

Bài báo khoa học

“Smart mining”: Ứng dụng Internet of things vào quản lý an toàn môi trường khai thác đá xây dựng

Huỳnh Tiến Đạt^{*1}, Hoàng Thị Thanh Thủy¹, Trịnh Hồng Phương¹, Lê Quang Luật¹

¹ Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh;
datht@hcmunre.edu.vn; htthuy@hcmunre.edu.vn; thphuong@hcmunre.edu.vn,
lqluat@hcmunre.edu.vn

*Tác giả liên hệ: datht@hcmunre.edu.vn; Tel: +84-977888777

Ban Biên tập nhận bài: 8/2/2022; Ngày phản biện xong: 28/3/2022; Ngày đăng bài: 25/4/2022

Tóm tắt: Cách mạng công nghiệp 4.0 đã tạo ra nhiều thách thức và cơ hội cho các lĩnh vực khác nhau. Công nghiệp khai thác khoáng sản là một ngành công nghiệp lâu đời ở Việt Nam nên rất cần thay đổi để có thể phù hợp với xu thế của thời đại mới. Smart mining sẽ là hướng phát triển của ngành công nghiệp khai khoáng trong tương lai. Bài viết tập trung phân tích lợi ích của Smart Mining cần sớm triển khai ở khu vực vùng kinh tế trọng điểm phía Nam là Ứng dụng Internet of Things vào quản lý an toàn môi trường khai thác đá xây dựng.

Từ khóa: Smart mining; Internet of Things; Khai thác đá.

1. Giới thiệu

Với tổng chi phí hoạt động của các công ty khai thác khoáng sản hàng đầu trên toàn thế giới lên đến 15 tỷ USD, việc khai thác hiệu quả nguồn tài nguyên không tái tạo này là một trong những vấn đề quan tâm hiện nay. Mặc dù vai trò của con người vào lĩnh vực khai thác khoáng sản là không thể thay thế, nhưng McKinsey ước tính rằng vào năm 2035, thời đại của Smart mining – khai thác thông minh thông qua tự động hóa và kỹ thuật số sẽ tiết kiệm được từ 290 tỷ USD đến 390 tỷ USD hàng năm [1]. Tương tự, Allied market research cũng ước đoán quy mô thị trường khai thác thông minh toàn cầu dự kiến sẽ đạt 23.465,8 triệu đô la vào năm 2027, từ 9.265,7 triệu đô la vào năm 2019, tăng trưởng với tốc độ là 16,3% từ năm 2020 đến năm 2027 [2].

Khai thác khoáng sản thông minh được hiểu là quy trình khai thác có sử dụng thông tin, quyền tự chủ và công nghệ để nâng cao sự an toàn, giảm chi phí hoạt động và đạt được năng suất tối ưu. Các tập đoàn khai thác mỏ nhấn mạnh vào việc nâng cao năng suất bằng cách cung cấp phần mềm và giải pháp hiện đại. Quy trình này cũng bao gồm thiết bị robot được điều khiển từ xa để khai thác khoáng sản và giảm nguy hiểm cho thợ mỏ [2].

Các mỏ khai thác thông minh có thể dễ dàng tự động hóa quá trình khai thác so với quy trình khai thác cũ, thủ công. Kết nối cảm biến với mạng không dây hiện và cài đặt phần mềm tự động hóa cho phép điều khiển từ xa cùng với lập trình tương tác tự động trong quá trình khai thác [3]. Ngành công nghiệp khai thác khoáng sản ở nhiều quốc gia đã tận dụng hiệu quả internet kết nối vạn vật (IoT). Ví dụ, Rio Tinto (2008) đã sử dụng xe tải khai thác mỏ tự lái để di chuyển quặng từ năm 2008. Mỗi xe tải tự lái có hơn 200 cảm biến, bộ thu GPS và hệ thống băng radar và được quản lý từ một trung tâm hoạt động cách đó hơn nghìn dặm. Tại trung tâm điều hành, dữ liệu từ các phương tiện và thiết bị khác được đưa vào một hệ thống tự động hóa toàn diện của mỏ, cung cấp cái nhìn toàn diện về toàn bộ hoạt động khai thác, bao gồm hình ảnh 3D về địa điểm làm việc và dự đoán lịch bảo trì [4]. Tại Nam Phi, để cải thiện an toàn và khai thác mỏ kinh tế hơn, Công ty Potgieterust Platinums Ltd (PPRust) –

