



Carbon^{Re}

AI giúp công ty xi măng giảm tiêu hao năng lượng và phát thải khí carbon tại nhà máy sản xuất

Ứng dụng công nghệ AI mới nhất cho chạy mô phỏng 100 năm huấn luyện để tìm ra phương án tối ưu hóa hoạt động sản xuất tại nhà máy xi măng

Về công ty chúng tôi

Carbon Re cung cấp giải pháp Delta Zero – giải pháp phần mềm tích hợp kiến thức chuyên sâu về sản xuất xi măng, và công nghệ tiên tiến nhất trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo. Delta Zero giúp các nhà máy xử lý các điểm nghẽn trong quá trình sản xuất xi măng, đồng thời cung cấp các đề xuất rõ ràng và hữu ích về các điểm cài đặt (set point) trong quá trình sản xuất, qua đó giảm tiêu hao năng lượng và phát thải khí CO2 một cách đáng kể.

Delta Zero đưa ra đề xuất phù hợp với đặc điểm của từng công ty, giúp giảm đến 10% năng lượng tiêu hao tại nhà máy sản xuất, và giảm đến 20% lượng khí thải carbon. Công ty có thể sử dụng phần mềm Delta Zero trong lúc vận hành Hệ thống chuyên gia (Expert system) hay kiểm soát thủ công. Phần mềm mang đến những lợi ích vượt trội hơn cả Hệ thống chuyên gia hay quá trình đào tạo vận hành.

Không cần đầu tư vốn, không cần trang bị thiết bị mới, và không cần tạm ngừng hoạt động của nhà máy. Delta Zero đảm bảo quá trình tối ưu hóa nhà máy xi măng được diễn ra liên tục, thích nghi với các thay đổi đầu vào và các áp lực từ bên ngoài (như biến động lớn về chi phí nhiên liệu hay các quy định khắt khe về phát thải khí carbon). Delta Zero giúp công ty vận hành nhà máy với hiệu suất tối đa, qua đó tiết kiệm năng lượng tiêu hao một cách đáng kể (thể hiện qua phần trăm hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu).

Delta Zero còn mang đến các lợi ích quan trọng khác, chẳng hạn như đảm bảo thiết bị hoạt động trong thông số vận hành (ví dụ, thông số mô-men xoắn của lò nung) và giữ lượng khí thải NOx trong giới hạn cho phép. Carbon Re đang nghiên cứu các lợi ích tiềm năng khác của giải pháp Delta Zero, chẳng hạn như dự đoán và tránh gây tắc nghẽn lò nung.

Để tìm hiểu thêm thông tin, vui lòng truy cập www.carbonre.com/products

Mục lục

Tóm tắt.....	2
Ứng dụng ‘digital twin’ để tối ưu hóa quá trình sản xuất xi măng.....	3
AI và học sâu tăng cường.....	5
100 năm huấn luyện gói gọn trong một ngày.....	5
Các vấn đề phức tạp về nhiên liệu thay thế.....	6
Ứng dụng công nghệ mới dễ dàng hơn.....	6
Các lợi ích phụ và hướng đi trong tương lai.....	8
Câu hỏi thường gặp.....	9
Phụ lục 1.....	10
Phụ lục 2.....	12

Tóm tắt

Sản xuất xi măng là một quá trình cực kỳ phức tạp: các yếu tố đầu vào liên tục thay đổi (nhiên liệu, nguyên liệu thô), điều kiện (trạng thái thiết bị, thay ca) và các mục tiêu trọng điểm không tương quan thuận với nhau (sản lượng, giới hạn cho phép). Các công ty xi măng lớn trên thế giới phải mất nhiều năm mới có thể tìm ra phương án khai thác nhà máy một cách tối đa, thành công kiểm soát các hệ thống chồng chéo nhau và đáp ứng các yêu cầu không tương quan thuận với nhau, vừa đảm bảo chất lượng sản phẩm đầu ra vừa tối đa hóa sản lượng.

