 và tổng kết năm học. Mỗi khối đều chứa thông tin học tập và thông tin định danh của học sinh, được mã hóa và liên kết với khối liền trước thông qua mã băm nhằm đảm bảo tính toàn vẹn và

bất biến của dữ liệu. Giai đoạn khởi đầu là Block 0, được tạo ngay khi học sinh hoàn tất học kỳ đầu tiên. Khối này chứa các thông tin cá nhân cơ bản như mã số học sinh, họ tên, ngày sinh, giới tính và lớp học, cùng với dữ liệu học tập của học kỳ 1 bao gồm điểm các môn học, điểm trung bình, học lực và hạnh kiểm. Do là khối đầu tiên trong chuỗi, Block 0 không chứa mã băm của khối trước mà chỉ bao gồm mã băm nội bộ để xác minh nội dung cùng với dấu thời gian ghi nhận. Khi học sinh hoàn thành học kỳ 2, hệ thống ghi nhận Block 1 với các thông tin học tập cập nhật, bao gồm toàn bộ điểm số và đánh giá trong học kỳ này. Khối này đồng thời kế thừa các thông tin định danh từ Block 0 để đảm bảo tính liên tục và đầy đủ. Đặc biệt, Block 1 chứa mã băm của Block 0 nhằm thiết lập liên kết chặt chẽ giữa hai học kỳ. Cơ chế liên kết này bảo đảm rằng bất kỳ sự thay đổi nào trong dữ liệu của Block 0 đều khiến mã băm của Block 1 không còn hợp lệ, từ đó đảm bảo tính toàn vẹn chuỗi khối. Sau khi kết thúc năm học, hệ thống tạo ra Block 2, đóng vai trò tổng hợp toàn bộ kết quả học tập trong năm. Nội dung của khối này bao gồm điểm tổng kết môn, điểm trung bình cả năm, xếp loại học lực và hạnh kiểm cuối năm. Block 2 tiếp tục kế thừa thông tin định danh từ các khối trước và liên kết trực tiếp đến Block 1 thông qua mã băm. Cũng như các khối khác, Block 2 được đánh dấu thời gian và gắn mã băm nội bộ để đảm bảo tính xác thực của dữ liệu.

Cấu trúc ba khối nêu trên không chỉ khép lại quá trình ghi nhận kết quả học tập của một năm học mà còn đóng vai trò là cơ sở dữ liệu xác thực phục vụ cho các nghiệp vụ giáo dục như xét lên lớp, xét tốt nghiệp hoặc chuyển trường. Cấu trúc này được lặp lại theo từng năm học, tạo thành

một chuỗi khối học bạ hoàn chỉnh và liên mạch, phản ánh đầy đủ quá trình học tập của học sinh trong suốt thời gian theo học tại cơ sở giáo dục.

4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

4.1. Môi trường thực nghiệm

Hệ thống BBTVS được triển khai thử nghiệm trong môi trường giả lập mạng Ethereum, sử dụng các công cụ và công nghệ sau: Ganache cung cấp blockchain cục bộ phục vụ việc triển khai và kiểm thử hợp đồng thông minh. Truffle Framework hỗ trợ biên dịch, triển khai và kiểm thử các smart contract viết bằng Solidity. Node.js xây dựng backend xử lý logic nghiệp vụ, giao tiếp giữa giao diện người dùng và blockchain. Web3.js thư viện JavaScript kết nối frontend với mạng Ethereum. Frontend các giao diện web được thiết kế bằng HTML, CSS và JavaScript phục vụ ba vai trò người dùng: quản trị viên, giáo viên và học sinh. Môi trường phần cứng được tiến hành trên máy tính cá nhân có cấu hình bao gồm bộ xử lý Intel Core i7 tốc độ 2,6 GHz với 12 lõi, bộ nhớ RAM dung lượng 32 GB và hệ điều hành Windows 10 phiên bản 64-bit. Cấu hình này đáp ứng đầy đủ yêu cầu về hiệu năng để thực hiện đồng thời các tác vụ liên quan đến xử lý dữ liệu blockchain và vận hành ứng dụng web, bảo đảm tính ổn định trong toàn bộ quá trình thử nghiệm.

