

Tap chí Khoa học và Kinh tế Phát triển
Trường Đại học Nam Cần Thơ

Website: jsde.nctu.edu.vn



Nguồn mở cho bền vững môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu

Nguyễn Hồng Quang¹, Nguyễn Văn Linh¹

¹Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Nam Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm bài viết: Nguyễn Hồng Quang

Ngày nhận bài: 15/11/2023

Ngày phân biện: 10/12/2023

Ngày duyệt đăng: 10/1/2024

Title: Open source for environmental sustainability and response to climate change

Keywords: ecosystem, environmental sustainability, open source

Từ khóa: bền vững môi trường, hệ sinh thái, nguồn mở

ABSTRACT

Ensuring environmental sustainability and responding to climate change are major challenges facing humanity today, including Vietnam. A report published in early 2023 by the authors Augspurger, Malliaraki and Hopkins titled “Open Source in Environmental Sustainability: Preserving Climate and Natural Resources with Openness” gave us a deep and informative analysis on this subject. The report described in details an open source ecosystem for environmental sustainability that has emerged in recent years along with the issues involved in maintaining and growing it to support the environmental sustainability and response to climate change. Many topics were directly related to us and can be completely applied in Vietnam. In this paper, we summarized the main findings of the above report and suggested how we can participate, take advantage of and contribute to this ecosystem.

TÓM TẮT

Đảm bảo bền vững môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu là những thách thức lớn của nhân loại ngày nay, trong đó có Việt Nam. Một báo cáo công bố đầu năm 2023 của các tác giả Augspurger, Malliaraki và Hopkins với tiêu đề “Nguồn mở trong bền vững môi trường: Bảo tồn khí hậu và tài nguyên thiên nhiên với tính mở” đem lại cho chúng ta một phân tích sâu sắc và nhiều thông tin bổ ích về chủ đề này. Báo cáo đã mô tả chi tiết một hệ sinh thái nguồn mở cho bền vững môi trường đã và đang hình thành mạnh mẽ trong những năm gần đây cùng với những vấn đề liên quan đến việc duy trì và phát triển nó để hỗ trợ cho bền vững môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu. Rất nhiều chủ đề có liên quan trực tiếp đến chúng ta và hoàn toàn có thể áp dụng tại Việt Nam. Trong nghiên

cứu này, tác giả tóm tắt những kết quả chính của báo cáo trên và gợi ý cách có thể tham gia, tận dụng và đóng góp cho hệ sinh thái này.

1. GIỚI THIỆU

Chúng ta đều biết rằng phần mềm nguồn mở (PMNM) dựa trên tính mở của mã nguồn, tức khả năng tự do truy cập mã nguồn, cho mọi người khả năng sửa đổi và quyền tự do phân phối nó. PMNM được phát triển thông qua nỗ lực hợp tác của các cộng đồng phân tán, làm việc cùng nhau để cải thiện các giải pháp phần mềm và chia sẻ các sửa đổi của họ với mọi người, dẫn đến việc phân bổ tài nguyên hiệu quả và tạo ra các sản phẩm khỏe mạnh và đáng tin cậy hơn. Nó là nền tảng trong việc thiết lập một cộng đồng số, hỗ trợ các cộng đồng đổi mới mở, quản lý vòng đời phát triển phần mềm và thông báo các cách thực hành xã hội tốt để quản lý các tài nguyên được chia sẻ.

Ngày nay, phần mềm nguồn mở, dữ liệu mở và rộng hơn là công nghệ mở đã dần trở nên những thuật ngữ quen thuộc với cộng đồng. Sử dụng các ứng dụng và hệ thống có nền tảng PMNM cho các nhu cầu của cuộc sống hàng ngày đã không còn xa lạ với đại đa số người dùng. Báo cáo thường niên của Synopsys « Phân tích nguy cơ và an toàn nguồn mở » [1] đã cho thấy trung bình 96-97% cơ sở mã phần mềm thương mại có chứa các thành phần là PMNM và mã nguồn của các thành phần này chiếm tỷ trọng trung bình đến 76% trên toàn bộ mã nguồn của sản phẩm. Có thể nói một cách không ngoa rằng PMNM là nền tảng cho tuyệt đại đa số các phần mềm thương mại đang được lưu hành và sử dụng ngày nay.