công ty khai thác mỏ lộ thiên duy nhất của Anglo Platinum đã lắp đặt 4 hệ thống giám sát hiện đại mới bao gồm hệ thống giám sát vi chấn ISSI, hệ thống giám sát lăng kính tự động GeoMoS, máy quét laser Riegl không lăng kính và radar ổn định độ dốc (SSR). Việc lắp đặt 4 hệ thống giám sát hiện đại đã giúp công ty có thể giám sát hoạt động khai thác mỏ một cách trực quan hơn, đồng thời có thể xác định được các nguy cơ sạt lở thông qua quan trắc nước ngầm và cảnh báo sớm sự cố [5].

Chính vì vậy, khai thác khoáng sản thông minh là tương lai và sẽ mang lại nhiều lợi ích. Từ bảo vệ cơ sở dữ liệu, đảm bảo an toàn của lực lượng lao động, nâng cao năng suất và hiệu quả trên toàn bộ chuỗi giá trị, đến giảm chi phí giám sát và lắp đặt, một cuộc cách mạng 4.0 đang được thực hiện ở một số công ty khai thác khoáng sản. Nếu công ty khai thác khoáng sản không chịu đổi mới, và tiếp tục sử dụng các quy trình thủ công, tốn kém thì sẽ bị tụt hậu và ảnh hưởng đến lợi thế cạnh tranh [3]. Bài viết tập trung phân tích lợi ích của IoT vào quản lý an toàn môi trường khai thác đá xây dựng.

2. Mô hình khu mỏ thông minh và IoT

IoT là một mô hình công nghệ được hình dung như một mạng toàn cầu, nơi thiết bị hoặc máy móc có thể tương tác [6]. Các ứng dụng của IoT bao gồm nhà thông minh, thành phố thông minh, nông nghiệp, ô tô, chăm sóc sức khỏe, sản xuất công nghiệp và giao thông vận tải [7–8]. Các nhà nghiên cứu của Viện Quốc gia về An toàn và Sức khỏe Nghề nghiệp (NIOSH) đang thực hiện thử nghiệm các giải pháp tiềm năng để thực hiện IoT trong khai thác khoáng sản (Bảng 1).

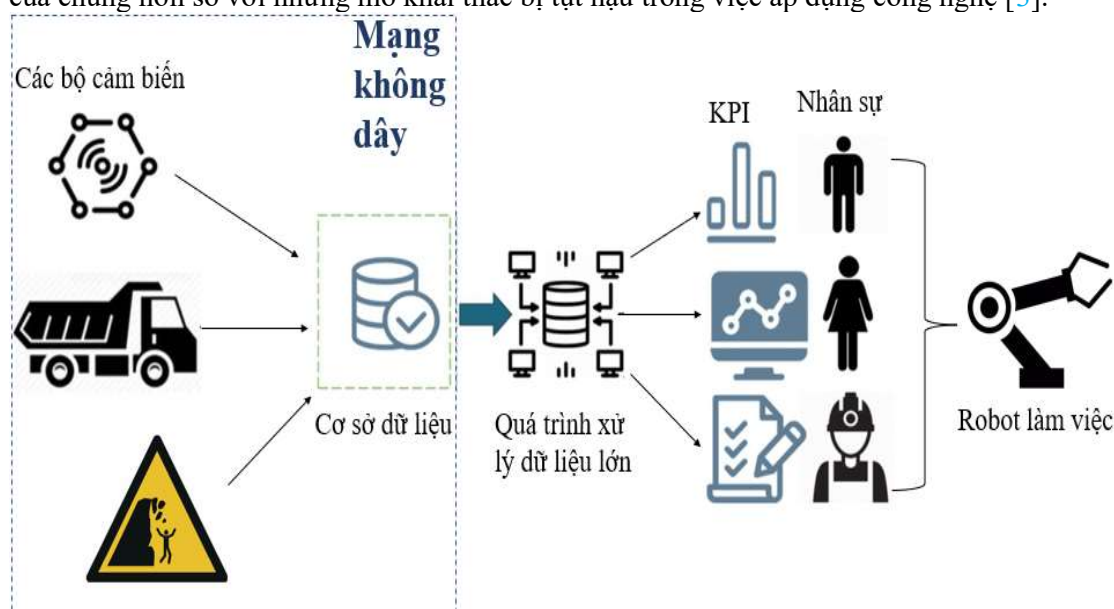
Bảng 1. Một số ứng dụng IoT trong khai thác khoáng sản [9–12].

