CyStack

TÀI LIỆU CÔNG KHAI

BÁO CÁO KIỂM THỬ AN NINH ỨNG DỤNG

Phiên bản v1.1

Tài liệu này trình bày chi tiết quá trình thực hiện và kết quả của dự án kiểm thử an ninh hợp đồng thông minh được thực hiện bởi CyStack từ ngày 30/03/2022 đến 05/04/2022.

Dành cho

Nền tảng NFT5

Thực hiện bởi

Công ty Cổ phần CyStack Việt Nam

Mục lục

Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm

Dự án Kiểm thử an ninh Hợp đồng thông minh chỉ cung cấp các phát hiện và khuyến cáo cho mã nguồn các hợp đồng đã được xác định nội dung duy nhất. Vì vậy, các kết quả có thể không đảm bảo tính chính xác đối với các đoạn mã nguồn tương ứng nhưng ngoài phạm vi đã xác định, hay đối với các đoạn mã nguồn có sự thay đổi nhất định hoặc cập nhật so với phiên bản đã tiến hành kiểm thử. Kết quả kiểm thử cũng không khẳng định việc hợp đồng thông minh hoàn toàn không chứa lỗ hổng, và cũng không loại trừ khả năng phát hiện mới các lỗ hổng trên hệ thống hợp đồng thông minh.

Những tương tác của quá trình kiểm thử an ninh bị giới hạn trong một khoảng thời gian, vì vậy kết quả không đảm bảo việc phát hiện tất cả lỗ hổng cho hợp đồng thông minh. CyStack ưu tiên kiểm tra những lỗ hổng nguy hiểm nhất có thể bị kẻ tấn công khai thác. CyStack khuyến nghị NFT5 thực hiện bài kiểm tra này định kỳ, sử dụng đội ngũ kiểm thử viên nội bộ hoặc bên thứ ba để đảm bảo kiểm soát bảo mật liên tục và tốt nhất.

Kết quả đánh giá an ninh hợp đồng thông minh không dùng cho các mục đích tư vấn đầu tư.

Lịch sử thay đổi

Phiên bản	Ngày hoàn thiện	Ghi chú
1.0	05/04/2022	Hoàn thành bài đánh giá an toàn cho hợp đồng AssetHolder.sol. Không có phát hiện lỗ hổng.
1.1	07/04/2022	NFT5 yêu cầu xuất báo cáo công khai cho đợt kiểm thử an ninh thứ nhất.

Thông tin liên hệ

Tổ chức	Đại diện	Chức vụ	Địa chỉ email
NFT5	Nguyễn Hoàng Triều	Product Owner	trieunguyen@nft5.io
CyStack	Võ Huyền Nhi	Sales Manager	nhivh@cystack.net
CyStack	Nguyễn Ngọc Anh	Sales Executive	anhntn@cystack.net

Danh sách kiểm thử viên

Họ tên	Chức vụ	Địa chỉ email
Nguyễn Hữu Trung	Head of Security	trungnh@cystack.net
Hà Minh Châu	Auditor	
Vũ Hải Đăng	Auditor	
Nguyễn Văn Huy	Auditor	
Nguyễn Trung Huy Sơn	Auditor	
Nguyễn Bá Anh Tuấn	Auditor	

Tổng quan

Từ 30/03/2022 đến 05/04/2022, CYStack đã thực hiện bài đánh giá an ninh hợp đồng thông minh cho Nền tảng NFT5 theo yêu cầu của NFT5. Các phát hiện và khuyến cáo từ CyStack đều được chỉ rõ trong báo cáo này.

1.1 Chi tiết dự án kiểm thử an ninh

Đối tượng kiểm thử

NFT5 là một nền tảng phát hành NFT thế hệ mới. NFT phát hành trên NFT5 sẽ đại diện cho một phần quyền sở hữu và thu nhập của sản phẩm sở hữu trí tuệ. NFT5 ra đời nhằm cung cấp giải pháp kết nối nhà sáng tạo nội dung và nhà đầu tư một cách đơn giản và thuận tiện nhất.