Các thành tựu về trí tuệ nhân tạo (AI) đã làm thay đổi bộ mặt của nhiều ngành – bao gồm ngành tài chính, y tế, sản xuất ô tô và công nghệ – giúp các công ty trong ngành khai phá những khả năng và cơ hội mới để bắt phá và sáng tạo. Tuy nhiên, AI chưa được ứng dụng nhiều trong ngành sản xuất xi măng, bởi lẽ các công ty xi măng chưa tìm được các công cụ có khả năng đáp ứng nhu cầu riêng biệt của mình.

Các công cụ mô hình hóa nói chung đã hiện diện trong ngành sản xuất xi măng khá lâu. Và giờ đây, với công nghệ AI, mô hình được cụ thể hóa cao độ, tạo ra các ‘digital twin (bản sao số)’ của riêng một nhà máy, bằng cách phân tích dữ liệu cảm biến do Hệ thống kiểm soát phân tán (Distributed control system) thu thập theo từng phút. ‘Digital twin’ tạo ra mô hình số có độ phân giải cao để phân tích các đặc tính của một lò nung (nhiệt động lực học và các quá trình vật lý trong sản xuất clinker), và mô tả chính xác hiệu suất thực tế của nhà máy đó. ‘Digital twin’ cung cấp nền tảng để các ‘agent’ của AI học cách kiểm soát phức tạp trong một không gian mô phỏng tinh vi. Kết quả đầu ra là những thông tin hữu ích, giúp tối ưu hóa hiệu suất đồng thời tìm ra phương án xử lý mỗi khi điều kiện trong nhà máy thay đổi.

Những thông tin hữu ích trên do hệ thống ‘Học sâu tăng cường (Deep reinforcement learning)’ – một lĩnh vực nhánh trong AI – trả về. Lĩnh vực này đã có nhiều đột phá trong những năm gần đây, vượt xa khả năng của con người trong việc xử lý một số đề bài phức tạp về lập chiến lược.

Với việc ứng dụng ‘digital twin’ và mô hình học sâu tăng cường để quản lý việc sử dụng nhiên liệu trong sản xuất, chúng tôi đã có thể huấn luyện các ‘agent’ nghiên cứu và tìm ra thông số tối ưu của hệ thống, nhằm đạt được một hoặc nhiều mục tiêu (như giảm thiểu chi phí nhiên liệu, tối đa hóa sản lượng). Sau đó, đưa các thông số này vào hoạt động thực tế của nhà máy.

Nền tảng phần mềm của Carbon Re – Delta Zero – xây dựng các ‘digital twin’ để giúp công ty xi măng quản lý các điểm nghẽn trong quá trình sản xuất, đồng thời cung cấp các đề xuất rõ ràng và hữu ích về điểm cài đặt (set point) trong quá trình sản xuất. Delta Zero giúp công ty giảm tiêu hao đáng kể năng lượng và phát thải khí CO2.

Carbon Re hiểu rằng, nhiệt lượng tiêu hao để tạo ra một tấn clinker biến thiên từng ngày, tùy tương quan giữa các loại nguyên liệu thô, cách cài đặt máy, nhiên liệu truyền thống và nhiên liệu thay thế, cũng như đặc tính của lò nung.

Delta Zero – phần mềm AI do Carbon Re phát triển – sử dụng công nghệ ‘digital twin’ để nghiên cứu các mối tương quan phức tạp trên, và đề xuất các thông số tối ưu, giúp công ty tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nhiên liệu mà vẫn đảm bảo sản lượng và chất lượng của clinker.