| Giám sát khai thác và vận tải | |
|---|---|
| + Hệ thống giám sát máy móc [9] | – Cho phép giám sát quá trình vận hành và đánh giá sức khỏe của máy móc (máy xúc, máy khoan, băng tải, nghiền sàng); tăng tuổi thọ và tối đa hoá lợi nhuận. |
| + Hệ thống giám sát vận tải [9] | – Kết hợp cảm biến quá trình vận hành và định vị thiết bị, phương tiện vận tải. Nhằm theo dõi hướng đi, khối lượng tải và số lượng của các phương tiện. Tránh sự xâm nhập từ bên ngoài |
| Giám sát môi trường, an toàn và sức khỏe nhân công | |
| + Hệ thống định vị toàn cầu động học thời gian thực (RTK–GPS) | – Cho phép theo dõi thông tin, vị trí và sự thay đổi tọa độ mỗi nhân công một cách chính xác theo thời gian thực. |
| + Hệ thống giám sát môi trường mỏ dựa trên công nghệ mạng không dây và cảm biến (WSNs) [12] | – Theo dõi lượng khói, bụi, tiếng ồn, độ rung và nước. Đảm bảo sức khỏe cho nhân công và ảnh hưởng môi trường xung quanh mỏ. – Giám sát sự thay đổi trong độ nghiêng và ứng suất bờ mỏ. Từ đó dự báo những rủi ro như sạt lở [9–11]. |
| + Mô hình 3D của mỏ [9] | – Mô phỏng mỏ và gắn những thành phần trong hệ thống giám sát vào mô hình mỏ. Thuận tiện giám sát và theo dõi. |

Những dữ liệu thu được từ các cảm biến và định vị sẽ được đưa lên cơ sở dữ liệu bằng mạng lưới không dây (wireless network: Bluetooth, Wi-fi, ZigBee,...) [12]. Với lượng dữ liệu khổng lồ từ các cảm biến gửi về một cách liên tục và đồng bộ với thời gian thực, hệ thống điện toán đám mây (Cloud computing) là một ứng dụng phù hợp khi ứng dụng Internet

vào vận hành mô thông minh, cho phép lưu trữ lượng rất lớn dữ liệu mà không cần phải đầu tư máy chủ; điện toán đám mây cho phép người điều hành có những thông tin cần thiết một cách tức thời. Những dữ liệu được đưa đến người điều hành thông qua các ăng-ten, radio và máy tính. Dữ liệu giám sát được sử dụng để tính toán những thông số, lên những mô hình để đọc, dễ hiểu cho người điều hành đưa ra kế hoạch làm việc ngắn hạn và dài hạn, sản lượng khai thác, dự đoán và giảm thiểu rủi ro trong quá trình vận hành. Để có thể tính toán với lượng dữ liệu khổng lồ, đồng thời kết quả phải được đồng bộ hoá với thời gian thực, trí tuệ nhân tạo (*Artificial Intelligence-AI*) được sử dụng như một công cụ đặc lực. Trong tương lai, công nghệ robot có thể được ứng dụng trong việc vận hành mỏ, robot sẽ nhận lệnh từ người điều hành thông qua hệ thống mạng không dây, thay cho nhân công trong những công việc nguy hiểm nhằm giảm thiểu rủi ro về nhân mạng (Hình 1) [12].

Việc giám sát không dây và bảo trì dự đoán, được kích hoạt thông qua các giải pháp IoT, cho phép các nhà khai thác mỏ giám sát từ xa và liên tục các hoạt động diễn ra trong mỏ. Việc thu thập dữ liệu kỹ thuật số theo thời gian thực đang dần thay thế các hoạt động thủ công, tốn kém và không hiệu quả. Giám sát không dây có thể được sử dụng để tạo ra các “mỏ thông minh” với chi phí vận hành thấp hơn nhiều với các “mỏ truyền thống”. Các mỏ khai thác thông minh là các mỏ đã được tích hợp để có thể dễ dàng tự động hóa hoạt động của chúng hơn so với những mỏ khai thác bị tụt hậu trong việc áp dụng công nghệ [3].