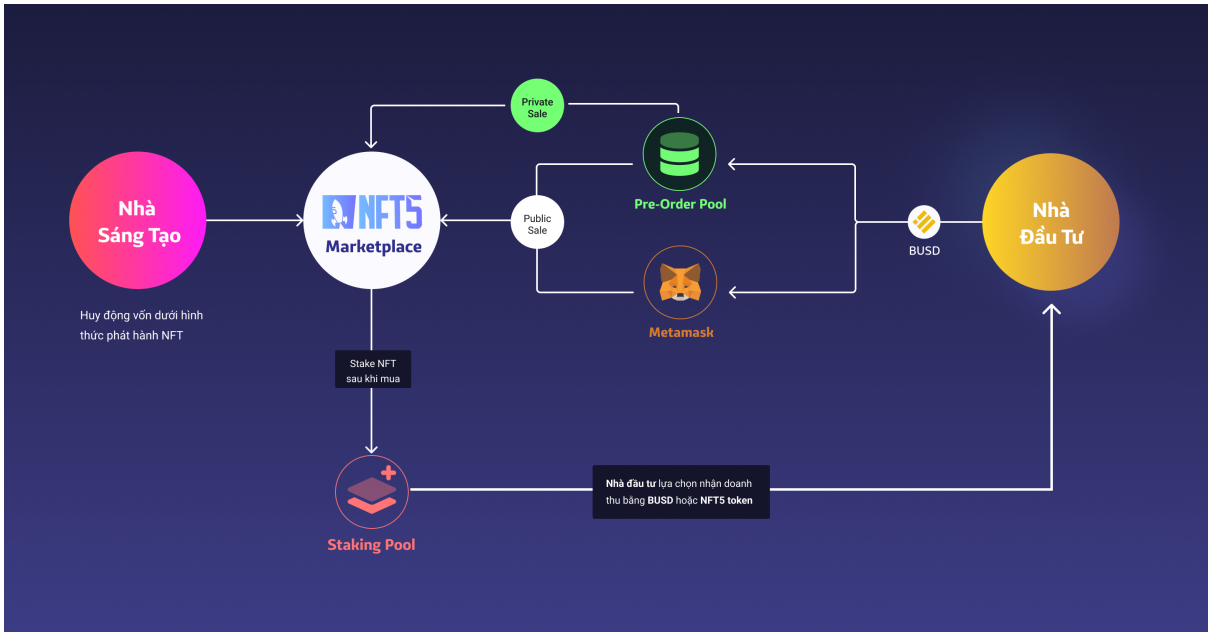
NFT5 được xây dựng và phát triển bởi đội ngũ của Remitano, thuộc NFT5.

Thông tin cơ bản về dự án được liệt kê trong bảng dưới đây:

Đề mục	Thông tin
Tên dự án	Nền tảng NFT5 (GitHub: remitano/nft5-core)
Nhà phát hành	NFT5
Website	https://nft5.io/
Nền tảng	Binance Smart Contract
Ngôn ngữ	Solidity
Mã nguồn	https://github.com/remitano/nft5-core/tree/409747c7758d4a2b52e39a700a1f57fcd377dc57/contracts
Số commit	409747c7758d4a2b52e39a700a1f57fcd377dc57
Phương pháp kiểm thử	Whitebox

ERC-1155 là chuẩn token được đội ngũ phát triển nền tảng NFT5 lựa chọn để vận hành xuyên suốt hệ thống NFT5. ERC-1155 là một chuẩn giúp hợp đồng thông minh quản lý nhiều loại token. Một smart contract áp dụng chuẩn ERC-1155 có thể xử lý nhiều loại token khác nhau như fungible, non-fungible hay semi-fungible.

Mô hình hoạt động của hệ sinh thái NFT5 được minh họa ở hình dưới đây:



Danh sách các tính năng sẽ ra mắt tại NFT5:

- Phát hành NFT (Đã hoàn tất): Đây là chức năng giúp các nhà sáng tạo nội dung phát hành các NFT của mình thông qua NFT5;
- Sàn giao dịch (Đã hoàn tất): Đây là nơi lưu thông toàn bộ tài sản mã hóa độc nhất (NFT) bằng các hợp đồng thông minh chất lượng, an toàn và bảo mật;
- Staking NFT (Đang phát triển): Khi nhà đầu tư khóa NFT của mình vào Staking pool của NFT5 sẽ nhận được phần thưởng từ doanh thu của nền tảng;
- Đấu giá (Đang phát triển): Các NFT được đấu giá sẽ tăng tính cạnh tranh, các nhà đầu tư sẽ thích thú hơn và tạo động lực cho thị trường mua bán.

Trong phạm vi của dự án kiểm thử an ninh này CyStack chỉ tiến hành đánh giá mức độ an toàn của hai tính năng: **Phát hành NFT** và **Sàn giao dịch**. Có bốn hợp đồng thông minh được tạo ra cho việc vận hành các tính năng này trên nền tảng NFT5:

- AssetHolder.sol;
- FeeCollector.sol;
- MarketPlace.sol;
- MintNFT.sol.