Vai trò của nguồn mở cũng ngày càng trở nên quan trọng trong việc giải quyết các thách thức về môi trường. Thật vậy, các mô hình toán học, dữ liệu và công cụ đo lường, được tích lũy và chia sẻ trong nhiều thập kỷ, đã cho chúng ta sự hiểu biết

cần thiết để bảo tồn các nguồn tài nguyên quan trọng của Trái đất – nước ngọt, đất đai màu mỡ, không khí trong lành và khí hậu ổn định. Các phương pháp tiếp cận văn hóa và kỹ thuật mở sẽ là cần thiết để hỗ trợ quá trình ra quyết định có thể theo dõi, xây dựng năng lực địa phương hóa và tùy chỉnh, mang lại cơ hội mới cho sự tham gia và ngăn chặn hành vi tẩy rửa xanh bằng cách đảm bảo tính minh bạch và tin cậy. Tuy nhiên, bất chấp tác động biến đổi của nguồn mở, tiềm năng của nó trong tính bền vững môi trường vẫn chưa được hiểu rõ. Điều này đã dẫn đến việc thiếu đầu tư một cách có hệ thống, cuối cùng hạn chế năng lực tập thể của chúng ta trong việc giải quyết những thách thức cấp bách nhất của xã hội. Rõ ràng cần phải tăng tốc các nỗ lực nguồn mở để đạt được sự đổi mới và tính bền vững ở quy mô lớn. Tuy nhiên, một đánh giá có hệ thống về những dự án nào có thể được coi là cơ sở hạ tầng số quan trọng hoặc nơi tồn tại những thiếu hụt nguồn lực và tài trợ đáng kể vẫn còn thiếu.

Nhận thức được tầm quan trọng của vấn đề này, các tác giả Tobias Augspurger, Eirini Malliaraki và Josh Hopkins đã tiến hành thu thập, nghiên cứu và điều tra trong 2 năm hơn 1300 dự án nguồn mở cho bền vững môi trường đã được công bố trên các kho mã nguồn truy cập được trên Internet. Một báo cáo của với tiêu đề “Nguồn mở trong bền vững môi trường : Bảo tồn khí hậu và tài nguyên thiên nhiên với tính mở” đã được nhóm tác giả công bố đầu năm 2023 [2]. Báo cáo đã nhận được rất nhiều sự quan tâm của cộng đồng và sau đó đã được LFEnergy và prototypes biên tập lại và công bố là tài liệu chính thức với tiêu đề “Hệ sinh thái bền vững nguồn mở” [3].

Thông qua hơn 40 trang tài liệu, trong đó có rất nhiều biểu đồ và minh họa sinh động, báo cáo đã mô tả, phân tích và đánh giá chi tiết một hệ sinh thái nguồn mở cho bền vững môi trường đã và đang hình thành mạnh mẽ trong những năm gần đây cùng với những vấn đề liên quan đến việc duy trì và phát triển nó để hỗ trợ cho bền vững môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu, đem lại cho chúng ta những hiểu biết sâu sắc và nhiều thông tin bổ ích về chủ đề này. Rất nhiều chủ đề có liên quan trực tiếp đến và hoàn toàn có thể áp dụng tại Việt Nam. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tóm tắt những kết quả chính của báo cáo trên và gợi ý cách chúng ta có thể tham gia, tận dụng và đóng góp cho hệ sinh thái có liên quan.

2. PHƯƠNG PHÁP

Nghiên cứu này thực hiện theo phương pháp định tính qua tổng hợp các tài liệu có liên quan.

2.1 Bối cảnh

Bản báo cáo “Nguồn mở trong bền vững môi trường : Bảo tồn khí hậu và tài nguyên thiên nhiên với tính mở” [2] và tài liệu biên tập lại sau đó “Hệ sinh thái bền vững nguồn mở” [3] có nội dung về cơ bản giống nhau. Đó là kết quả của hơn 2 năm tìm tòi, khám phá của các tác giả cùng với cộng đồng trực tuyến prototypes, một cộng đồng mở để tăng tốc các dự án, mô hình kinh doanh, công nghệ và nền tảng mở. Ban đầu, họ đã khởi động dự án Công nghệ bền vững mở để lập bản đồ tất cả các kho lưu trữ phần mềm nguồn mở cho bền vững môi trường với mục tiêu vẽ ra một bức tranh hoàn chỉnh về hệ sinh thái nguồn mở mới nổi này. Họ đã nhanh chóng nhận thấy rằng rất nhiều thông tin có thể được lấy từ cơ sở dữ liệu này cần được điều tra thêm.

