

BLOCKCHAIN TRONG QUẢN LÝ VÀ BẢO VỆ RỪNG

BLOCKCHAIN IN FOREST MANAGEMENT AND PROTECTION

Cao Thị Luyện^{1,*}, Hoàng Gia Huy²,
Phạm Văn Khánh³, Ngô Đức Vinh⁴

TÓM TẮT

Các ứng dụng chuỗi khối đã nhận được rất nhiều sự quan tâm trong những năm gần đây. Chúng mang lại những lợi ích và lợi thế to lớn cho nhiều lĩnh vực khác nhau. Cho đến nay, chưa có bất kỳ các nghiên cứu có hệ thống xem xét toàn diện các ứng dụng dựa trên blockchain hiện tại trong lĩnh vực lâm nghiệp. Bài báo này xem xét các ứng dụng dựa trên blockchain trong lĩnh vực lâm nghiệp. Các suy luận cho thấy blockchain có tiềm năng to lớn trong lâm nghiệp bền vững, giảm thiểu khai thác gỗ bất hợp pháp, bảo tồn đa dạng sinh học và nhiều lĩnh vực khác trong lâm nghiệp. Đánh giá này cung cấp những hiểu biết sâu sắc về các ứng dụng blockchain cho các nhà quản lý, người hành nghề và nhà tư vấn quan tâm đến lâm nghiệp. Bài báo xác định những lỗ hổng nghiên cứu hiện có về các chủ đề liên quan của các ứng dụng blockchain trong lâm nghiệp và đưa ra các khuyến nghị về các hướng tiềm năng trong tương lai để nghiên cứu về blockchain trong lâm nghiệp.

Từ khóa: Blockchain; lâm nghiệp bền vững; phát hiện cháy rừng; truy xuất nguồn gốc; quản lý rừng; sản phẩm gỗ; khai thác gỗ bất hợp pháp.

ABSTRACT

Blockchain applications have received a lot of attention in recent years. They bring great benefits and advantages to many different fields. To date, there have not been any systematic studies that comprehensively looked at current blockchain-based applications in the forestry sector. This paper examines blockchain-based applications in the forestry sector. The inferences show that blockchain has great potential in sustainable forestry, reducing illegal logging, biodiversity conservation and many other areas in forestry. This review provides insights into blockchain applications for managers, practitioners, and consultants interested in forestry. The paper identifies existing research gaps on relevant topics of blockchain applications in forestry and makes recommendations on potential future directions for blockchain research in forestry.

Keywords: Blockchain application; sustainable forestry; systematic review; forest fire detection; traceability; forest management; wooden product; illegal logging.

¹Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Trường THPT Chuyên Ngoại ngữ, Đại học Quốc gia Hà Nội

³Viện Toán và các khoa học ứng dụng

⁴Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: luyentc@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 01/7/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/8/2022

Ngày chấp nhận đăng: 29/8/2022

1. GIỚI THIỆU

Việc sử dụng công nghệ blockchain đang phát triển nhanh chóng, ví dụ nổi tiếng nhất là tiền điện tử Bitcoin [1].

Thật vậy, cho đến gần đây, mối quan tâm đến công nghệ blockchain chủ yếu là do giá trị của tiền điện tử ngày càng tăng nhanh chóng và các khoản đầu tư lớn được thực hiện vào các công ty khởi nghiệp chuỗi khối dịch vụ tài chính [2]. Tuy nhiên, khi công nghệ đã phát triển, ngày càng có nhiều sự chú ý đến cách 'sổ cái phân tán' này công nghệ có thể được sử dụng trong một loạt các ứng dụng trên nhiều lĩnh vực công nghiệp. Cho đến nay, các ứng dụng blockchain trong lâm nghiệp vẫn chưa được xem xét một cách toàn diện.

Lâm nghiệp liên quan đến khoa học và thực hành tạo, sử dụng, trồng, quản lý, bảo tồn và chăm sóc rừng. Lâm nghiệp bao gồm một loạt các hoạt động quản lý và bảo tồn rừng, bao gồm lâm nghiệp đô thị, lâm nghiệp công nghiệp và lâm nghiệp phi công nghiệp [3]. Nói chung, lâm nghiệp liên quan đến quản lý tài sản lâm nghiệp, bảo tồn hệ sinh thái và đa dạng sinh học, ngăn chặn cháy rừng và tham gia vào sự thích nghi với biến đổi khí hậu. Trên toàn cầu, ngành lâm nghiệp đang phải đối mặt với một số vấn đề chung, chẳng hạn như nạn phá rừng và khai thác gỗ trái phép. Phá rừng là nguyên nhân chính làm mất môi trường sống của động vật, bao gồm nhiều loài có nguy cơ tuyệt chủng [4]. Tương tự, khai thác gỗ / buôn bán gỗ bất hợp pháp đang diễn ra trên toàn thế giới. Buôn bán gỗ bất hợp pháp đã được báo cáo ở Mexico, Trung Quốc và Nga cho chế biến và sản xuất các sản phẩm từ gỗ [5, 6]. Trong [7] đã xác định rằng việc khai thác gỗ bất hợp pháp đang được chú ý nhiều và các giải pháp kỹ thuật của nó cần được đánh giá. Trong bối cảnh đó, có lẽ không có gì ngạc nhiên khi nhiều khách hàng công nghiệp và người tiêu dùng cuối cùng của các sản phẩm gỗ ngày càng quan tâm đến việc biết gỗ của họ là gỗ có nguồn gốc và được sản xuất theo phương thức thân thiện với môi trường và bền vững [8]. Điều này, ngược lại, đã làm nổi bật nhu cầu ngày càng tăng về truy xuất nguồn gốc chuỗi cung ứng và giao dịch minh bạch, cả hai đều có khả năng phù hợp cho các ứng dụng blockchain. Tuy nhiên, tiện ích tiềm năng, lợi ích và thách thức của các ứng dụng blockchain trong lâm nghiệp trước đây chưa được đánh giá toàn diện, điều này đã cung cấp lý do cho trọng tâm của nghiên cứu này.