Ứng dụng ‘digital twin’ để tối ưu hóa quá trình sản xuất xi măng

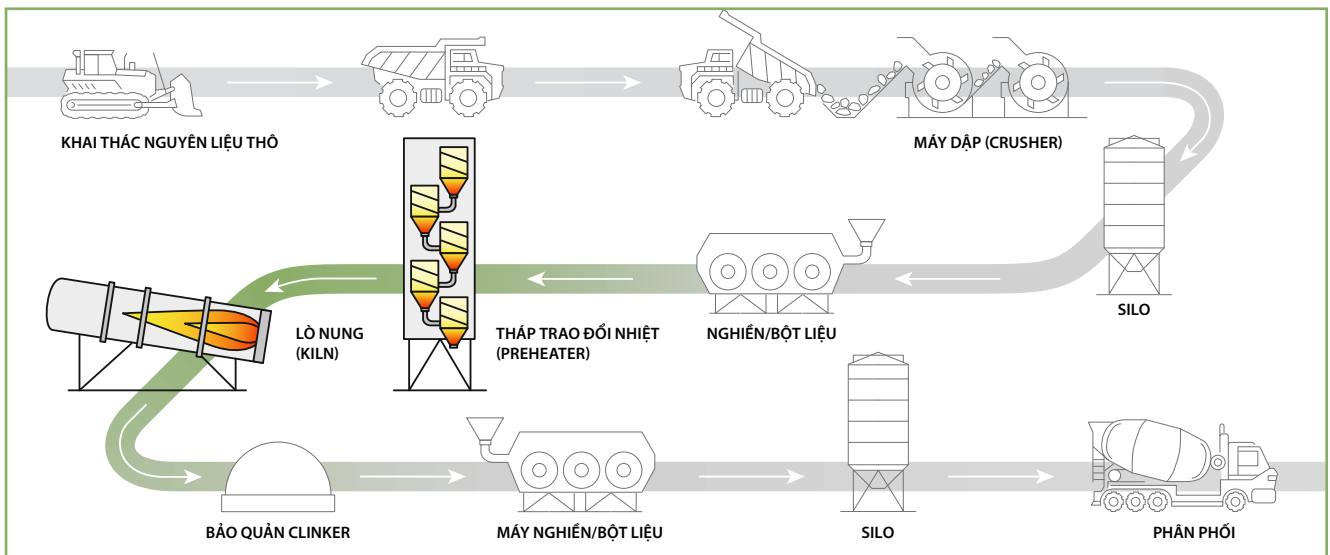
Quá trình sản xuất xi măng rất phức tạp: phải cân bằng được lượng lớn thông số đầu vào để tránh ảnh hưởng đến chi phí, chất lượng sản phẩm và độ tin cậy. Để quản lý được các yêu cầu vốn không tương quan thuận với nhau, cần có kỹ năng cao. Cho đến nay, các giải pháp phần mềm mà nhiều công ty sử dụng nhằm giải quyết khó khăn này đều sử dụng phương pháp kiểm soát dự đoán mô hình (model predictive control method) và Hệ thống chuyên gia dựa trên bộ quy tắc (rule-based Expert System). Các hệ thống này giúp nhà máy vận hành trong giới hạn cho phép, nhưng lại thiếu linh hoạt khi phải xử lý các trường hợp thay đổi thông số, hoặc khi cần cải thiện hiệu suất trong khung thời gian hẹp.

Dựa trên kết quả nghiên cứu về sản xuất xi măng của Tiến sĩ Daniel Summerbell (hiện đang công tác tại Viện sản xuất, Đại học Cambridge), và đóng góp chuyên môn về AI và machine learning từ Giáo sư Aidan O’Sullivan (hiện đang công tác tại Đại học London), Carbon Re đã phát triển thành công Delta Zero, một nền tảng phần mềm hoạt động dựa trên AI, có khả năng tối ưu hóa các thông

số kiểm soát trong giai đoạn sản xuất clinker, từ tháp trao đổi nhiệt (preheater) đến máy làm nguội clinker (cooler).

Hệ thống AI tự học bằng cách tìm mối tương quan giữa các dữ liệu về hoạt động vận hành nhà máy, giống như cách con người thường làm. Dữ liệu và kết quả nghiên cứu sẽ được trực quan hóa, giúp công ty dễ dàng xem xét các thông tin mà phần mềm đã sử dụng, để có thể tối ưu hóa quá trình sản xuất và tin tưởng vào phần mềm, rằng “hệ thống AI suy nghĩ theo hướng giống con người.”

Với các đề xuất của hệ thống AI, công ty có thể cùng lúc xem xét mục tiêu tối ưu hóa sản lượng và chất lượng. Hệ thống hoạt động giống ‘phi công phụ’ trong buồng lái: hệ thống chỉ đưa ra đề xuất về cách thiết lập thông số, công ty mới là bên đưa ra quyết định, và cũng chỉ có công ty là có quyền giới hạn và thay đổi thông số. Hệ thống đánh giá hiệu suất dựa trên thực tế, sau đó đưa ra đề xuất. Công ty có thể sử dụng hoặc không sử dụng các đề xuất này.