Trong giai đoạn đầu tiên của dự án kiểm thử, CyStack tập trung phân tích hợp đồng **AssetHolder.sol** và tìm kiếm các lỗ hổng bảo mật có thể tồn tại ở hợp đồng này. Hợp đồng AssetHolder.sol hoạt động như một kho lưu trữ BUSD nạp vào từ người dùng trên nền tảng NFT5. Đồng thời, hợp đồng này cũng được người dùng cấp quyền (approve) cho phép thực hiện các giao dịch liên quan đến NFT, phục vụ tính năng MarketPlace.

Việc gọi các hàm trong AssetHolder.sol được mô tả ở lược đồ dưới đây:

CyStack hiện nay đang tiếp tục tiến hành giai đoạn thứ hai cho dự án kiểm thử đối với nền tảng NFT5. Trong giai đoạn này, các bài kiểm tra bảo mật sẽ được thực hiện đối với ba hợp đồng FeeCollector.sol, MarketPlace.sol và MintNFT.sol. Kết quả sẽ được cập nhật ở báo cáo cuối.

Đơn vị cung cấp giải pháp kiểm thử an ninh

CyStack là công ty hàng đầu trong lĩnh vực an ninh mạng, an toàn thông tin tại Việt Nam. Chúng tôi xây dựng sản phẩm và giải pháp bảo mật cho tổ chức, doanh nghiệp để chống lại rủi ro an ninh trong thời đại số. CyStack hiện là thành viên của Hiệp hội an toàn an ninh mạng Việt Nam và Liên minh Phát triển hệ sinh thái an toàn và an ninh mạng Việt Nam.

Các chuyên gia của CyStack thường xuyên có các bài tham luận tại các diễn đàn bảo mật lớn nhất thế giới và khu vực như BlackHat USA, BlackHat Asia, Xcon, T2FI, v.v., đồng thời đã phát hiện nhiều lỗi bảo mật nghiêm trọng trong các sản phẩm và có tên trong Bảng vàng danh vọng - Hall of Fame của các tập đoàn công nghệ quốc tế.

1.2 Mục tiêu kiểm thử an ninh

Trọng tâm của việc kiểm thử an ninh nhằm khẳng định hệ thống hợp đồng thông minh được triển khai an toàn, có sức chống chịu và hoạt động tuân theo tài liệu mô tả kỹ thuật đã đề ra. Hoạt động kiểm thử an ninh hợp đồng mạng tập trung vào các vấn đề sau:

1. **Tính bảo mật:** Phát hiện các vấn đề bảo mật trong từng hợp đồng và trong hệ thống các hợp đồng thông minh.
2. **Kiến trúc an toàn:** Kiến trúc của hệ thống các hợp đồng thông minh được đánh giá dựa trên tập các quy chuẩn thiết kế an toàn hợp đồng thông minh, cũng như phần mềm nói chung.
3. **Tính chuẩn xác và chất lượng mã nguồn:** Kiểm tra đánh giá toàn bộ mã nguồn hợp đồng thông minh. Những tiêu chí cần thực hiện đánh giá bao gồm:
    - Tính chuẩn xác
    - Tính dễ đọc
    - Bố cục hợp lý cho bộ mã nguồn có độ phức tạp cao
    - Nâng cao tính mở rộng
    - Số lượng và chất lượng test coverage

1.3 Phương pháp kiểm thử an ninh

Để chuẩn hóa quy trình đánh giá, chúng tôi xây dựng các định nghĩa sau đây dựa trên phương pháp đánh giá rủi ro của OWASP (OWASP Risk Rating Methodology):

- **Khả năng (Likelihood)** thể hiện xác suất mà lỗ hổng được bí mật sử dụng khai thác;
- **Mức độ ảnh hưởng (Impact)** đo lường mất mát kỹ thuật và thiệt hại kinh tế của một vụ tấn công thành công;
- **Mức độ nghiêm trọng (Severity)** thể hiện mức độ nghiêm trọng khi rủi ro xảy ra.

Khả năng và mức độ ảnh hưởng được chia ra làm 3 mức độ: High, Medium và Low, hay tương ứng, H, M và L. Mức độ nghiêm trọng được đánh giá dựa vào khả năng và mức độ ảnh hưởng, từ đó phân thành năm mức độ tương ứng là Critical, Major, Medium, Minor và Thông tin (Info), được thể hiện ở bảng dưới đây:

Impact				
	High	Critical	Major	Medium
	Medium	Major	Medium	Minor
	Low	Medium	Minor	Info
		High	*Medium*	*Low*

Likelihood

CyStack bước đầu phân tích hợp đồng thông minh với các bộ công cụ đánh giá bảo mật mã nguồn mở và các công cụ do CyStack tự phát triển để tìm kiếm các lỗi liên quan đến hợp đồng thông minh nói chung. Các công cụ này bao gồm Slither, securify, Mythril, Sūrya, Solgraph, Truffle, Geth, Ganache, Mist, Metamask, solhint, mythx, v.v. Sau đó, các chuyên gia bảo mật sẽ kiểm tra thủ công kết quả từ các công cụ quét, ghi lại các mô tả về lỗ hổng và quyết định mức độ nghiêm trọng của chúng.