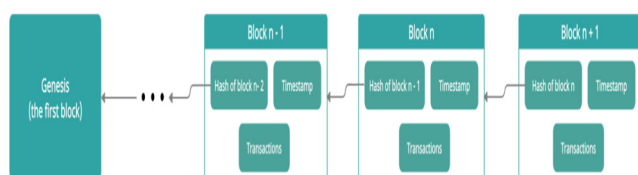
Nhiều nghiên cứu trước đây về công nghệ blockchain đã được hoàn thành trên một loạt các ngành công nghiệp khác. Các nghiên cứu hiện có này đã bao gồm tập trung vào công nghệ blockchain trong chăm sóc sức khỏe [2]; giáo dục [9]; lĩnh vực nông sản thực phẩm [10]; lĩnh vực năng lượng [11]; hậu cần và chuỗi cung ứng [12]; ngành du

lịch và xử lý hành [13]; bảo hiểm [14]; và nhiều ngành công nghiệp khác. Antonucci và cộng sự. [10] đã điều tra các ứng dụng blockchain trong nông sản thực phẩm, đặc biệt là tất cả các loại ứng dụng thương mại blockchain trong chuỗi cung ứng nông sản (cà phê, thịt bò, cá,...). Các ứng dụng của chuỗi khối đã được nghiên cứu trong lĩnh vực giáo dục [9]. Các ứng dụng chuỗi khối chủ yếu được sử dụng trong quản lý chứng chỉ, quản lý kết quả học tập và đánh giá năng lực chuyên môn của sinh viên [9].

Tijan và cộng sự [12] đã nghiên cứu các ứng dụng blockchain trong chuỗi cung ứng và hậu cần với những lợi ích và thách thức. Nghiên cứu đã xác định việc sử dụng tiềm năng của các ứng dụng blockchain trong hậu cần: xác định sản phẩm giả mạo, nới lỏng xử lý thủ tục giấy tờ, tạo điều kiện thuận lợi cho việc theo dõi xuất xứ và vận hành internet vạn vật (IoT) [12]. Các ứng dụng chuỗi khối đã được nghiên cứu để ứng dụng trong cả lĩnh vực năng lượng [11]. Andoni và cộng sự [11] đã nghiên cứu các hoạt động, nền tảng blockchain và giao thức đồng thuận của ứng dụng blockchain trong sạc xe điện, di động điện tử và giao dịch năng lượng ngang hàng mới nổi. Trong lĩnh vực chăm sóc sức khỏe, Hölbl và các cộng sự [2] nhận thấy rằng các ứng dụng blockchain chủ yếu được sử dụng trong việc chia sẻ dữ liệu, quản lý hồ sơ sức khỏe và kiểm soát truy cập. Theo hiểu biết của chúng tôi, không có nghiên cứu nào điều tra toàn diện các ứng dụng dựa trên blockchain trong lĩnh vực lâm nghiệp.

Mục tiêu của bài báo này là đề xuất các ứng dụng dựa trên blockchain hiện tại trong lâm nghiệp; để hiểu cách công nghệ blockchain được áp dụng trong lĩnh vực lâm nghiệp; và để đánh giá những lợi ích, cơ hội và thách thức của các ứng dụng blockchain được triển khai (và/hoặc đề xuất) trong lâm nghiệp. Đóng góp của công việc này là cung cấp hướng dẫn cho những người ra quyết định, các nhà thực hành, các nhà tư vấn và các nhà quản lý quan tâm đến lĩnh vực lâm nghiệp về các trường hợp sử dụng hoặc các ứng dụng của công nghệ blockchain trong lĩnh vực lâm nghiệp.

2. TỔNG QUAN VỀ BLOCKCHAIN



Hình 1. Cấu trúc dữ liệu chuỗi khối, phỏng theo [16-18]

Blockchain ban đầu được Nakamoto mô tả như một "chuỗi khối" vào năm 2008, công nghệ đằng sau bitcoin. Nakamoto [1] đã giới thiệu bitcoin như một phiên bản ngang hàng của tiền điện tử. Blockchain là một cơ sở dữ liệu kỹ thuật số phi tập trung của các giao dịch được đánh dấu thời gian (sổ cái phân tán) bằng cách băm các giao dịch này thành một chuỗi bằng chứng công việc dựa trên băm [1,15]. Hình 1 thể hiện cấu trúc dữ liệu blockchain, hệ thống blockchain ghi lại dữ liệu của các giao dịch được

đánh dấu thời gian thành một 'khối' được liên kết bằng mật mã giống như một chuỗi các khối [16]. Chuỗi khối không ngừng phát triển trong khi mỗi khối mới được thêm vào và mỗi khối (khối n) giữ mã băm của khối trước đó (mã băm của khối n - 1) [16 - 18]. Các khối trong blockchain kết nối với khối genesis (khối đầu tiên) theo thứ tự thời gian [17].