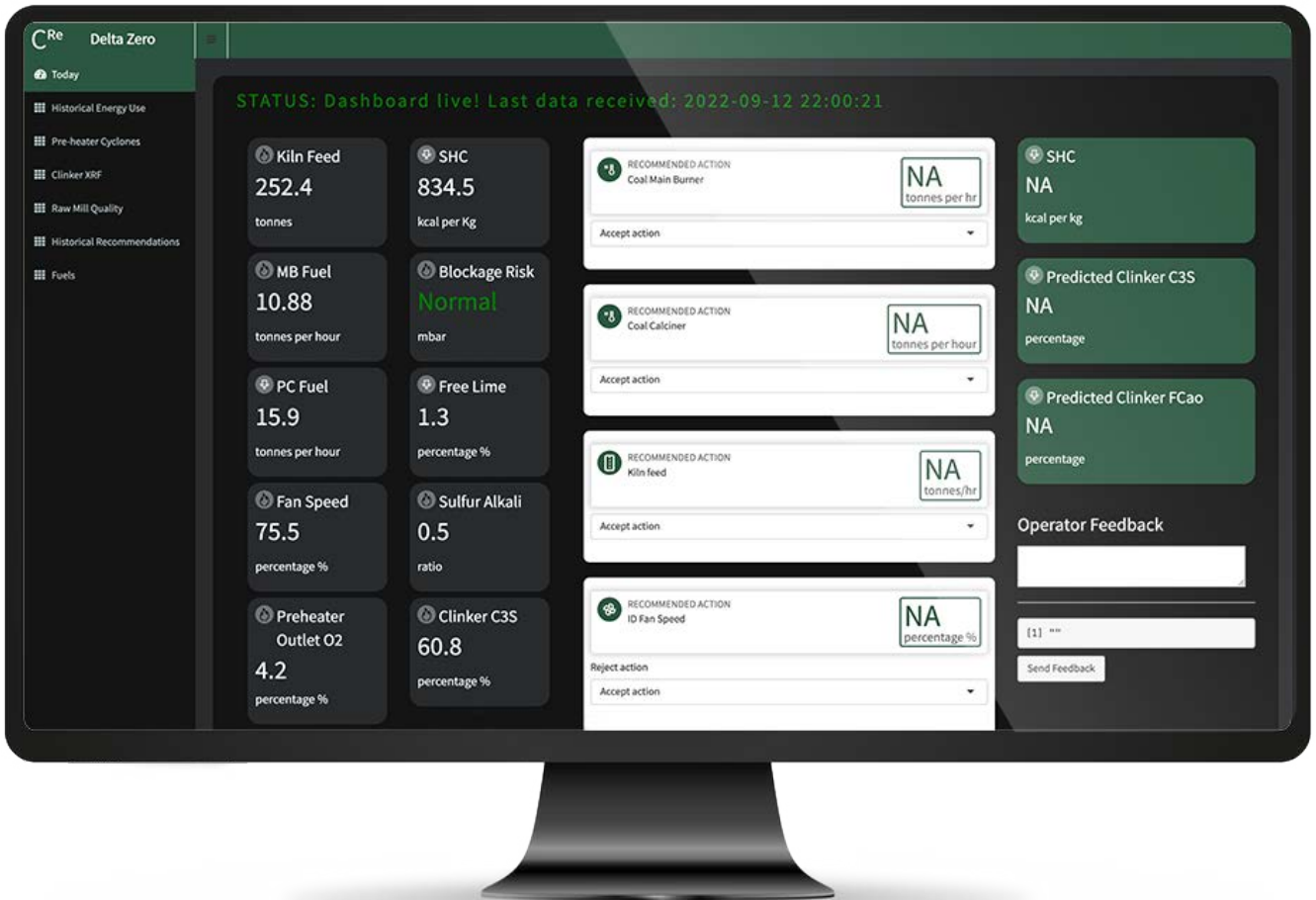
Từ tháp trao đổi nhiệt đến băng tải clinker: Có ba thiết bị tham gia vào giai đoạn đốt nhiên liệu – giai đoạn quan trọng để sản xuất clinker, rồi đến xi măng. Trong một nhà máy hiện đại, thiết bị đầu tiên là tháp trao đổi nhiệt (quá trình trong tháp diễn ra qua nhiều cyclone và nhiều giai đoạn) và buồng phân hủy (calciner). Tác dụng chủ yếu của tháp trao đổi nhiệt là sử dụng khí thải của lò nung để gia nhiệt bột liệu lên mức nhiệt 900oC. Thiết bị thứ hai là lò quay (rotary kiln) nung luyện ở 1450oC, làm thay đổi cấu trúc nguyên liệu thành clinker. Thiết bị cuối cùng là máy làm nguội và ổn định clinker, thu hồi nhiệt để sử dụng ở lò nung.