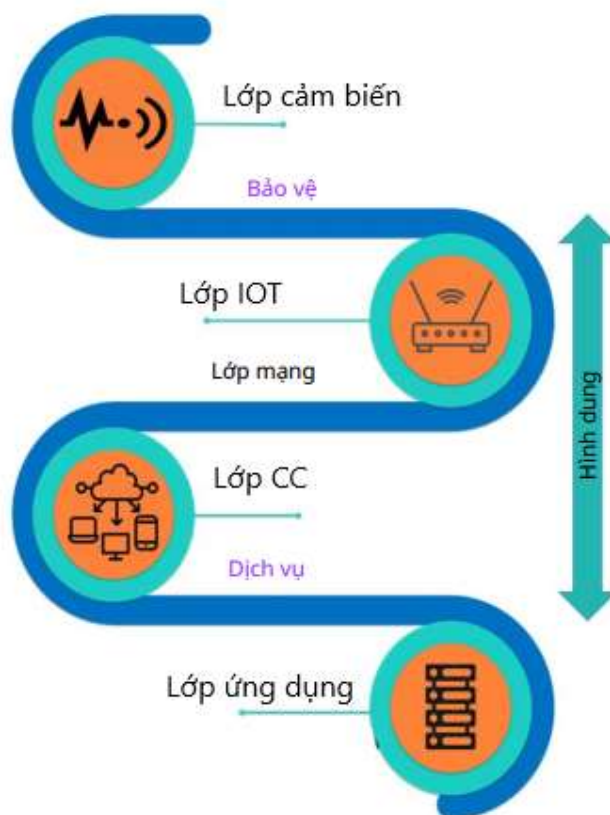
Hình 1. Sơ đồ tổng quát các ứng dụng IoT trong vận hành mỏ thông minh [10].

3. Ứng dụng IoT trong cảnh báo sạt lở khu vực khai thác đá xây dựng

Đối với các mỏ khai thác đá xây dựng thì vấn đề an toàn lao động cho công nhân làm việc tại mỏ là vấn đề quan trọng, vì là nơi làm việc rất nguy hiểm với con người. Đặc biệt, do đặc thù các moong khai thác có độ dốc lớn thì khi xảy ra sự cố xảy ra sạt lở, các công nhân rất khó nắm bắt ngay tình hình nên dễ bị tổn hại nghiêm trọng, thậm chí đe dọa đến tính mạng. Hoạt động khai thác đá xây dựng được xem là hoạt động nguy hiểm với nguy cơ sạt lở các bờ moong khai thác, nhất là vào các thời điểm mưa bão. IoT có thể cảnh báo trước các mối nguy hiểm, bởi vì các cảm biến sẽ thu thập dữ liệu thời gian thực và dự đoán nơi có thể xảy ra sự cố, điều này cho phép thực hiện các điều chỉnh và ứng phó sự cố kịp thời trước khi bất kỳ sự cố nào xảy ra [12–14].

Hệ thống cảnh báo trước sạt lở bằng cách giám sát thời gian thực và mô phỏng số sử dụng IO và điện toán đám mây, được tích hợp từ IoT và CC (Cloud computing). Trước hết, nhiều loại cảm biến không dây được đặt tại các vị trí thích hợp trong toàn bộ diện tích khai

trường. Dữ liệu, thông tin chi tiết tại khu vực có thể được nhận và tải lên nền tảng điện toán đám mây thông qua Internet. Sau đó, các dữ liệu được xử lý bởi nền tảng điện toán đám mây thông qua việc tính toán các thông số và chỉ số cần thiết và có ý nghĩa quan trọng đối với việc phân tích an toàn của mỏ. Cuối cùng, kết quả phân tích, tính toán sẽ định hướng về nguy cơ xảy ra sạt lở [11]. Cấu trúc phân cấp của hệ thống cảnh báo gồm 4 lớp là lớp cảm biến, lớp IoT, lớp CC và lớp ứng dụng [11].



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc của IoT trong cảnh báo sạt lở [10].

Lớp cảm biến là lớp thiết yếu của hệ thống cảnh báo. Các cảm biến được sử dụng trong lớp cảm biến thường là cảm biến không dây, có mức tiêu thụ điện năng thấp. Ngoài ra, các cảm biến có thể giao tiếp với nhau liên tục trong hàng chục giờ thông qua phương tiện không dây, ổn định hơn và hiệu quả hơn so với các cảm biến trong mạng cảm biến truyền thống [11].