Công nghệ chuỗi khối đã được phát triển nhanh chóng trong những thập kỷ qua. Sự phát triển của blockchain có thể được tóm tắt thành bốn giai đoạn [19]:

- Blockchain 1.0 lần đầu tiên được giới thiệu vào năm 2008 [1]. Giai đoạn đầu tiên chủ yếu tập trung vào tiền kỹ thuật số như bitcoin. Công nghệ chuỗi khối được sử dụng cho tiền điện tử và hệ thống thanh toán để giảm chi phí giao dịch bằng cách loại bỏ các trung gian [19,20];

- Blockchain 2.0 được giới thiệu cho các hợp đồng thông minh vào năm 2013. Hợp đồng thông minh là một đoạn mã được thực thi trong khi một giao dịch được thực hiện [18]. Mã trong hợp đồng thông minh tự động thực thi khi tất cả các điều kiện được đáp ứng [21]. Hợp đồng thông minh có thể được sử dụng như thỏa thuận giữa tất cả các bên trong giao dịch. Tất cả các bên liên quan sẽ bị buộc phải thực hiện giao dịch khi các điều kiện được đáp ứng. Nói cách khác, các giao dịch với hợp đồng thông minh không cần phải được giám sát bởi bên thứ ba đáng tin cậy, điều này làm cho các giao dịch không thể đảo ngược, an toàn và phi tập trung [21]. Hợp đồng thông minh minh bạch và tự chủ để loại bỏ sự thao túng và lỗi của con người [19]. Một ví dụ nổi tiếng về các nền tảng để thực hiện hợp đồng thông minh là Ethereum được đề xuất vào năm 2013 [22]. Ethereum là một nền tảng cho blockchain và cho phép mọi người lập trình các hợp đồng thông minh bằng cách tạo ra các quy tắc sở hữu và định dạng giao dịch của họ [22];

- Blockchain 3.0 được giới thiệu vào năm 2015 và chủ yếu tập trung vào sự phát triển của các ứng dụng và điện toán phi tập trung [23]. Trong giai đoạn này, các ứng dụng phi tập trung được hình thành bởi các mã back-end chạy trên nền tảng mã nguồn mở [24]. Chuỗi khối 3.0 được tích hợp với các mã thông báo mật mã. Token là tài sản kỹ thuật số có thể đại diện cho bất kỳ giá trị nào [25]. Nền kinh tế mã thông báo đã trở thành bộ mặt hàng đầu trong thời đại này;

- Blockchain 4.0 tích hợp trí tuệ nhân tạo (AI) với công nghệ blockchain để đưa ra quyết định tốt hơn mà không cần sự can thiệp trực tiếp của con người vào năm 2018 [19, 23].

Sự kết hợp giữa AI và blockchain có thể giúp giải quyết các vấn đề phức tạp trên toàn thế giới. Nói chung, AI dự đoán kết quả bằng cách sử dụng các thuật toán dựa trên xác suất. Kết quả của AI liên tục thay đổi vì thuật toán có thể 'học hỏi' từ dữ liệu mới. Ngược lại, dữ liệu băm của công nghệ blockchain và kết quả là vĩnh viễn và không thể thay đổi.

Các đặc điểm của blockchain làm cho dữ liệu trở nên chính xác, điều này rất hữu ích và hữu ích khi đưa nó vào các hệ thống AI. Hơn nữa, blockchain có thể ghi lại và bảo mật kết quả của các hệ thống AI [19].

Dựa trên các đặc điểm của công nghệ blockchain, các loại công nghệ blockchain được phân thành hai loại: công

cộng và tư nhân [15, 18, 23]. Một chuỗi khối công cộng còn được gọi là chuỗi khối không cho phép [23] hoặc chuỗi khối mở [15]. Blockchain công khai cho phép mọi người tham gia hoặc kiểm tra các giao dịch trong mạng blockchain mà không có quyền riêng tư.

Tất cả những người tham gia trong mạng lưới blockchain đều là ẩn danh giả, có nghĩa là các bên trong giao dịch được ẩn danh trước khi thực hiện giao dịch. Bitcoin, Litecoin [26] và Ethereum là những ví dụ về blockchain công khai [15]. Ngược lại, một chuỗi khối riêng tư cung cấp nhiều quyền riêng tư hơn cho các giao dịch trong chuỗi khối. Blockchain riêng tư còn được gọi là blockchain được phép [23] hoặc blockchain đóng [15], cho phép các cá nhân hoặc nhóm được mời tham gia.

Blockchain riêng tư cung cấp nhiều quyền riêng tư hơn so với blockchain công khai. Các bên trong blockchain riêng tư chỉ được mời bởi một cơ quan xác thực [27]. Ví dụ về các blockchain được phép là Hyperledger Fabric [15] và Ripple [2]. Hơn nữa, một số tài liệu định nghĩa các loại công nghệ blockchain khác nhau. Một số nghiên cứu lập luận rằng có một loại công nghệ blockchain thứ ba bên cạnh blockchain riêng tư và công khai. Một số nghiên cứu đã liệt kê blockchain liên hợp là loại công nghệ blockchain thứ ba [2,17]. Chuỗi khối liên hợp cũng là một chuỗi khối được cấp phép thường được kiểm soát bởi một nhóm. Một số lượng nhỏ các nút xác thực với các tính năng được thiết lập trước có thể xác thực các giao dịch [17]. Chuỗi khối liên hợp có thể được sử dụng trong một hoặc nhiều ngành và được mở cho công chúng hạn chế (tập trung một phần) [2]. Cuộc tranh luận về các loại blockchain vẫn tiếp tục trong giới học thuật và cộng đồng web. Chủ đề về các loại blockchain không được thảo luận thêm vì cuộc tranh luận về chủ đề này không phải là mục đích hay mục tiêu của nghiên cứu này.