Để giảm tiêu hao nhiên liệu, quan trọng nhất là tối ưu hóa tỷ lệ khí dư để giảm thiểu thất thoát năng lượng qua ống khói (stack), đồng thời điều chỉnh nhiệt đầu vào tùy theo loại nguyên liệu thô. Bên cạnh đó, cũng cần thay đổi hỗn hợp nhiên liệu sao cho hàm lượng năng lượng không đổi nhưng lượng khí thải carbon thấp hơn, qua đó cải thiện hiệu suất của nhà máy.

Delta Zero giúp công ty xi măng công ty giảm tiêu hao năng lượng tại nhà máy sản xuất đến 10% và giảm phát thải khí carbon đến 20%.

Công tác tối ưu hóa cần được thực hiện hàng giờ, hàng ngày, chứ không phải điều chỉnh các thông số kiểm soát một lần. Để tiết kiệm 10% lượng năng lượng tiêu hao, công ty cần điều chỉnh liên tục thông số trong một giới hạn nhỏ, chỉ khoảng vài phần trăm. Vì thông số đầu vào liên tục thay đổi, nên đề xuất của Delta Zero cũng thay đổi theo. Công ty xi măng không thể đạt được những lợi

ích này bằng cách thuê thêm đội ngũ Kỹ sư hóa nhằm mở rộng chuyên môn kỹ thuật. Những lợi ích này chỉ đến từ việc khai thác các thuật toán machine learning qua dàn máy tính có cấu hình mạnh mẽ, có khả năng xử lý lượng lớn dữ liệu từ nhà máy và đưa ra đề xuất phù hợp nhất cho mỗi lần điều chỉnh thông số (theo giờ hoặc theo ngày).^{1,2}



1 Journal of Cleaner Production, June 2016, Daniel Summerbell, Jonathan Cullen, Claire Barlow. *Potential reduction of carbon emissions by performance improvement: A cement industry case study.* https://www.researchgate.net/publication/304532399_Potential_reduction_of_carbon_emissions_by_performance_improvement_A_cement_industry_case_study

2 Applied Energy, July 2017, Daniel Summerbell, Diana Khripko, Claire Barlow, Jens Hesselbach. *Cost and carbon reductions from industrial demand-side management: Study of potential savings at a cement plant.* https://www.researchgate.net/publication/316005154_Cost_and_carbon_reductions_from_industrial_demand-side_management_Study_of_potential_savings_at_a_cement_plant

AI và học sâu tăng cường

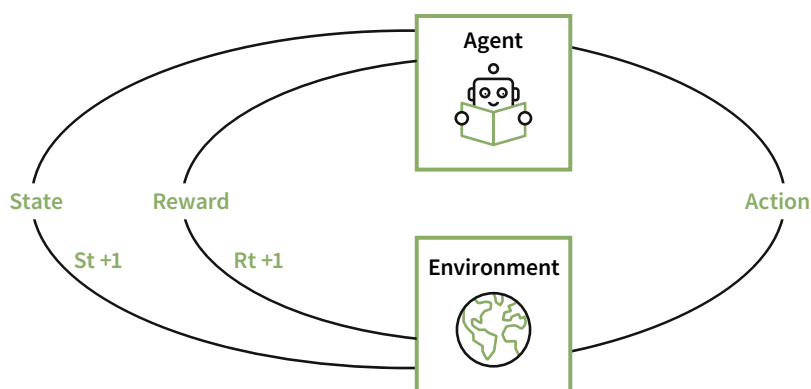
AI tạo nên sức hút mạnh mẽ trong những năm gần đây. Một loạt ứng dụng về AI đã được phát triển, giúp nhiều ngành nghề – từ y tế, tài chính đến logistics – đạt được nhiều lợi thế và cải thiện hiệu suất.