Vào tháng 9 năm 2021, Eirini và Tobias hợp lực hướng tới một mục tiêu chung: khám phá và hiểu sự giao thoa giữa nguồn mở, bền vững môi

trường và công nghệ, đồng thời chia sẻ những phát hiện và hiểu biết của họ với công chúng. Các hợp tác tiếp theo đã được thống nhất để xây dựng một bức tranh toàn cầu về hệ sinh thái nguồn mở. Năm 2022, có thêm sự tham gia của Josh Hopkins điều tra các dự án nguồn mở trong bối cảnh hàng hóa số công cộng cho cộng đồng và những người ra quyết định.

2.2 Mục đích

Trước tiên, các tác giả đã lập bản đồ hệ sinh thái PMNM trong công nghệ bền vững và khí hậu. Một hệ sinh thái PMNM được định nghĩa là một tập hợp các dự án phần mềm có liên quan cùng phát triển trong cùng một môi trường. Nhiệm vụ đặt ra của nhóm nghiên cứu là xem xét sức khỏe và trạng thái của hệ sinh thái mới nổi này và đánh giá tác động của văn hóa nguồn mở đối với sự bền vững của môi trường. Mục đích chính là tạo ra một tầm nhìn và phát triển các chiến lược để đẩy nhanh việc sử dụng nguồn mở trong bền vững môi trường. Để đạt được điều này, các mục tiêu sau đây được theo đuổi: Xác định các nguyên tắc chung dựa trên các giá trị được chia sẻ trong hệ sinh thái; Cung cấp bằng chứng về động lực và mối quan hệ giữa các dự án, công nghệ, cộng đồng và tổ chức trong hệ sinh thái nguồn mở vì sự bền vững môi trường; Cung cấp cho các nhà phát triển, cộng đồng và người dùng cái nhìn tổng quan về các rủi ro và cơ hội tiềm ẩn liên quan đến các dự án hiện có, làm nổi bật các xu hướng tích cực và nâng cao nhận thức về các lĩnh vực quan trọng nhưng bị bỏ quên. Hơn nữa, giúp xác định các dự án phù hợp làm khối xây dựng cho các sáng kiến mới; Xác định tiềm năng chưa được khai thác và đưa ra các khuyến nghị về cách phân bổ kinh phí và nguồn lực một cách hiệu quả cho các dự án và hệ sinh thái hiện có đồng thời thúc đẩy tăng trưởng trong các lĩnh vực mới

nổi; Làm nổi bật các cơ hội cộng tác có hệ thống hơn thông qua cơ sở hạ tầng, tiêu chuẩn và giao diện số được chia sẻ.

2.3 Phương pháp thực hiện

Phát triển và duy trì PMNM dựa trên sự tích hợp của các yếu tố kỹ thuật, xã hội và tổ chức. Do đó, một nghiên cứu phương pháp hỗn hợp đã được thiết kế để hiểu tất cả các khía cạnh của hệ thống công nghệ xã hội này. Các tác giả đã thu thập dữ liệu định lượng và định tính đồng thời và sử dụng kết quả phát hiện của một nguồn làm xác thực chéo cho nguồn kia. Hàng ngàn dự án đã được phân tích trên sáu khía cạnh: Tổng quan chung, công nghệ, cộng đồng, hợp tác hệ sinh thái và tính bền vững tài chính.