Để duy trì chức năng và độ tin cậy của mạng blockchain, có một thỏa thuận chung trong blockchain để trình bày trạng thái của sổ cái phân tán được gọi là thuật toán đồng thuận [2]. Giao thức đồng thuận có thể đảm bảo rằng phiên bản của khối mới được thêm vào chuỗi khối là phiên bản thực và tất cả các nút trong chuỗi khối đều đồng ý với nó [17]. Các giao thức đồng thuận phổ biến nhất được sử dụng trong blockchain là bằng chứng công việc (PoW), bằng chứng cổ phần (PoS), bằng chứng cổ phần được ủy quyền (DPoS), bằng chứng quan trọng (Pol), bằng chứng - độ hoạt động (PoA), chống cháy (PoB) và bằng chứng tích tụ (PoD) [2, 23]. Thuật toán PoW ban đầu được sử dụng trong chuỗi khối vào năm 2008 [1].

3. ỨNG DỤNG BLOCKCHAIN TRONG NGÀNH LÂM NGHIỆP

Chúng tôi nhận thấy rằng các ứng dụng dựa trên blockchain trong lâm nghiệp chủ yếu được phát triển (hoặc đề xuất) trong ba lĩnh vực: quản lý rừng, truy xuất nguồn gốc các sản phẩm từ rừng và phát hiện cháy rừng.

3.1. Truy xuất nguồn gốc các sản phẩm từ rừng

Truy xuất nguồn gốc sản phẩm gỗ là một công nghệ quan trọng trong hoạt động buôn bán thực vật quý hiếm.

Thông thường, các nhà máy sử dụng Phản hồi nhanh (QR) và Nhận dạng tần số vô tuyến (RFID) để xác định từng sản phẩm gỗ, nhưng những công nghệ này không đủ an toàn vì chúng có thể dễ dàng bị làm giả.

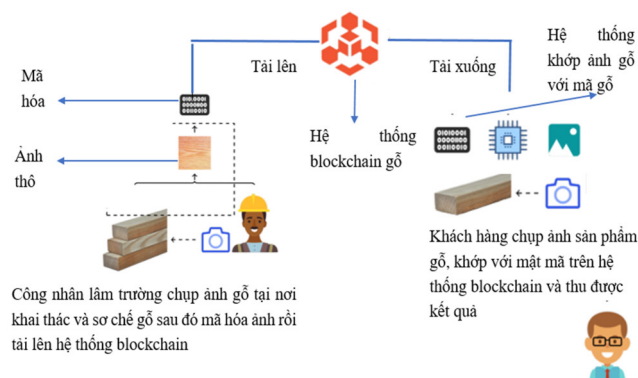
Hệ thống truy xuất nguồn gốc gỗ (WTS) là một công nghệ được sử dụng để truy xuất thông tin của sản phẩm. Trong các nhà máy liên quan, thông tin liên quan đến sản phẩm gỗ được viết và lưu trong hệ thống truy xuất nguồn gốc. Phản hồi nhanh (QR) và Nhận dạng tần số vô tuyến (RFID) sử dụng nhãn trên bề mặt gỗ để xác định từng sản phẩm gỗ.

Khách hàng nhận được thông tin cần thiết bao gồm loại gỗ bằng cách quét nhãn và gửi nó đến phòng thí nghiệm để nhận dạng. Phương pháp này thuận tiện cho khách hàng để nhận được kết quả một cách nhanh chóng. Tuy nhiên, loại nhãn dễ bị làm giả bằng cách sao chép hoặc chuyển đổi lên cái khác, như thế nó không an toàn và bảo mật.

Axit Deoxyribonucleic (DNA) là một công nghệ được sử dụng để xác định loài gỗ và ngăn chặn việc làm giả gỗ, và nó là một công nghệ có độ chính xác cao hơn khác. Tuy nhiên, việc thu nhận trình tự DNA rất tốn kém và mất thời gian, và công nghệ DNA không phù hợp với sản phẩm gỗ vì khó tách DNA từ gỗ khô [28]. Hơn nữa, công nghệ DNA không thể phân biệt các sản phẩm gỗ riêng lẻ được làm từ cùng một cây.

Mặt khác, công nghệ nhận dạng hình ảnh là một phương pháp nhanh chóng và hiệu quả về chi phí cũng có thể được sử dụng để xác định sản phẩm gỗ. Chụp ảnh gỗ bằng cách sử dụng kính hiển vi hoặc kính lúp và phân loại gỗ các loài có mô hình tính toán như mạng nơ-ron hoặc mô hình học sâu là hai chủ đề được thảo luận nhiều nhất trong lĩnh vực này. Trong những năm gần đây, các phương pháp dựa trên hình ảnh đã thành công trong việc nhận dạng loài gỗ [29 - 33].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất phương pháp sử dụng đặc điểm sinh trắc học trên bề mặt của sản phẩm gỗ thật để phân biệt từng sản phẩm gỗ.



Hình 2. Sơ đồ truy xuất nguồn gốc sản phẩm gỗ

Quy trình làm việc của hệ thống này có hai quy trình: tải lên và xác định. Quá trình tải lên là tải hình ảnh (ảnh thô) của công nhân lên. Các công nhân chụp ảnh gỗ sản phẩm và tải chúng lên hệ thống. Sau khi hình ảnh được tải lên,

quy trình sẽ trích rút các đặc trưng của hình ảnh. Sau đó, tập dữ liệu về các điểm chính được tải lên hệ thống blockchain. Quá trình xác định hoặc đối sánh được xử lý bởi khách hàng.