4.2. Đánh giá thực nghiệm

Hệ thống được kiểm thử theo nhiều kịch bản mô phỏng sát vận hành thực tế, bao gồm: nạp điểm từ tệp Excel, ghi và lưu trữ bản ghi lên blockchain, gán-quản lý địa chỉ định danh cho học sinh, phân quyền truy cập cho giáo viên, và xử lý truy vấn học bạ.

Kết quả cho thấy toàn bộ kịch bản đều hoàn tất theo đúng tiêu chí chấp nhận với tỷ lệ thành công 100% (Bảng 1). Trong suốt quá trình kiểm thử không ghi nhận gián đoạn hay lỗi hệ thống (kết nối, lưu trữ, xung đột quyền). Tính toàn vẹn dữ liệu được xác nhận bằng đối chiếu giữa

dữ liệu on-chain và dữ liệu gốc với mức trùng khớp tuyệt đối; không phát hiện sai lệch hoặc mất mát thông tin. Giao diện cung cấp phản hồi trạng thái, thời gian thực hiện và xác nhận hoàn tất giúp nâng cao khả năng quan sát và trải nghiệm người dùng.

Bảng 1. Tổng hợp kết quả kiểm thử hệ thống BBTVS

Tiêu chí đánh giá	Mô tả kết quả đạt được	Kết quả
Tỷ lệ thành công	Toàn bộ kịch bản thực hiện đúng yêu cầu, không phát sinh lỗi	100%
Ổn định hệ thống	Không xuất hiện lỗi kết nối, lỗi lưu trữ hoặc xung đột quyền truy cập	Đạt
Thời gian xử lý	Tải tệp, lưu blockchain, truy xuất dữ liệu hoàn tất trong 1–3 giây	Đạt
Tính toàn vẹn dữ liệu	Dữ liệu trên blockchain trùng khớp hoàn toàn với dữ liệu gốc	Đạt
Tương tác người dùng	Phản hồi rõ ràng về trạng thái, thời gian thao tác và xác nhận thành công	Đạt

Về hiệu năng, thời gian phản hồi đầu-cuối của các chức năng cốt lõi dao động trong khoảng 1–3 giây (Bảng 2), đáp ứng yêu cầu về độ mượt và ổn định khi tác nghiệp. Truy xuất dữ liệu từ blockchain thông qua Web3.js diễn ra chính xác và

nhất quán trong toàn bộ các lần đo. Các kết quả này khẳng định tính khả thi của hệ thống trong bối cảnh triển khai thực tiễn, đồng thời cho thấy dư địa mở rộng về quy mô và tính năng khi nhu cầu quản lý dữ liệu tăng.

Bảng 2. Thời gian phản hồi trung bình của các chức năng hệ thống BBTVS

Chức năng kiểm thử	Thời gian phản hồi trung bình	Ghi chú
Phân quyền truy cập	~1,2 giây	Bao gồm bước xác thực quyền hạn
Nhập điểm	~2,5 giây	Từ khi tải tệp đến khi lưu on-chain
Tra cứu và xem điểm	~1,5 giây	Lấy dữ liệu từ blockchain qua Web3.js
In học bạ	~3,0 giây	Bao gồm xử lý và xuất tệp PDF

5. KẾT LUẬN

Sau khi triển khai mô hình Blockchain-Based Transcript Verification System trong môi trường giả lập bằng Ganache, nghiên

cứ đã kiểm thử toàn bộ chức năng với ba vai trò người dùng: quản trị viên, giáo viên và học sinh. Hệ thống cho phép ghi dữ liệu học bạ lên blockchain sau mỗi lần khóa