Bước tiếp theo, CyStack rà soát các lỗ hổng có thể xảy ra mà các công cụ quét tự động không thể phát hiện dựa trên một checklist tự xây dựng, dựng các test case cho từng loại lỗ hổng và chỉ ra mức độ an toàn trước các lỗ hổng từ kết quả phân tích. Nếu không có lỗ hổng được phát hiện sau khi tiến hành phân tích thủ công, hợp đồng thông minh có thể được coi là an toàn trong phạm vi các lỗ hổng thực hiện test case. Trong trường hợp có phát hiện lỗ hổng, CyStack sẽ tiếp tục triển khai các hợp đồng thông minh trên testnet riêng và chạy thử để khẳng định các phát hiện lỗ hổng. Thêm vào đó, chúng tôi có thể đưa ra PoC chứng minh khả năng tấn công bằng lỗ hổng được phát hiện, nếu được yêu cầu hoặc là cần thiết.

Checklist tiêu chuẩn sử dụng cho mọi quá trình kiểm thử anh ninh hợp đồng thông minh luôn chặt chẽ tuân thủ theo danh mục Smart Contract Weakness Classification Registry (SWC Registry). Danh mục SWC Registry được xây dựng dựa trên mô hình phân loại các lỗ hổng được đề xuất trong dự án The Ethereum Improvement Proposal với mã tra cứu EIP-1470. Checklist các bài kiểm tra tuân theo danh mục SWC Registry được gửi kèm báo cáo trong Phụ lục C.

Nói chung, quá trình kiểm thử an ninh tập trung tìm kiếm và kiểm tra sự tồn tại của các vấn đề dưới đây:

- **Các vấn đề liên quan đến quy chuẩn lập trình:** Tập trung tìm kiếm các lỗi lập trình dựa trên các quy chuẩn và phương pháp lập trình hợp đồng thông minh nói chung.
- **Các vấn đề ở thiết kế tổng quan:** Kiểm tra thiết kế kiến trúc hợp đồng thông minh và thực hiện các test case, như tấn công self-DoS, thực hiện thừa kế không đúng, v.v.
- **Các vấn đề liên quan đến lập trình an toàn:** Tìm kiếm các lỗ hổng bảo mật phổ biến ở hợp đồng thông minh như integer overflows, cơ chế xác thực thiếu an toàn, sử dụng chữ ký mật mã chưa phù hợp, v.v.
- **Các vấn đề về thiết kế lập trình:** Kiểm tra tính logic của code và cách xử lý lỗi trong hợp đồng thông minh, có thể kể đến việc khởi tạo biến trong hợp đồng, kiểm soát số dư và luồng giao dịch token, kiểm tra các hàm ngẫu nhiên, v.v.
- **Các nguy cơ tiềm ẩn khác trong mã nguồn:** Làm rõ các vấn đề đặc biệt khác, như tính bảo mật dữ liệu, độ tin cậy dữ liệu, tối ưu gas tiêu hao, một số các test case về xác thực và quyền chủ (owner) hợp đồng, các hàm fallback, v.v.

Để có cái nhìn toàn vẹn về chi tiết và mức độ nghiêm trọng của các vấn đề được phát hiện, mỗi mã SWC đều được trỏ về một mã CWE tương đồng nhất của danh mục Common Weakness Enumeration. CWE là một hệ thống phân loại dành cho các thiếu sót và lỗ hổng trong phần mềm nói chung, hỗ trợ định dạng các lỗi phát hiện ở một phần mềm nhất định. Danh sách ở phụ lục D chỉ ra những lỗ hổng trong phần mềm thông dụng cũng xảy ra trong lập trình hợp đồng thông minh.

Báo cáo tổng hợp kết quả cuối cùng sẽ được gửi tới nhà phát hành hợp đồng thông minh với phần tóm tắt và kết quả chi tiết, để đưa ra được các giải pháp khắc phục phù hợp.

1.4 Phạm vi kiểm thử an ninh

Phương pháp	Đối tượng	Loại hình
Các đối tượng ban đầu		
White-box testing	AssetHolder.sol	Tệp mã nguồn Solidity

Tóm tắt báo cáo

Số lượng lỗ hổng theo mức độ nguy hiểm

Không có lỗ hổng được phát hiện trong giai đoạn kiểm thử an ninh đầu tiên.