Khi khách hàng nhận được sản phẩm từ gỗ, họ có thể chụp ảnh mộc bản và khớp nó với tập dữ liệu về các điểm chính được tải xuống từ hệ thống blockchain gỗ. Các thực thể vật chất của chuỗi cung ứng gỗ bao gồm nông dân, nhân viên lâm nghiệp, nhà sản xuất và khách hàng.

Trong chuỗi khối này nông dân, nhân viên lâm nghiệp và nhà sản xuất tải dữ liệu kỹ thuật số lên chuỗi khối Ethereum. Tất cả các thực thể có thể kiểm tra xem gỗ có phải là gỗ đã được xác minh hay không thông qua ứng dụng phi tập trung (Dapp) của chuỗi khối Ethereum. Các thông tin, chẳng hạn như tên chủ sở hữu cây, mã định danh trồng cây, hồ sơ cây, vị trí trồng cây và ngày xác minh, có thể được tải lên và trích xuất từ hệ thống. Kiến trúc hai cấp của Ethereum Dapp bao gồm giao diện người dùng (NodeJS) và thư viện web3. Người dùng đăng ký và nhập thông tin về gỗ thông qua giao diện người dùng front-end vào thư viện web3. Thư viện web3 phản hồi thông tin từ máy khách front-end tới chuỗi khối Ethereum.

Hợp đồng thông minh trao đổi được nhúng trong hệ thống có thể tạo ra sự minh bạch chuỗi cung ứng với gỗ đã được xác nhận. Hệ thống có thể đánh dấu các giao dịch bất hợp pháp, chuyển giao hoạt động hàng hóa và gỗ bị dán nhãn sai trong chuỗi cung ứng gỗ.

Như vậy ta có thể xây dựng một hệ thống kỹ thuật số chống giả mạo cùng với công nghệ blockchain để giải quyết việc buôn bán gỗ bất hợp pháp giữa các quốc gia từ góc độ vĩ mô. Hệ thống kỹ thuật số chống giả mạo này đã kết hợp chuỗi khối với các giao thức kỹ thuật số mới để xác minh và xác thực vật lý. Các nhà chức trách có thể giám sát gỗ nhập khẩu và xác minh tình trạng pháp lý của nó trong các hệ thống dựa trên Blockchain. Các giao dịch trong blockchain có thể được liên kết với hồ sơ DNA của nó ở dạng kỹ thuật số dưới dạng hàm băm mật mã. Các công ty trong chuỗi cung ứng gỗ có thể kiểm tra chứng nhận của vật liệu tổng hợp sản phẩm gỗ trong chuỗi khối. Hệ thống blockchain được đề xuất này tốt hơn hệ thống Quy trình Giám sát Nguồn gốc. Ta có thể xây dựng một nền tảng quản lý hợp đồng dựa trên blockchain (hợp đồng thông minh - smart contract), giám sát gỗ từ cây bị chặt cho người dùng cuối để giảm thiểu gỗ bất hợp pháp. Nền tảng được đề xuất cho phép các tổ chức kiểm soát và quản lý các giấy phép và tài liệu của toàn bộ chuỗi cung ứng gỗ, bao gồm cả giấy phép để cắt, khối lượng khai thác gỗ, chứng từ lưu trữ, mua bán và thanh toán, thanh toán, chế biến gỗ, và nhiều chứng từ quan trọng khác.

3.2. Quản lý rừng

Chúng tôi đề xuất một ứng dụng sử dụng công nghệ xử lý hình ảnh và chuỗi khối để bảo vệ các loài gỗ có nguy cơ tuyệt chủng và tránh khai thác quá mức theo cách bất hợp pháp, như buôn lậu hoặc buôn bán bất hợp pháp. Quy trình làm việc của ứng dụng được đề xuất này có ba quy

trình. Đầu tiên, một máy bay không người lái chụp ảnh bìa rừng hoặc một đồn điền và tải hình ảnh lên một mô-đun trong ứng dụng. Sau đó, mô-đun có thể xác định loại cây và số lượng cây bằng cách sử dụng thuật toán Máy vectơ hỗ trợ (SVM). Thuật toán SVM có độ chính xác 90% trong việc phân loại loại cây. Sau đó, thông tin chi tiết (chẳng hạn như cây bị chặt) được lưu trữ trong các hợp đồng thông minh. Thông tin chi tiết về các cây bị chặt hạ được lưu trữ trong chuỗi khối bằng cách sử dụng các hợp đồng thông minh. Các hợp đồng thông minh được lưu trữ trong mô-đun mạng blockchain. Mô-đun blockchain này trong ứng dụng này được tạo bằng ReactJS, Ganache, Truffle và Internet3 framework. Tất cả các bên liên quan (chẳng hạn như các nhà môi trường và chính quyền) có thể xem số lượng cây bị chặt và thông tin loại cây, tuổi, kích thước, vị trí, ngày và giờ khai thác.



Hình 3. Các cây được phân loại và định vị

Ngoài ra, có thể ứng dụng web dựa trên blockchain để quản lý vườn ươm lâm nghiệp, triển khai hệ thống truy xuất nguồn gốc sử dụng công nghệ Nhận dạng tần số vô tuyến (RFID) và Giao tiếp trường gần (NFC). Ứng dụng này có thể theo dõi từng cây rừng trong vườn ươm, theo dõi cây trong vườn ươm trong thời gian thực và cung cấp cho người dùng cuối cùng (khách hàng) nguồn gốc của cây. Quy trình sử dụng ứng dụng này có hai giai đoạn. Giai đoạn đầu tiên là ghi thông tin và liên kết với thẻ NFC. Thông tin bao gồm ngày trồng, loài cây, nguồn gốc của hạt giống,... Sau đó, giai đoạn thứ hai là thêm và đồng bộ hóa dữ liệu với cơ sở dữ liệu từ xa.