Để thu thập được tối đa các dự án cho hệ sinh thái, các tác giả đã sử dụng nhiều từ khóa liên quan đến công nghệ bền vững và tính bền vững của môi trường trong quá trình tìm kiếm trên các nền tảng Gitlab, GitHub, Bitbucket hoặc Zenodo; khai thác các bài báo khoa học cho các thuật ngữ như git và các từ khóa của bài báo; sử dụng các công cụ tìm kiếm cho PMNM như Libraries.io, PyPi hoặc rrr.io; điều tra các tạp chí liên quan đến PMNM; lấy nguồn tin từ cộng đồng và phỏng vấn những người làm việc trong các lĩnh vực có liên quan,...Chỉ có các dự án thỏa mãn các tiêu chí đã xác định trong hướng dẫn đóng góp của dự án Công nghệ bền vững mới được liệt kê vào danh sách nghiên cứu.

Trong phân tích định lượng, ngoài việc thu thập các số liệu thống kê (số sao, số lượng commits, forks, releases, ngôn ngữ,...), các tác giả đề xuất một khái niệm gọi là chấm điểm phân phối phát triển (Development Distribution Score, - DDS). DDS cân đo sự phát triển được phân phối giữa những người đóng góp cho dự án như thế nào bằng cách so sánh điểm chuẩn giữa cá nhân

có nhiều *commits* nhất so với các nhà phát triển khác. DDS tìm cách đo lường sự phân bố kiến thức, công việc và quản trị liên quan đến các dự án khác như thế nào. Số liệu so sánh mức độ phụ thuộc của một dự án vào một nhóm nhỏ những người đóng góp và do đó, khả năng phục hồi của dự án trước sự thay đổi. Nó có thể được coi là một chỉ số hàng đầu về sức khỏe và sự phức tạp, theo đó kiến thức được tích lũy và phân phối trong một cộng đồng càng đa dạng thì khả năng phục hồi và khả năng sản xuất của cộng đồng càng lớn.

Trong phân tích định tính, đối tượng tìm hiểu và đánh giá là cộng đồng đứng sau mỗi sản phẩm. Các tác giả đã thực hiện 15 cuộc phỏng vấn với các nhà phát triển và cộng tác viên từ các dự án thuộc nhiều quy mô và lĩnh vực khác nhau, bao gồm kinh tế môi trường, tài chính bền vững, khoa học khí hậu và trái đất, mô hình hóa hệ thống năng lượng, năng lượng tái tạo, pin và giao thông vận tải để tìm hiểu về những thách thức, khuyến khích, nhu cầu của nhà phát triển, khả năng tài chính của các dự án của họ và những rào cản đã cản trở sự phát triển của các phương pháp hay nhất. Các câu hỏi được xoay quanh các chủ đề như: Lộ trình và vị trí trong PMNM; Công nghệ sử dụng và hỗ trợ cần thiết cho dự án; Mô hình phát triển và hiện trạng cộng đồng; Nhu cầu cộng tác với lĩnh vực khác; Tính bền vững về tài chính và; Triển vọng tương lai.

2.4 Nguyên tắc bền vững mở

Các tác giả nhấn mạnh tính mở (openness) là một chỉ số quan trọng của tính bền vững. Nó cho phép các ngành, tổ chức và xã hội khác nhau tinh chỉnh hiểu biết của họ về tính bền vững một cách có hệ thống và phân hồi thông tin mới một cách hiệu quả thông qua các vòng lặp đổi mới theo triết lý “đứng trên vai những người khổng lồ”. Bằng cách làm cho ý định và kết luận của một người

minh bạch và dễ tiếp cận (tính mở), kiến thức có thể tiếp tục tích lũy và được tinh chỉnh theo thời gian (tính bền vững). Các tác giả đã xác định được bốn nguyên tắc hướng dẫn được thể hiện trong hệ sinh thái mới nổi này gọi là các Nguyên tắc bền vững mở gồm: Minh bạch và tin cậy; ra quyết định có thể theo dõi; đổi mới hợp tác và; địa phương hóa và phân cấp. Những nguyên tắc này cung cấp cơ sở cho việc hợp tác tạo cảm hứng, cho phép sự đồng thuận hữu ích – dựa trên sự hiểu biết chính xác, được chia sẻ về tình trạng của hành tinh chúng ta – từ đó đưa ra định hướng về cách phối hợp tốt nhất để đưa ra lựa chọn của chúng ta và xây dựng năng lực để hành động hiệu quả.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