Số lượng lỗ hổng theo phân loại SWC

Không có lỗ hổng được phát hiện trong giai đoạn kiểm thử an ninh đầu tiên.

Số lượng lỗ hổng theo phân loại CWE

Không có lỗ hổng được phát hiện trong giai đoạn kiểm thử an ninh đầu tiên.

Danh sách lỗ hổng

Không có lỗ hổng được phát hiện trong giai đoạn kiểm thử an ninh đầu tiên.

Khuyến cáo

Dựa vào kết quả của bài kiểm tra an ninh hợp đồng thông minh, CyStack đưa ra những khuyến nghị chính sau đây:

Một số khuyến cáo	
Vấn đề	CyStack đã triển khai xong giai đoạn thứ nhất của dự án kiểm thử hợp đồng thông minh dành cho Nền tảng NFT5 thuộc NFT5. Không có lỗ hổng được phát hiện đối với AssetHolder.sol. Hiện CyStack đã tiến hành giai đoạn thứ hai cho dự án kiểm thử an ninh. Trong giai đoạn này, CyStack tập trung tìm kiếm các lỗ hổng tại các hợp đồng FeeCollector.sol, MarketPlace.sol và MintNFT.sol
Khuyến nghị	CyStack khuyến nghị NFT5 đánh giá kết quả kiểm thử đối chiếu với nhiều bên thứ ba cung cấp giải pháp an ninh để có kết luận chính xác nhất.
Tham khảo	• https://consensys.github.io/smart-contract-best-practices/known_attacks • https://consensys.github.io/smart-contract-best-practices/recommendations/ • https://medium.com/@knownsec404team/ethereum-smart-contract-audit-checklist-ba9d1159b901

Chi tiết lỗ hổng bảo mật

Không có lỗ hổng được phát hiện trong giai đoạn kiểm thử an ninh đầu tiên.

Danh mục phụ lục

Phụ lục A – Định nghĩa về các tình trạng lỗ hổng

Tên tình trạng	Định nghĩa
Chưa ghi nhận	Vấn đề bảo mật đã được báo cáo và hiện thời đang được đánh giá bởi các lập trình viên hoặc nhà phát hành hợp đồng thông minh.
Chưa khắc phục	Vấn đề bảo mật được công nhận là lỗ hổng và được lên kế hoạch khắc phục trong thời gian tới. Ở thời điểm của báo cáo hiện hành, lỗ hổng chưa được khắc phục.
Đã khắc phục	Vấn đề bảo mật được công nhận là lỗ hổng và đã được khắc phục hoàn toàn bởi các lập trình viên hoặc nhà phát hành hợp đồng thông minh.
Từ chối	Vấn đề chỉ ra không phải là một lỗ hổng bảo mật hoặc không có hay rất ít ảnh hưởng tới tính an ninh của hợp đồng thông minh, vì vậy không được ghi nhận và không cần khắc phục.

Phụ lục B – Mức độ nghiêm trọng của lỗ hổng

Mức độ	Định nghĩa
CRITICAL	Những vấn đề được ghi nhận critical thường khi chúng là các lỗi hoặc lỗ hổng bảo mật có thể khai thác trực tiếp. Những vấn đề này được khuyến cáo khắc phục ngay lập tức để phòng tránh các hậu quả đặc biệt nghiêm trọng và việc hệ thống hợp đồng thông minh ngưng hoạt động.
MAJOR	Những vấn đề đánh dấu major thường là các lỗi và lỗ hổng mà không thể khai thác trực tiếp khi thiếu một số điều kiện nhất định. Việc tiến hành vá những vấn đề bảo mật này nên thực hiện càng sớm càng tốt, do có khả năng rất cao chúng sẽ gây ra các vấn đề bảo mật nghiêm trọng và có thể gây ra các vấn đề liên quan đến vận hành hệ thống.
MEDIUM	Những vấn đề với mức độ nghiêm trọng medium thường là các vấn đề, lỗi và lỗ hổng tồn tại nhưng không thể khai thác khi bỏ qua một số thao tác, ví dụ social engineering. Đối với những vấn đề này, chúng tôi khuyến nghị lập kế hoạch ứng phó và tiến hành vá theo thứ tự ưu tiên, sau khi các lỗ hổng nghiêm trọng hơn đã được khắc phục.
MINOR	Những vấn đề minor thường liên quan đến bản chất lập trình (ngôn ngữ, các quy tắc lập trình, v.v.) và thường không thực sự là lỗi hay lỗ hổng bảo mật. Những vấn đề này vẫn được khuyến nghị khắc phục, trừ khi có những lý do chính đáng để không tiến hành xử lý.
INFO	Những vấn đề chỉ mang tính chất thông tin (info) thường liên quan đến những phương pháp lập trình tối ưu hoặc tính dễ đọc của mã nguồn. Thông thường, những vấn đề này không phải là lỗi hay lỗ hổng bảo mật. Nên khắc phục những vấn này, nếu chúng thực sự nâng cao tính hiệu quả cũng như bảo mật cho hợp đồng thông minh.