Kiến trúc của ứng dụng web dựa trên blockchain này được phát triển để tích hợp với blockchain. Lớp phần mềm thao tác dữ liệu đã được thêm vào để giao tiếp với chuỗi khối thông qua API dịch vụ Gateway. Ứng dụng dựa trên blockchain này cho phép duy trì việc quản lý tiến hóa này và bảo vệ chất lượng sản xuất cũng như lựa chọn cây giống, cây và gỗ.

3.3. Phát hiện cháy rừng

Giám sát cháy rừng thông minh được bảo mật dựa trên chuỗi khối được đề xuất để truyền dữ liệu an toàn và được bảo vệ bởi Sybil trong trận cháy rừng. Kiến trúc của chuỗi khối này bao gồm ba lớp: lớp IoT, lớp sương mù và lớp đám mây.



Hình 4. Cảm biến phát hiện cháy rừng

Lớp IoT bao gồm các thiết bị cảm biến IoT được đặt trong các khu rừng. Các cảm biến (bao gồm cảm biến nhiệt độ, cảm biến lửa, cảm biến độ ẩm và cảm biến khói) thu thập dữ liệu liên quan từ rừng. Lớp IoT được kết nối với các nút sương mù của lớp sương mù. Các nút sương mù là các thiết bị vật lý để xử lý dữ liệu thời gian thực. Các nút sương mù trong lớp Sương mù xử lý trước dữ liệu được thu thập từ lớp IoT để dự đoán tình trạng cháy trong các khu rừng. Các nút sương mù triển khai công nghệ blockchain để thực hiện việc ra quyết định theo thời gian thực và khai thác các giao dịch. Ta có thể sử dụng thuật toán đồng thuận tiết kiệm năng lượng được gọi là Proof-of-Confidence (PoC) để xác thực dữ liệu. Lớp sương mù chuyển dữ liệu đã khai thác lên lớp đám mây. Lớp đám mây lưu trữ dữ liệu và giải mã dữ liệu cập nhật.



Hình 5. Sơ đồ phát hiện cháy rừng thông qua cảm biến và blockchain

Lớp Sương mù và Đám mây (lưu trữ đám mây) tạo thành mạng blockchain. Đám mây thực hiện dữ liệu được giải mã để dự đoán cháy rừng và cảnh báo cho cơ quan cứu hỏa.

4. HÀM Ý QUẢN LÝ

Nghiên cứu này cung cấp một số hàm ý quản lý quan trọng liên quan đến các ứng dụng blockchain cho những

người ra quyết định, nhà quản lý, nhà tư vấn và các nhà thực hành trong lĩnh vực lâm nghiệp. Các ứng dụng chính đang triển khai các ứng dụng dựa trên blockchain cho các sản phẩm rừng, phát hiện cháy rừng và bảo tồn đa dạng sinh học và tài nguyên rừng. Các tác động quản lý chính bao gồm (1) các hệ thống IoT dựa trên blockchain có thể tăng hiệu quả truy xuất nguồn gốc để thiết lập lòng tin của người mua đối với các sản phẩm gỗ và giảm thiểu việc khai thác gỗ bất hợp pháp; và (2) các tính năng của blockchain, chẳng hạn như phân cấp, minh bạch, bảo mật và toàn vẹn dữ liệu, có thể mang lại lợi thế cạnh tranh cho các doanh nghiệp trong lĩnh vực lâm nghiệp. Nếu các nhà quản lý muốn sử dụng tiền điện tử và blockchain, họ có thể cần thuê những nhân viên có kỹ năng mới chuyên về mật mã và hợp đồng thông minh.

Mặc dù blockchain có nhiều lợi ích trong kinh doanh gỗ và quản lý rừng toàn cầu, nhưng có một số rủi ro và bất lợi mà các nhà quản lý và người thực hành nên cân nhắc trước khi triển khai blockchain trong doanh nghiệp của họ: (1) do bản chất của blockchain, việc vi phạm và hack dữ liệu là tương đối khó, nhưng không phải là không thể. Trên thực tế, trong mười năm qua, đã có nhiều tội phạm mạng, chẳng hạn như hack tiền điện tử, vi phạm dữ liệu. Điều quan trọng là phải hiểu rằng blockchain không phải là không thể hack và bất biến. Tính bảo mật của blockchain nên được liệt vào danh sách rủi ro tiềm ẩn đối với các doanh nghiệp lâm nghiệp. (2) Mặc dù blockchain đã được báo cáo để giảm chi phí khai thác và chế biến sản phẩm gỗ của nông dân rừng, nhưng việc tiêu thụ năng lượng khổng lồ và lãng phí điện của các giao dịch tiền điện tử cũng là một bất lợi. Cơ sở hạ tầng của blockchain sẽ rất tốn kém cho các công ty khởi nghiệp. Nó nên được xem xét bởi các nhà tư vấn và những người ra quyết định trong lĩnh vực lâm nghiệp. (3) Mọi công ty khởi nghiệp đều có thể tạo ra tiền điện tử của riêng mình. Tuy nhiên, có rất nhiều loại tiền điện tử không thành công. Doanh nghiệp nên nhận ra rằng không phải mọi loại tiền điện tử đều thành công như bitcoin