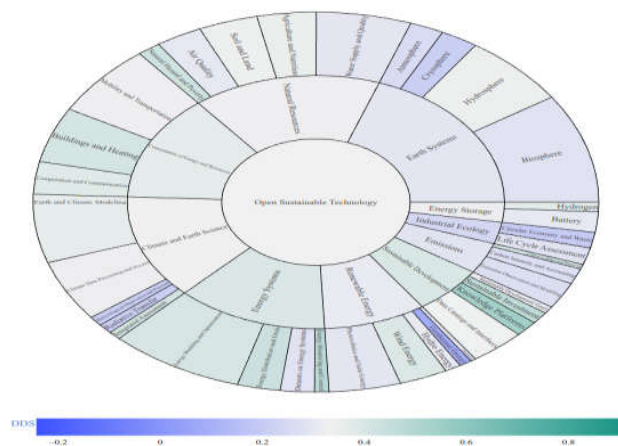
3.1 Hệ sinh thái bền vững nguồn mở

Các dự án được nhóm thành các lĩnh vực dựa trên chủ đề trọng tâm chính của chúng. Mặc dù ranh giới các lĩnh vực thường chồng lấn nhau nhưng chúng giúp vẽ nên một bức tranh toàn cảnh và có thể cung cấp thông tin chi tiết về sức khỏe hệ sinh thái cũng như mức độ phức tạp của các lĩnh vực so với nhau. Hình 2 cho thấy mối quan hệ giữa các lĩnh vực, chủ đề và dự án. Màu nền

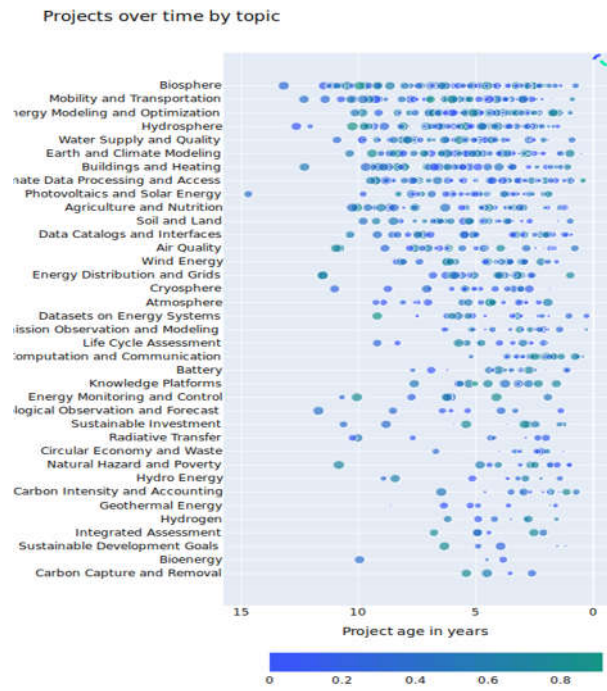
đại diện cho Điểm phân phối phát triển. Trang web của dự án Công nghệ bền vững mở (<https://opensustain.tech/>) cung cấp danh sách dự án nhóm theo lĩnh vực và các chủ đề trong đó. Cơ sở dữ liệu liên quan của nó (<https://airtable.com/shr9we419r2TkpLkc>) cho bảng trích ngang các thông tin cơ bản về các dự án này, liên kết đến kho mã nguồn và các tổ chức đứng sau các dự án. Cơ sở dữ liệu này được các tác giả liên tục cập nhật.

3.2 Chủ đề và phân bố dự án

996 dự án nguồn mở đang hoạt động tích cực được tuyển chọn để phân tích chi tiết được chia thành 39 chủ đề thuộc 10 lĩnh vực khác nhau của bền vững môi trường. Biểu đồ trong Hình 2 cung cấp tổng quan về tất cả các dự án được nghiên cứu trong các chủ đề tương ứng của chúng. Kích thước của các vòng tròn tỷ lệ thuận với quy mô tương đối của các dự án, dựa trên tổng số commits và đóng góp. Thanh màu hiển thị Điểm phân phối phát triển (DDS) dưới dạng thước đo phân phối công việc giữa các nhà phát triển riêng lẻ. Giá trị cao cho thấy mức độ phân phối công việc cao và do đó, có cộng đồng nhà phát triển mạnh. Hình 3 cho biết số dự án cho mỗi chủ đề.