Hiện tại AI đã có nhiều tiến bộ nhưng vẫn trong trạng thái bị ‘bó hẹp’ – tức là AI chỉ học được cách xử lý một đề bài cụ thể, chứ không thể xử lý tổng quát. Dạng AI này hoạt động hiệu quả nhất với các ‘hệ thống đóng’ – hệ thống có số lượng thành phần hoặc biến số không đổi theo thời

gian. Tuy nhiên, AI vẫn có thể mang lại hiệu suất cao hơn con người, đặc biệt trong việc xử lý các đề bài về tối ưu hóa. Đối với AI ‘hẹp’, người dùng cần cả kiến thức chuyên môn và kiến thức về AI, biết kết hợp nhuần

nhuẩn hai kiến thức này mới có thể tránh được kết quả đáng thất vọng. Sẽ không có “một công nghệ AI nào áp dụng cho tất cả đề bài”, vì mỗi đề bài cần được xử lý khác nhau. Học sâu tăng cường là một cách tiếp cận hiệu quả để huấn luyện AI ‘hẹp’ xử lý nhiều đề bài, từ hệ thống điều hướng tự động (ANS) đến quản lý lưới điện.

Nhắc đến AI là nhắc đến công tác ‘huấn luyện’. Trong mô hình học sâu tăng cường, AI tự học thông qua các tương tác lặp đi lặp lại với một ‘environment (môi trường)’, qua đó xác định ‘action (hành động)’ cần thực hiện trong từng bối cảnh khác nhau. ‘Học’ ở đây có nghĩa là cải thiện dần dần mạng lưới thần kinh (neural network) – hệ thống được xem là bộ não của AI. AI lựa chọn ‘action’ tạo ra được nhiều ‘reward (phần thưởng)’ nhất theo cơ chế ‘reward function’ – người dùng có thể điều chỉnh cơ chế này để tạo ra ‘behavior (hành vi)’ phù hợp nhất, từ đó giải quyết đề bài.



Ví dụ, đối với đề bài tối ưu hóa hiệu suất của một nhà máy xi măng, công ty có thể lựa chọn ‘reward function’ dựa trên tiêu chí là chi phí carbon, từ đó ra quyết định sao cho vừa giảm khí thải vừa duy trì hiệu quả. Công ty có thể thêm các tiêu chí như lượng khí thải NOx hoặc giới hạn mô-men xoắn vào ‘reward function’ để vận hành an toàn.

100 năm huấn luyện gói gọn trong một ngày

Quá trình huấn luyện ở trên gây nhiều áp lực. ‘Agent’ phải trải qua nhiều tình huống, lặp đi lặp lại liên tục, để kiểm thử ‘action’, nghiên cứu tác động của ‘action’ và tìm ra phương án tối ưu để tối đa hóa ‘reward’. Quá trình huấn luyện giúp AI có thể đưa ra các quyết định mang tính chiến lược, để khai thác các tương tác phức tạp giữa các quá trình. Ví dụ, phân chia nhiên liệu giữa buồng phân hủy và lò nung dựa trên sự khác biệt về tính đốt giữa các nguyên liệu thô.

Do đó, Delta Zero có thể hỗ trợ tốt cả các công ty giàu kinh nghiệm nhất trong lĩnh vực sản xuất xi măng, giúp họ không cần phải sử dụng đến ‘Hệ thống chuyên gia’ tiên tiến nhất. Ví dụ, Delta Zero có thể dự đoán chất lượng clinker dựa trên tốc độ cấp liệu (feed rate), nhiên liệu được chọn, và các thông số khác liên quan đến chất lượng của nguyên liệu thô và hiệu suất lò nung. Công ty có thể đánh giá chất lượng clinker ngay sau khi cài đặt các thông số đầu vào, rút ngắn thời gian chờ trước khi thực hiện các bước kiểm tra chất lượng clinker.