Lớp IoT bao gồm điều khiển từ xa, hệ thống thu thập dữ liệu, truy cập vô tuyến, mạng cảm biến không dây, các trạm phân tán, đồng bộ hóa thời gian và mạng không dây. Dựa trên dữ liệu nhận được từ lớp cảm biến, dữ liệu có thể được tải lên nền tảng điện toán đám mây thông qua Internet để xử lý thêm. Như vậy, có thể thấy lớp IoT là cầu nối liên kết giữa lớp cảm biến và lớp CC [11].

Lớp CC là lớp thứ ba của hệ thống cảnh báo, với dữ liệu được truyền từ lớp IoT. Các thông số quan trọng của lớp này là hệ số an toàn, độ tin cậy ngẫu nhiên và độ tin cậy không theo xác suất có thể được giải quyết thông qua điện toán đám mây, các kết quả tính toán cũng được lưu trữ trong điện toán đám mây có nghĩa là các kết quả tính toán có thể tải xuống từ nền tảng bất cứ khi nào có nhu cầu. Do đó, dữ liệu sẽ được cung cấp đầy đủ cho việc giám sát an toàn các mái taluy trong khai thác mỏ [11].

Lớp ứng dụng bao gồm điều khiển thông minh, cảnh báo trước bằng âm thanh, ánh sáng, tình trạng trực quan của khu mỏ và kế hoạch ứng cứu kịp thời. Theo kết quả đầu ra từ nền tảng điện toán đám mây, mức độ an toàn có thể đánh giá thành 3 cấp độ lần lượt là báo động trước cấp độ 1, báo động trước cấp độ 2 và báo động trước cấp độ 3. Mức 1 đại diện cho mỗi nguy hiểm an toàn nhẹ, mức độ 2 đại diện cho mỗi nguy hiểm an toàn trung bình và mức 2 đại diện cho mỗi nguy hiểm an toàn nghiêm trọng [11].

Áp suất nước trong lỗ rỗng là một trong những nguyên nhân quan trọng dẫn đến sụt lở bờ moong khai thác. Nếu áp lực nước trong lỗ rỗng tăng đột ngột, bờ moong khai thác có thể bị sụt lở rất nhanh. Với các biện pháp thu thập dữ liệu một cách thủ công, áp lực nước trong lỗ rỗng chỉ có thể được đo nhiều lần, và khó phát hiện được mức tăng đột biến cũng như dự đoán trước khả năng sụt lở. Tuy nhiên, với các chỉ số kỹ thuật thời gian thực, người vận hành có thể theo dõi liên tục mức áp suất trong lỗ rỗng, cung cấp thông tin chi tiết để họ thực hiện các biện pháp nhằm hạ thấp mực nước này xuống cũng như cảnh báo đến công nhân kịp thời về các khu vực dự báo sẽ có nguy cơ sụt lở. Đảm bảo an toàn về tài sản và tính mạng con người [3]. Do đó, hệ thống quan trắc áp suất nước lỗ rỗng nên bố trí tại vị trí cao nhất ngoài khu vực khai thác để đảm bảo trong quá trình khai thác không làm ảnh hưởng đến giếng quan trắc. Cảm biến mực nước được lắp đặt trong giếng quan trắc để phát hiện mực nước tại vị trí moong khai thác. Dữ liệu về mực nước trong các lỗ khoan quan trắc được tải lên điện toán đám mây thông qua Internet. Sau đó chúng được xử lý bởi nền tảng điện toán đám mây. Mực nước trong các lỗ khoan quan trắc càng cao thì nguy cơ sụt lở bờ moong càng cao. Khi đó, hệ thống sẽ phát cảnh báo bằng âm thanh, ánh sáng, ... để có kế hoạch ứng cứu kịp thời.