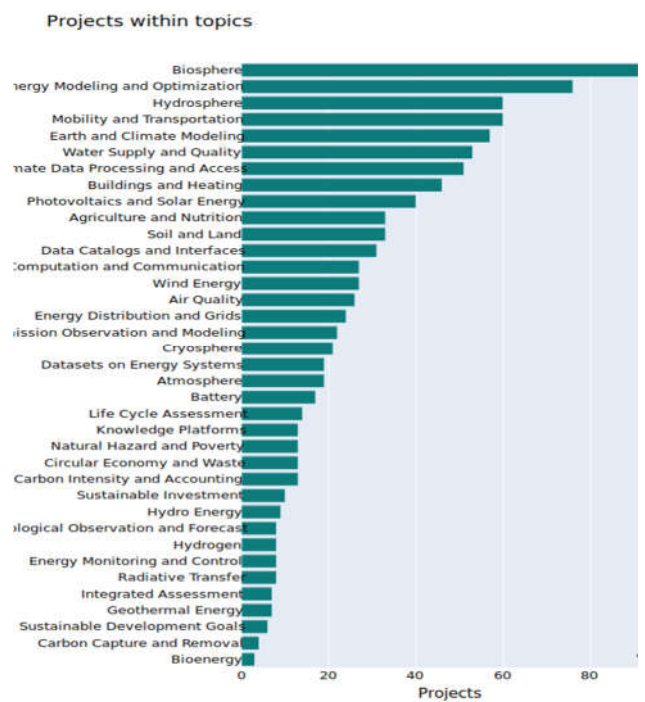


Hình 1. Hệ sinh thái bền vững nguồn mở [2]



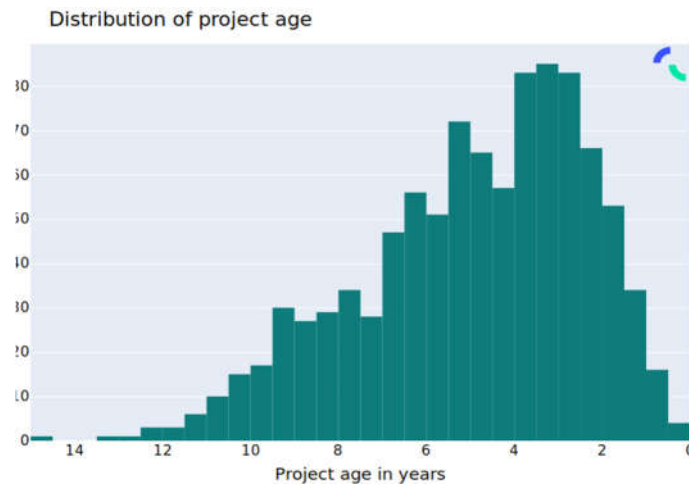
Hình 2. Tổng quan về tất cả các dự án trong 14 năm qua kể từ khi ra mắt GitHub [2]

Có thể thấy rõ bất chấp tầm quan trọng của các lĩnh vực liên quan đến bền vững môi trường và biến đổi khí hậu, sự phân bố các dự án là rất không đồng đều giữa các lĩnh vực. 45% số dự án được khảo sát thuộc các lĩnh vực sinh quyển, thủy quyển, cung cấp và chất lượng nước, mô hình hóa hệ thống năng lượng, di động và giao thông vận tải, các tòa nhà và hệ thống sưởi ấm. Có lĩnh vực mà phần mềm đóng vai trò trung tâm, nhưng chỉ một số ít dự án được xác định, là điều đáng quan tâm. Ví dụ, đầu tư bền vững chỉ chiếm 1,15% (11 dự án), thể hiện nguồn mở vẫn là một yếu tố phụ



Hình 3. Số dự án riêng lẻ trong các chủ đề [2]

ở đây. Trong quan trắc và lập mô hình phát thải, chỉ có 22 dự án phát triển được xác định, chiếm 2,1% tổng số dự án. Bất chấp tác động đáng kể của khí thải do con người tạo ra đối với khí hậu, vẫn thiếu các công cụ, nền tảng và cộng đồng nguồn mở phản ánh thực sự mức độ của thách thức. Các chủ đề có mức độ đại diện PMNM thấp bao gồm năng lượng sinh học, hydro và thu giữ carbon. Cuối cùng, các chủ đề như bù đắp carbon hoặc tiết lộ tính trung lập của khí hậu không thể được nghiên cứu sâu do thiếu các dự án PMNM.