Phụ lục C – Phân loại lỗ hổng theo Smart Contract Weakness Classification Registry (SWC Registry)

Mã định danh	Tên	Mô tả
	Các vấn đề liên quan đến quy chuẩn lập trình	
SWC-100	Function Default Visibility	Nên có lựa chọn chính xác cho giới hạn truy cập đối với một hàm, có thể là *public*, *external*, *internal* hoặc *private*. Mặc định thì hàm cho phép truy cập *public*.
SWC-102	Outdated Compiler Version	Nên sử dụng phiên bản trình biên dịch Solidity gần đây nhất để tránh các lỗi hay lỗ hổng gặp phải ở các phiên bản cũ.
SWC-103	Floating Pragma	Nên khóa pragma để đảm bảo các hợp đồng thông minh không triển khai trên các phiên bản Solidity cũ mang lỗ hổng.
SWC-108	State Variable Default Visibility	Các biến có thể truy cập ở dạng *public*, *internal* hoặc *private*. Cần định nghĩa định dạng truy cập cho các biến hợp lý.
SWC-111	Use of Deprecated Solidity Functions	Solidity cung cấp các giải pháp khác thay vì sử dụng các hàm constructor không còn được hỗ trợ. Các phương án đều tương đồng, và việc thay thế cấu trúc cũ không làm thay đổi hành vi hợp đồng.
SWC-118	Incorrect Constructor Name	Nên sử dụng trình biên dịch Solidity gần nhất cho contract và chuyển sang định nghĩa constructor mới (với từ khóa *constructor*).
	Các vấn đề ở thiết kế tổng quan	

SWC-113	DoS with Failed Call	Các external call có thể không thực hiện được do khách quan hoặc chủ quan, điều này gây ra tình trạng DoS trong hợp đồng thông minh. Nên tách biệt các external call ở các giao dịch riêng biệt và thiết kế các hàm xử lý khi call không thể thực hiện.
SWC-119	Shadowing State Variables	Kiểm tra các biến được lưu trữ cho hệ thống hợp đồng thông minh và loại bỏ tối đa những yếu tố không minh bạch. Kiểm tra các cảnh báo từ trình biên dịch về việc sử dụng biến trong một hợp đồng.
SWC-125	Incorrect Inheritance Order	Khi kế thừa nhiều hợp đồng, nhất là khi chúng có các hàm như nhau, lập trình viên nên thận trọng ghi đúng thứ tự thừa kế (từ những cái chung nhất đến cái cụ thể hơn).
SWC-128	DoS With Block Gas Limit	Thay đổi mảng với kích cỡ không xác định, có thể khiến cho kích thước của mảng tăng theo thời gian, dẫn tới tình trạng Từ chối dịch vụ. Nên tránh các xử lý đòi hỏi việc looping xuyên suốt một cấu trúc dữ liệu.
	Các vấn đề liên quan đến lập trình an toàn	
SWC-101	Integer Overflow and Underflow	Nên sử dụng các thư viện safe math cho các phép tính toán học xuyên suốt toàn bộ hệ thống hợp đồng thông minh, nhằm tránh integer overflow hoặc underflow.
SWC-107	Reentrancy	Đảm bảo các sự thay đổi các trạng thái ẩn bên trong được thực hiện trước khi tiến hành một call, hoặc sử dụng khóa reentrancy.
SWC-112	Delegatecall to Untrusted Callee	Sử dụng *delegatecall* thận trọng và đảm bảo không bao giờ gọi tới các hợp đồng không đáng tin cậy. Nếu địa chỉ gọi đến là dữ liệu nhập vào từ người dùng, đảm bảo dữ liệu này được kiểm tra thông qua một whitelist các hợp đồng đáng tin cậy.