điểm, tạo block mới chứa đầy đủ thông tin điểm số và hồ sơ học sinh. Các block được liên kết bằng mã băm, đảm bảo tính bất biến và toàn vẹn dữ liệu. Học sinh có thể tra cứu kết quả học tập và in học bạ thông qua mã học sinh, dữ liệu truy xuất hoàn toàn khớp với bản gốc. Việc kiểm tra mã băm cho thấy mọi thay đổi trái phép đều bị phát hiện và từ chối ghi nhận. Giao diện thân thiện, hỗ trợ đúng vai trò: Admin nhập và khóa điểm, phân quyền giáo viên; giáo viên xem điểm lớp phụ trách; học sinh tra cứu bảng điểm cá nhân. Thử nghiệm với vài trăm học sinh cho thấy hệ thống ghi dữ liệu ổn định, thời gian trung bình dưới 2 giây/block. Tuy nhiên, hệ thống mới chỉ chạy trên môi trường giả lập, chưa tích hợp với các nền tảng thực tế như VnEdu, SMAS,..., chưa có phân quyền nâng cao, xác thực đa yếu tố hay kiểm tra tính hợp lệ đầu vào. Trong tương lai, hệ thống sẽ được triển khai trên mạng Ethereum thực tế và phát triển ứng dụng di động hỗ trợ xác thực học bạ mọi lúc, mọi nơi. Thách thức khi triển khai trong thực tế chủ yếu xuất phát từ các yêu cầu về bảo vệ dữ liệu, quản trị danh, tích hợp, hiệu năng–chi phí, vòng đời kỹ thuật và vận hành. Trước hết, học bạ là dữ liệu nhạy cảm nên cần tối thiểu hóa thông tin lưu trên chuỗi, áp dụng mô hình

lưu ngoài chuỗi cho hồ sơ chi tiết và chỉ đưa mã băm đối chiếu lên chuỗi nhằm bảo đảm riêng tư mà vẫn kiểm chứng được toàn vẹn. Ở khía cạnh hiệu năng và chi phí, độ trễ ghi nhận và phí giao dịch là vấn đề nếu sử dụng mạng công khai; lựa chọn mạng phù hợp và tối ưu kích thước giao dịch là cần thiết. Cuối cùng, mức sẵn sàng vận hành phụ thuộc vào năng lực giám sát, ghi nhật ký, sao lưu–phục hồi sau sự cố, cùng chương trình đào tạo người dùng cuối nhằm bảo đảm hệ thống hoạt động ổn định và an toàn. Về đóng góp, nghiên cứu định hình kiến trúc BBTVS phù hợp bối cảnh trung học phổ thông, chuẩn hóa dây chuyền khóa điểm – ghi nhận trên chuỗi khối – tra cứu và xác minh độc lập; thiết kế khóa tra cứu nhất quán (học sinh–năm–kỳ) kèm nhật ký sự kiện để bảo đảm truy vết; đồng thời xây dựng mô hình dữ liệu cân bằng minh bạch–riêng tư, trong đó thông tin nghiệp vụ tối thiểu và mã băm tài liệu lưu trên chuỗi, còn hồ sơ chi tiết lưu ngoài chuỗi. Trên cơ sở đó, quy trình xác minh đầu–cuối dựa vào mã giao dịch, số khối, mã sự kiện và mã băm tài liệu cho phép kiểm chứng độc lập mà không phụ thuộc máy chủ ứng dụng, tạo nền tảng sẵn sàng cho triển khai ở cấp nhà trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Giáo dục và Đào tạo, “Thông tư số 22/2021/TT-BGDĐT về đánh giá học sinh THCS và THPT,” 2021.
- [2] Trần Minh Tuấn, “Phân tích mô hình quản lý học bạ phổ thông hiện nay và nguy cơ sai lệch dữ liệu,” Tạp chí Giáo dục và Xã hội, 2021.
- [3] Bộ Thông tin và Truyền thông, “Chiến lược chuyển đổi số quốc gia đến năm 2025, định hướng đến 2030,” 2020. [Online]. Available: <https://mic.gov.vn/Pages/TaiLieu/chien-luoc-chuyen-doi-so-quoc-gia-2025.pdf>. [Accessed: May. 7, 2025].
- [4] S. Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,” 2008. [Online]. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. [Accessed: May. 6, 2025].

- [5] MIT Media Lab and Learning Machine, “Blockcerts: Open Standards for Blockchain Credentials,” 2016. [Online]. Available: <https://www.blockcerts.org>. [Accessed: May. 7, 2025].
- [6] M. Turkanovic, M. Holbl, K. Kosic, M. Hericko, and A. Kamisalic, “EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 5112–5127, 2018.
- [7] TrustED.io, “Blockchain-based academic credential verification,” [Online]. Available: <https://www.trusted.io>. [Accessed: May. 7, 2025].
- [8] A. Sharma, R. Sharma, P. P. Verma, and N. Kumar, “Blockchain and AI-integrated system for academic fraud detection,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, no. 1, pp. 1–17, 2022.
- [9] C.-T. Chen and F.-C. Hsiao, “EduChain: Blockchain-based exam record management,” *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 20, no. 10, pp. 1–7, 2020.