Hình 4. Phân bố tuổi đời dự án [2]

3.3 Tuổi đời, tăng trưởng và xếp hạng

Tuổi của kho lưu trữ là một chỉ số sức khỏe quan trọng. Nếu một dự án đã được sử dụng tích cực trong một thời gian dài, chúng ta có thể suy ra rằng các nhà phát triển và người dùng quan tâm đến sự phát triển của nó. Biểu đồ Hình 4 thể hiện phân phối tuổi của dự án. Phân bố tuổi đời của các kho cho thấy tuổi trung bình là 4,45 tuổi, trong khi GitHub đã có từ 14 năm trước, cho thấy rằng hầu hết dự án đã bắt đầu gần đây. Theo phân bố này, số lượng dự án mới đã giảm trong những năm gần đây. Một số dự án lâu đời nhất bắt nguồn từ các cộng đồng học thuật vẫn đang hoạt động như Pysolar, iNaturalist hoặc OCE với tuổi đời hơn 10 năm.

Tăng trưởng đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển của các dự án và hệ sinh thái lớn hơn. Chúng ta có thể phát hiện một số chủ đề mới nổi bằng cách kiểm tra tốc độ tăng trưởng của số lượng sao trong năm qua. Một cách khác để xem xét sự phát triển của dự án là liên quan đến tổng số *commits* trong năm qua. Số lượng *commits* được tạo trong một khung thời gian nhất định phụ thuộc nhiều vào loại dự án. Tuy nhiên cần lưu ý rằng các đánh giá này thường đưa ra danh sách xếp hạng tăng trưởng rất khác nhau. Nó có thể hữu ích tùy thuộc vào khía cạnh tăng trưởng được

quan tâm và có thể không phản ánh đầy đủ chất lượng tăng trưởng.

Xếp hạng tất cả các dự án theo tổng điểm có thể giúp hiểu sâu hơn về hệ sinh thái. Mặc dù việc định lượng trạng thái và sức khỏe của một dự án vẫn còn nhiều thách thức, nhưng việc sử dụng chỉ số đa chiều sẽ tạo ra một bức tranh toàn diện hơn. Tổng số điểm của một kho lưu trữ là một chỉ số tổng hợp của ba khía cạnh: kích thước, cộng đồng và hoạt động. Mỗi chiều chứa một số chỉ số, được biểu thị bằng một chỉ số được sử dụng để xếp hạng các dự án tương đối với nhau. Mỗi chỉ số chiều được gọi là một điểm số.

3.4 Ngôn ngữ, giấy phép và cộng đồng

Về ngôn ngữ lập trình, Python và R thống trị hệ sinh thái nguồn mở này, cho thấy sự tập trung mạnh mẽ vào phân tích dữ liệu, tính toán khoa học và mô hình thống kê (Hình 5a). Hệ sinh thái duy trì định hướng mở từ góc độ pháp lý, ưu tiên các giấy phép dễ dãi như MIT (26%), cho phép những người khác sử dụng và chia sẻ phần mềm với một số hạn chế, tiếp theo là giấy phép copyleft GPLv3 (17,3%) (Hình 5b).