SWC-117	Signature Malleability	Một chữ ký không nên được đính kèm vào hash của tin nhắn đã được ký nếu các tin nhắn được xử lý bởi các hợp đồng thông minh.
SWC-121	Missing Protection against Signature Replay Attacks	Để bảo vệ khỏi các cuộc tấn công dùng lại chữ ký, cần lưu trữ các hash tin nhắn được xử lý bởi hợp đồng thông minh, trong đó bao gồm cả địa chỉ của hợp đồng thông minh đã thực hiện xử lý tin nhắn, và không bao giờ tạo hash một tin nhắn chứa cả chữ ký.
SWC-122	Lack of Proper Signature Verification	Khuyến nghị không sử dụng các mô hình kiểm tra xác minh khác mà không đòi hỏi xác thực chữ ký thông qua *ecrecover()*.
SWC-130	Right-To-Left-Override control character (U+202E)	Ký tự *U+202E* không nên xuất hiện trong mã nguồn của hợp đồng thông minh.
	Các vấn đề về thiết kế lập trình	
SWC-104	Unchecked Call Return Value	Nếu sử dụng các method low-level call, cần kiểm soát khả năng các call không thực hiện được bằng cách kiểm tra giá trị trả về.
SWC-105	Unprotected Ether Withdrawal	Thiết đặt các cơ chế kiểm soát sao cho các giao dịch rút tiền chỉ có thể được thực hiện bởi các bên được ủy quyền hoặc tuân thủ chặt chẽ theo tài liệu mô tả kỹ thuật của hệ thống hợp đồng thông minh.
SWC-106	Unprotected SELFDESTRUCT Instruction	Cân nhắc việc loại bỏ tính năng self-destruct. Nếu thực sự cần thiết, nên thiết đặt một mô hình đa chữ ký (multisig) để đảm bảo thao tác self-destruct chỉ được thực hiện khi có sự chấp nhận của nhiều bên.
SWC-110	Assert Violation	Cân nhắc xem các điều kiện được kiểm tra trong *assert()* có thực sự bất biến hay không. Nếu không, thay thế *assert()* bằng *require()*.

SWC-116	Block values as a proxy for time	Cần lưu ý khi sử dụng các giá trị khối (block values) khi viết các hợp đồng thông minh, do việc sử dụng chúng có thể dẫn tới các kết quả không tính toán được. Hoặc sử dụng các oracle.
SWC-120	Weak Sources of Randomness from Chain Attributes	Nhằm tránh các việc sử dụng yếu tố ngẫu nhiên không đủ mạnh, có thể sử dụng các mô hình có sẵn như RANDAO, hoặc các mô hình ngẫu nhiên bên ngoài, thông qua oracle như Oraclize, hay các hash của khối Bitcoin block.
SWC-123	Requirement Violation	Nếu đòi hỏi một yêu cầu logic quá chặt chẽ, cần giảm bớt điều này để cố thể chấp nhận các giá trị nhập vào hợp lệ từ bên ngoài. Nếu không, cần đảm bảo không có giá trị nhập vào không hợp lệ được nhập vào được cung cấp.
SWC-124	Write to Arbitrary Storage Location	Tất cả các cấu trúc dữ liệu nên sử dụng chung một vùng nhớ (địa chỉ), và cần đảm bảo việc ghi lại dữ liệu cho một cấu trúc dữ liệu không ghi đè lên cấu trúc dữ liệu khác.
SWC-132	Unexpected Ether balance	Hạn chế kiểm tra bằng điều kiện ”bằng” quá chặt đối với số dư Ether có trong hợp đồng.
SWC-133	Hash Collisions With Multiple Variable Length Arguments	Khi sử dụng *abi.encodePacked()*, cần lưu ý kiểm tra chữ ký hợp lệ không thể tạo ra từ nhiều các tham số khác nhau. Để đơn giản, có thể sử dụng *abi.encode()* thay thế. Hàm này cũng được khuyên dùng để tránh các cuộc tấn công sử dụng lại.
	Các nguy cơ tiềm ẩn khác trong mã nguồn	
SWC-109	Uninitialized Storage Pointer	Các biến được lưu local mà chưa được khởi tạo có thể trỏ và các vùng nhớ không dự đoán được trong hợp đồng. Nếu việc sử dụng biến local là cần thiết, đánh dấu nó với từ khóa *memory*, hoặc *storage* phụ thuộc vào định nghĩa. Trình biên dịch từ các phiên bản 0.5.0 hoặc mới hơn thì vấn đề này đã được giải quyết trên toàn hệ thống.