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã điều tra công nghệ blockchain hiện tại trong lâm nghiệp. Chúng tôi đã chỉ ra rằng công nghệ blockchain có tiềm năng to lớn trong việc tăng cường sự tin tưởng của người mua đối với các sản phẩm gỗ, lâm nghiệp bền vững, giảm thiểu khai thác gỗ bất hợp pháp, bảo tồn đa dạng sinh học các loài cây và nhiều lĩnh vực khác liên quan đến lâm nghiệp. Tuy nhiên, các nhà quản lý và các nhà thực hành quan tâm đến việc sử dụng blockchain trong lĩnh vực lâm nghiệp nên xem xét tiềm ẩn nguy cơ vi phạm dữ liệu và tấn công mạng. Nghiên cứu cũng cho thấy có một số nghiên cứu hạn chế về những thách thức và rủi ro của việc áp dụng blockchain trong lâm nghiệp. Blockchain tương đối phức tạp và khó áp dụng trong lĩnh vực lâm nghiệp vì việc áp dụng blockchain đòi hỏi các chuyên gia về mật mã và hợp đồng thông minh. Những bất lợi của ứng dụng blockchain sẽ nhận được được các nhà nghiên cứu và các nhà thực hành quan tâm hơn.

Đóng góp chính của hoạt động này là cung cấp hiểu biết và chi tiết về các ứng dụng/ giải pháp blockchain hiện tại trong ba lĩnh vực của ngành lâm nghiệp: quản lý rừng, truy xuất nguồn gốc sản phẩm gỗ và phát hiện cháy rừng. Nghiên cứu này cũng làm rõ những lợi ích, thách thức và cơ hội mà blockchain mang lại cho lâm nghiệp. Nó cũng giúp các học viên và nhà quản lý quan tâm đến lĩnh vực lâm nghiệp tìm hiểu về việc sử dụng và ứng dụng công nghệ blockchain trong lĩnh vực lâm nghiệp bao gồm các lợi ích, rủi ro và thách thức đã được xác định. Nó đưa ra những lỗ hổng trong nghiên cứu và hướng nghiên cứu trong tương lai cho các nhà nghiên cứu để điều tra các chủ đề liên quan. Công nghệ chuỗi khối vẫn đang trong giai đoạn phát triển ban đầu trong lĩnh vực lâm nghiệp. Nó cũng có tiềm năng to lớn trong lĩnh vực lâm nghiệp, đặc biệt là trong việc ngăn chặn khai thác gỗ trái phép và lâm nghiệp bền vững. Tuy nhiên, không thể bỏ qua những rủi ro và mối đe dọa của blockchain. Các hướng nghiên cứu trong tương lai có thể tập trung vào việc áp dụng blockchain vào các doanh nghiệp lâm nghiệp, các mối đe dọa về an ninh của blockchain và điều tra các hệ thống IoT dựa trên blockchain trong lâm nghiệp. Chủ đề liên quan rất đáng để khảo sát trong các nghiên cứu sâu hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nakamoto S., 2008. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Decentralized Business Review. 2008. 21260. Available online: <https://www.debr.io/article/21260-bitcoin-a-peer-to-peer-electronic-cash-system> (accessed on 12 November 2021).
- [2]. Hölbl M., Kompara M., Kamišalić A., Nemec Zlatolas L., 2018. *A Systematic Review of the Use of Blockchain in Healthcare*. Symmetry, 10, 470.
- [3]. *The Dictionary of Forestry*. Available online: <https://web.archive.org/web/20131019122343/http://dictionaryofforestry.org/dict/term/forestry> (accessed on 12 December 2021).
- [4]. Nandhini J.M., Anuratha K., Sangeetha K., Jaswant K.A., 2021. *In Smart Tree Management with Biodiversity Preservation Using Image Processing and Blockchain Technology*. In Proceedings of the 2021 International Conference on System, Computation, Automation and Networking, ICSCAN 2021, Puducherry, India..
- [5]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2012. *The Russian Federation Forest Sector: Out-Look Study to 2030*; FAO: Rome, Italy, 2012; Available online: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2013001279> (accessed on 12 December 2021).
- [6]. Torres-Rojo J.M., 2021. *Illegal Logging and the Productivity Trap of Timber Production in Mexico*. Forests, 12, 838.
- [7]. He Z., Turner P., 2021. *A Systematic Review on Technologies and Industry 4.0 in the Forest Supply Chain: A Framework Identifying Challenges and Opportunities*. Logistics 5, 88.
- [8]. Appelhanz S., Osburg V.S., Toporowski W., Schumann M., 2016. *Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: System solution and its economic feasibility*. J. Clean. Prod. 2016, 110, 132–148.
- [9]. Alammary A., Alhazmi S., Almasri M., Gillani S., 2019. *Blockchain-Based Applications in Education: A Systematic Review*. Appl. Sci., 9, 2400.
- [10]. Antonucci F., Figorilli S., Costa C., Pallottino F., Raso L., Menesatti P., 2019. *A Review on blockchain applications in the agri-food sector*. J. Sci. Food Agric., 99, 6129–6138.
- [11]. Andoni M., Robu V., Flynn D., Abram S., Geach D., Jenkins, D. McCallum P., Peacock A., 2019. *Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities*. Renew. Sustain. Energy Rev, 100, 143–174.
- [12]. Tijan E., Aksentijević S., Ivanić K., Jardas M., 2019. *Blockchain Technology Implementation in Logistics*. Sustainability, 11, 1185.
- [13]. Ozdemir A.I., Ar I.M., Erol I., 2020. *Assessment of blockchain applications in travel and tourism industry*. Qual. Quant, 54, 1549–1563.
- [14]. Gatteschi V., Lamberti F., Demartini C., Pranteda C., Santamaría V., 2018. *Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?* Future Internet 2018, 10, 20.
- [15]. Morkunas V.J., Paschen J., Boon E., 2019. *How blockchain technologies impact your business model*. Bus. Horiz. 62, 295–306.
- [16]. Thwin T.T., Vasupongayya S., 2019. *Blockchain-based access control model to preserve privacy for personal health record systems*. Secur. Commun. Networks 2019, 8315614.
- [17]. De Aguiar E.J., Faical B.S., Krishnamachari B., Ueyama J., 2020. *A survey of blockchain-based strategies for healthcare*. ACM Comput. Surv. (CSUR), 53, 1–27.
- [18]. Dinh T.T.A., Liu R., Zhang M., Chen G., Ooi, B.C. Wang, 2018. *J. Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems*. IEEE Trans. Knowl. Data Eng., 30, 1366–1385.
- [19]. Angelis J., Da Silva E.R., 2019. *Blockchain adoption: A value driver perspective*. Bus. Horiz. 2019, 62, 307–314.
- [20]. Swan M., 2015. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*; O'Reilly Media, Inc.: Newton, MA, USA.
- [21]. Bao J., He D., Luo M., Choo, K.K.R., 2020. *A survey of blockchain applications in the energy sector*. IEEE Syst. J., 15, 3370–3381.
- [22]. Buterin V., 2014. *A next-generation smart contract and decentralized application platform*. White Pap. 3, 1–36.
- [23]. Ismail L., Materwala H., 2019. *A review of blockchain architecture and consensus protocols: Use cases, challenges, and solutions*. Symmetry, 11, 1198.
- [24]. Raval S., 2016. *Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology*. O'Reilly Media, Inc.: Newton, MA, USA, 2016.
- [25]. Xu M., Chen X., Kou G., 2019. *A systematic review of blockchain*. Financ. Innov., 5, 27.
- [26]. Litecoin-Open Source P2P Digital Currency. Available online: <https://litecoin.org/> (accessed on 12 December 2021).
- [27]. Zheng Z., Xie S., Dai H.N., Chen X., Wang H., 2018. *Blockchain challenges and opportunities: A survey*. Int. J. Web Grid Serv. 14, 352–375.
- [28]. Lee Hong Tnah, Soon Leong Lee, Kevin Kit Siong Ng, Subha Bhassu, Rofina Yasmin Othman, 2012. *DNA extraction from dry wood of Neobalanocarpus heimii (Dipterocarpaceae) for forensic DNA profiling and timber tracking*.
- [29]. Lei Zhao, Jianhua Wang, 2020. *The Method of Identifying the Species of Coniferous Wood Based on GLCM*. Journal of Coastal Research, 103(sp1):570.
- [30]. Rudolf Schraml, Karl Entacher, Alexander Petutschnigg, Timothy Young, Andreas Uh, 2020. *Matching Score Models for Hyperspectral Range*