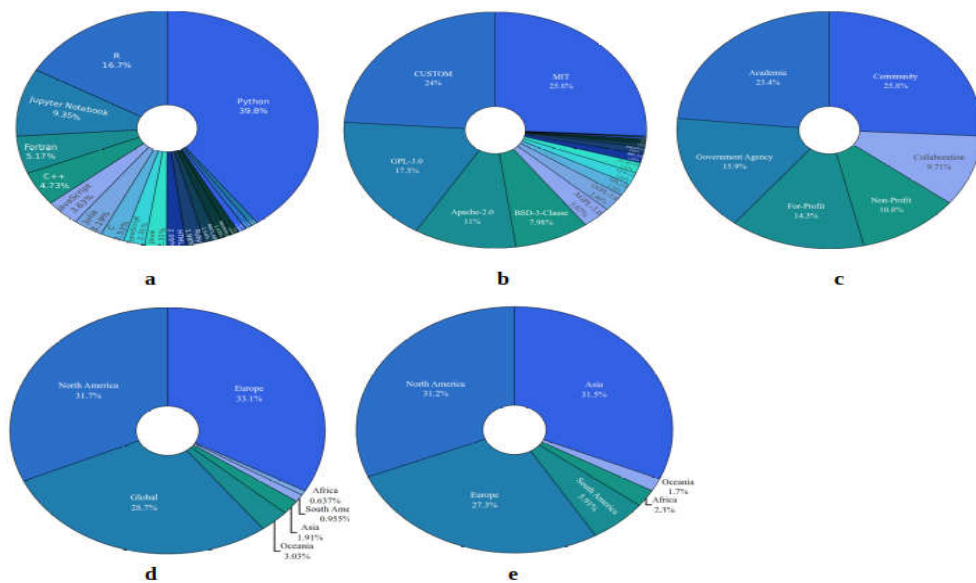
Phân tích về sự phân bố kiến thức, công việc và quản trị dự án cho thấy rằng các cộng đồng nguồn mở nhỏ dẫn đầu hầu hết sự phát triển trong hệ sinh thái này. Tính trung bình, các dự án phần

mềm nguồn mở chủ yếu dựa vào một lập trình viên duy nhất chịu trách nhiệm cho khoảng 70% đóng góp cho một dự án. Điều này cho thấy rủi ro của người đóng góp tiềm năng, có thể hạn chế tiềm năng của nhiều dự án trong số này. Có thể nhìn thấy một sự mất cân đối khu vực trong trao đổi kiến thức và thông tin mở, với giới học thuật và một số cơ quan chính phủ đang đóng góp đáng kể cho hệ sinh thái này. Trong khi đó, việc thiếu các tổ chức vì lợi nhuận và các công ty khởi nghiệp với các mô hình kinh doanh nguồn mở là đáng chú ý, đặc biệt khi quan sát sự gia tăng của các dự án kinh doanh tương tự trong các lĩnh vực khác (Hình 5c). Về mặt địa lý, hầu hết các dự án phần mềm nguồn mở trong hệ sinh thái đều có trụ sở tại Châu Âu và Bắc Mỹ (64%), với một số dự

án từ Nam bán cầu (Hình 5d). Ở Ấn Độ và Trung Quốc, những nỗ lực phát triển đáng chú ý dường như không được thể hiện đầy đủ hoặc không tồn tại, mặc dù có các cộng đồng nhà phát triển phần mềm lớn cũng như lượng đông đảo người sử dụng (Hình 5e).

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Các tác giả kết luận rằng chuyển đổi số và bền vững phải hội tụ như một hàng hóa số công cộng nếu chúng ta muốn đạt được một hành lang an toàn và công bằng cho con người và hành tinh. Các nguyên tắc bền vững mở có thể giúp các chính phủ, viện nghiên cứu, tổ chức phi chính phủ và doanh nghiệp nhanh chóng tiến tới khử cacbon và bảo tồn tốt hơn tài nguyên thiên nhiên cũng như hệ sinh thái có liên quan.



Hình 5. Phân bố ngôn ngữ lập trình, giấy phép và cộng đồng [2]

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Synopsys (2023). *The 2023 Open Source Security And Risk Analysis (OSSRA) Report*. <https://www.synopsys.com/blogs/software-security/open-source-trends-ossra-report>

[2] Augspurger, T., Malliaraki, E. & Hopkins J. (2023). *Open Source in Environmental Sustainability : Preserving climate and natural resources with openness*. <https://report.opensustain.tech/chapters/index.html>

[3] Augspurger, T., Malliaraki, E., Hopkins, J. & Brown, D. (2023). *The Open Source Sustainability Ecosystem*.
<https://raw.githubusercontent.com/prototypes/o>

pen-source-in-environmental-sustainability/main/OpenSourceSustainabilityEcosystem_080423.pdf