SWC-114	Transaction Order Dependence	Để giải quyết tình trạng race condition khi đưa lên các thông tin để trao đổi hỏi thưởng có thể sử dụng mô hình hiện hữu hash commit. Để giải quyết được race condition cho ERC20 cần thêm các cơ chế approve an toàn để giao dịch có thể thực hiện hoặc hoàn trả (revert).
SWC-115	Authorization through tx.origin	*tx.origin* không nên được sử dụng để xác định phân quyền hay ủy quyền. Nên sử dụng *msg.sender* thay thế.
SWC-126	Insufficient Gas Griefing	Tấn công insufficient gas griefing có thể được thực hiện với các hợp đồng nhận dữ liệu và sử dụng dữ liệu này trong một sub-call tới hợp đồng khác. Để tránh kiểu tấn công này, chỉ cho phép những người dùng đáng tin cậy được thực hiện giao dịch có trung gian và đòi hỏi phía trung gian (forwarder) phải cung cấp đủ phí gas.
SWC-127	Arbitrary Jump with Function Type Variable	Việc sử dụng assembly nên được hạn chế tối đa. Lập trình viên không nên để người dùng nhập giá trị bất kỳ vào các biến kiểu hàm.
SWC-129	Typographical Error	Khiếm khuyết này có thể hạn chế bằng cách thực hiện các kiểm tra điều kiện tiện quyết trước các phép tính toán học, hoặc sử dụng thư viện có sẵn cho các tính toán số học như SafeMath phát triển bởi OpenZeppelin.
SWC-131	Presence of unused variables	Loại bỏ toàn bộ các biến không được sử dụng khỏi mã nguồn.
SWC-134	Message call with hardcoded gas amount	Hạn chế sử dụng *transfer()* và *send()* và cũng không nên cố định giá trị phí gas cho việc thực hiện các hàm này. Sử dụng *.call.value(...)("")* thay thế.
SWC-135	Code With No Effects	Cần đảm bảo hợp đồng thông minh vận hành tuân thủ tài liệu mô tả kỹ thuật. Viết các test unit để đảm bảo mã nguồn vận hành chính xác.
SWC-136	Unencrypted Private Data On-Chain	Tất cả những dữ liệu mật không nên được lưu trữ off-chain, hoặc cần được mã hóa cẩn thận.

Phụ lục D – Phân loại lỗ hổng theo Related Common Weakness Enumeration (CWE)

Phân loại SWC Registry dựa trên các định nghĩa và có cấu trúc tương đồng với phân loại CWE, nhưng đồng thời cũng bao quát toàn diện hơn các lỗ hổng đặc biệt liên quan tới các hợp đồng thông minh.

Những lỗ hổng CWE * mà những lỗ hổng trong danh mục SWC Registry có liên quan, được liệt kê ở bảng dưới đây:

Mã CWE	Tên	Các mã SWC tương ứng
CWE-284	**Improper Access Control**	SWC-105, SWC-106
CWE-294	Authentication Bypass by Capture-replay	SWC-133
CWE-664	**Improper Control of a Resource Through its Lifetime**	SWC-103
CWE-123	Write-what-where Condition	SWC-124
CWE-400	Uncontrolled Resource Consumption	SWC-128
CWE-451	User Interface (UI) Misrepresentation of Critical Information	SWC-130
CWE-665	Improper Initialization	SWC-118, SWC-134
CWE-767	Access to Critical Private Variable via Public Method	SWC-136
CWE-824	Access of Uninitialized Pointer	SWC-109
CWE-829	Inclusion of Functionality from Untrusted Control Sphere	SWC-112, SWC-116
CWE-682	**Incorrect Calculation**	SWC-101
CWE-691	**Insufficient Control Flow Management**	SWC-126
CWE-362	Concurrent Execution using Shared Resource with Improper Synchronization (“Race Condition”)	SWC-114
CWE-480	Use of Incorrect Operator	SWC-129
CWE-667	Improper Locking	SWC-132
CWE-670	Always-Incorrect Control Flow Implementation	SWC-110
CWE-696	Incorrect Behavior Order	SWC-125

CWE-841	Improper Enforcement of Behavioral Workflow	SWC-107
CWE-693	**Protection Mechanism Failure**	
CWE-330	Use of Insufficiently Random Values	SWC-120
CWE-345	Insufficient Verification of Data Authenticity	SWC-122
CWE-347	Improper Verification of Cryptographic Signature	SWC-117, SWC-121
CWE-703	**Improper Check or Handling of Exceptional Conditions**	SWC-113
CWE-252	Unchecked Return Value	SWC-104
CWE-710	**Improper Adherence to Coding Standards**	SWC-100, SWC-108, SWC-119
CWE-477	Use of Obsolete Function	SWC-111, SWC-115
CWE-573	Improper Following of Specification by Caller	SWC-123
CWE-695	Use of Low-Level Functionality	SWC-127
CWE-1164	Irrelevant Code	SWC-131, SWC-135
CWE-937	**Using Components with Known Vulnerabilities**	SWC-102

** Những mã CVE in đậm là danh mục cha của các mã CWE theo sau nó.*

Tất cả các mã lỗ hổng trong danh mục CWE trên đây đều nằm trong danh mục "Research Concepts" (CWE-1000), ngoại trừ mã CWE-937, liên quan đến phân loại ở danh mục "Weaknesses in OWASP Top Ten (2013)" (CWE-928).