4. Kết luận

Khai thác khoáng sản thông minh mang lại nhiều lợi ích so với khai thác khoáng sản thông thường như giảm chi phí hoạt động, dễ dàng tự động hóa, bảo mật dữ liệu cũng như đảm bảo an toàn tài sản, tính mạng lực lượng lao động. Khu vực khai đá xây dựng thuộc kiểu khai thác lộ thiên, tương đối đơn giản, nhưng việc vận hành vẫn có những rủi ro xảy ra. Để giảm thiểu những rủi ro và hơn nữa là nâng cao năng suất hoạt động xu thế khu mỏ thông minh đặc biệt là ứng dụng IoT là một tất yếu cần phát triển. Việc ứng dụng IoT vào khai thác, giúp các nhà khai thác có khả năng dự đoán sự cố tốt hơn và có giải pháp để ngăn ngừa giảm thiểu sự cố xảy ra đến mức thấp nhất có thể hoặc có thể không xảy ra. Các công nghệ mới như IoT và mạng không dây là một khoản đầu tư không nhỏ nhưng là nhu cầu thiết yếu cho bất cứ công ty khai thác mỏ nào muốn tồn tại trong tương lai.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: H.T.T.T., H.T.Đ.; Viết bản thảo bài báo: H.T.Đ., L.Q.L., T.H.P.; Chỉnh sửa bài báo: H.T.T.T.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Karatzoglou, L. Smart mining: How artificial intelligence can benefit the mining industry. 2020. <https://www.prescouter.com/2020/08/smart-mining-how-artificial-intelligence-can-benefit-the-mining-industry/>.
2. Phoke, A.; Khandelwal, P. Smart mining market by type (Underground mining and Surface mining) and Category (Automated Equipment and Component): Global opportunity analysis and industry forecast, 2020–2027. <https://www.alliedmarketresearch.com/smart-mining-market>
3. Worldsensing. Smart Mines: The 6 benefits of making your mine digital. <https://blog.worldsensing.com/mining/smart-mines-benefits/>

4. Tinto, R. Mine of the Future. 2008. <http://www.riotinto.com/australia/pilbara/mine-of-the-future-9603.aspx>.
5. Little, M.J. Slope monitoring strategy at pprust open pit operation. The South African Institute of Mining and Metallurgy International Symposium on Stability of Rock Slopes in Open Pit Mining and Civil Engineering, 2006.
6. Lee, I.; Lee, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Bus. Horizons* **2015**, *58*, 431–440.
7. Lee, I.; Lee, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Bus. Horizons* **2015**, *58*, 431–440.
8. Al-Fuqaha, A.; Guizani, M.; Mohammadi, M.; Aledhari, M.; Ayyash, M. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* **2015**, *17*, 2347–2376.
9. Abdul, S. Internet of Things for Sustainable Mining. *Fac. Pub.* **2020**, *30*, https://docs.lib.purdue.edu/cit_articles/30.
10. Chenming, Z.; Damiano, N.; Bruce, W.; Reyes, M. Industrial Internet of Thing (IIOT) applications in underground coal mines. *Min. Eng.* **2017**, *69(12)*, 50–56. doi:10.19150/me.7919.
11. Dong, L.; Shu, W.; Sun, D.; Li, X.; Zhang, L. Pre-Alarm system based on real – time monitoring and numerical simulation using Internet of Things and Cloud Computig for Tailings Dam in Mines. Special section on emerging trends, issues, and challenges in emergy – efficienr cloud computing. *IEEE* **2017**, *5*, 2169–3636.
12. Molaei, F.; Rahimi, E.; Siavoshi, H.; Afrouz, S.G.; Tenorio V. A Comprehensive review on Internet of Things (IOT) and its Implications in the Mining Industry. *Am. J. Eng. Applied Sci.* **2020**, *13(3)*, 499–515.
13. Dong, L.; Mingyue, R.; Guoying, M. Application of internet of things technology on predictive maintenance system of coal equipment. *Procedia Eng.* **2017**, *174*, 885–889.
14. Singh, A.; Singh, U.K.; Kumar, D. IOT in mining for sensing, monitoring and prediction of underground mines roof support. In 2018 4th International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT), 2018, 1–5.

“Smart mining”: Applying the Internet of Things to the safe management of the construction stone mining environment

Huynh Tien Dat^{1*}, Hoang Thi Thanh Thuy¹, Trinh Hong Phuong¹, Le Quang Luat¹

¹ Hochiminh City Univeristy of Natural Resources and Environment, 236B Le Van Sy, 1 Ward, Tan Binh district, Hochiminh City; datht@hcmunre.edu.vn; htthuy@hcmunre.edu.vn; thphuong@hcmunre.edu.vn, lqluat@hcm,unre.edu.vn

Abstract: Industry 4.0 has created many challenges and opportunities for different fields. Mining industry is a long-standing industry in Vietnam, so it is very necessary to change to be able to match the trend of the new era. Smart mining will be the development direction of the mining industry in the future. The article focuses on analyzing the benefits of Smart Mining that should soon be deployed in the southern key economic region, which is the Internet of Things application in the safe management of the construction quarrying environment.

Keywords: Smart mining; Internet of Things; Quarrying.