Analysis to Improve Wood Log Traceability by Fingerprint Methods. Mathematics, 8(7):1071.

[31]. Heshalini Rajagopal, Anis Salwa Mohd Khairuddin, Norrima Mokhtar, Azlin Ahmad, Rubiyah Yusof, 2019. *Application of image quality assessment module to motion-blurred wood images for wood species identification system*. Wood Science and Technology, 53(4):967–981.

[32]. Sung-Wook Hwang, Kayoko Kobayashi, Shengcheng Zhai, Junji Sugiyama, 2018. *Automated identification of Lauraceae by scale-invariant feature transform*. Journal of Wood Science, 64(2): 69–77.

[32]. Tobias Pahlberg, Olle Hagman, Matthew Thurley, 2015. *Recognition of boards using wood fingerprints based on a fusion of feature detection methods*. Computers and Electronics in Agriculture, 111:164–173.

[33]. D. Yang, S. Yoo, I. Doh, K. Chae, 2021. *Selective blockchain system for secure and efficient d2d communication*. Journal of Network and Computer Applications, 173:102817.

[34]. Minh Jo, Kai Hu, Richard Yu, Li Sun, Mauro Conti, Qinghe Du, 2020. *Private blockchain in industrial iot*. IEEE Network, 34(5):76–77, 2020.

[35]. Kaur A., Nayyar, P. Singh, 2020. *Cryptocurrencies and Blockchain Technology Applications, chapter Blockchain: A path to the future*. John Wiley & Sons, pages 25–42

[36]. Shanna Appelhanz, Victoria-Sophie Osburg, Waldemar Toporowski, Matthias Schumann, 2016. *Traceability system for capturing, processing and providing consumer-relevant information about wood products: system solution and its economic feasibility*. Journal of Cleaner Production, 110:132–148, jan 2016.

[37]. R. Schraml, J. Charwat-Pessler, A. Petutschnigg, A. Uhl, 2015. *Towards the applicability of biometric wood log traceability using digital log end images*. Computers and Electronics in Agriculture, 119:112–122, nov 2015.

AUTHORS INFORMATION

Cao Thi Luyen¹, Hoang Gia Huy², Pham Van Khanh³, Ngo Duc Vinh⁴

¹University of Transport and Communications

²Foreign Language Specialized School - VNU

³Institute of Mathematics and Applied Sciences

⁴Hanoi University of Industry