Quá trình huấn luyện được hiện thực hóa nhờ các công nghệ tiên tiến về hệ thống máy tính và bộ xử lý tốc độ cao: giúp ‘agent’ có thể trải nghiệm 100 năm vận hành nhà máy xi măng chỉ trong một ngày huấn luyện.

Các vấn đề phức tạp về nhiên liệu thay thế

Hơn mười năm qua, các công ty xi măng đã phải đối đầu với nhiều thách thức to lớn, với số lượng ngày một tăng. Để giảm sử dụng nhiên liệu hóa thạch (than đá, than cốc, dầu mỏ và khí đốt tự nhiên) và tận dụng nhiên liệu thay

thế chi phí thấp, nhiều công ty xi măng đã chuyển từ sử dụng năng lượng nhiệt cho lò nung sang sử dụng nhiên liệu thay thế – như sinh khối, chất thải công nghiệp, chất thải sinh hoạt, bùn thải khô.³

Không chỉ có một cách duy nhất để có được một gigajoule...

Nhiệt độ lửa cao (high flame) rất quan trọng đối với quá trình sản xuất xi măng: một gigajoule năng lượng từ chất thải khô có thể bị đốt với lửa 'dài' ở nhiệt độ 1.000oC, thay vì lửa 'ngắn' ở nhiệt độ gần 1.500oC – mức nhiệt cần để thực hiện quá trình canxi hóa trong lò nung.⁷

Các thành phần trong nhiên liệu thay thế tác động đến quá trình sản xuất theo nhiều cách, chẳng hạn như tác động đến độ ẩm, chất dễ bay hơi và kích thước hạt.⁴ Cách các nhiên liệu thay thế tương tác khiến công ty xi măng gặp nhiều khó khăn để quyết định mức cài đặt thông số.⁵ AI có thể mô phỏng tác động tiềm tàng của hỗn hợp nhiên liệu, nghiên cứu mối tương quan giữa hiệu suất nhà máy và các hỗn hợp nhiên liệu khác nhau.

Ứng dụng công nghệ mới dễ dàng hơn

Cho đến nay, những thành tựu về công nghệ sản xuất xi măng đã khiến hệ thống trở nên phức tạp hơn nhiều: các hệ thống giám sát điện tử đơn giản đã được nâng cấp thành các hệ thống phức tạp và phụ thuộc lẫn nhau. Mỗi khi có cải tiến công nghệ, các công ty lại cần đầu tư thêm vào các thiết bị tại nhà máy. Các nhà cung cấp công nghệ lâu đời trong ngành sản xuất xi măng cũng chậm nắm bắt các kiến thức mới trong ngành công nghệ và các giải pháp phần mềm mới nhất.

Không cần đầu tư thiết bị

Delta Zero giúp công ty xi măng tiếp cận các thành tựu công nghệ mới. Công ty có thể sử dụng Delta Zero mà không cần tích hợp giải pháp vào hệ thống, không cần đầu tư thiết bị, và cũng không cần chi tiền cho phần cứng máy tính.

Delta Zero có thể hoạt động như một giải pháp độc lập, khai thác không gian mô phỏng đa chiều khổng lồ của nhà máy – tức là 'digital twin' của nhà máy thực.⁶ Delta Zero sử dụng 'digital twin' để đánh giá và hiểu rõ hiệu suất thực tế của nhà máy, sau đó sử dụng hệ thống điện toán đám mây để xem xét tất cả tác động có thể xảy ra khi thay đổi thông số. Cuối cùng, Delta Zero cung cấp một bộ thông số tối ưu hóa mà công ty nên ưu tiên áp dụng vào hệ thống kiểm soát của nhà máy.

Delta Zero có thể nhận dữ liệu về nhà máy từ bất kỳ nguồn dữ liệu nào, bao gồm các hệ thống kiểm soát phân tán lớn được sử dụng rộng rãi trong ngành. Nếu cần, công ty cũng có thể tích hợp trực tiếp Delta Zero vào một hệ thống kiểm soát phân tán hoặc một 'Hệ thống chuyên gia' để cài đặt thông số tối ưu.

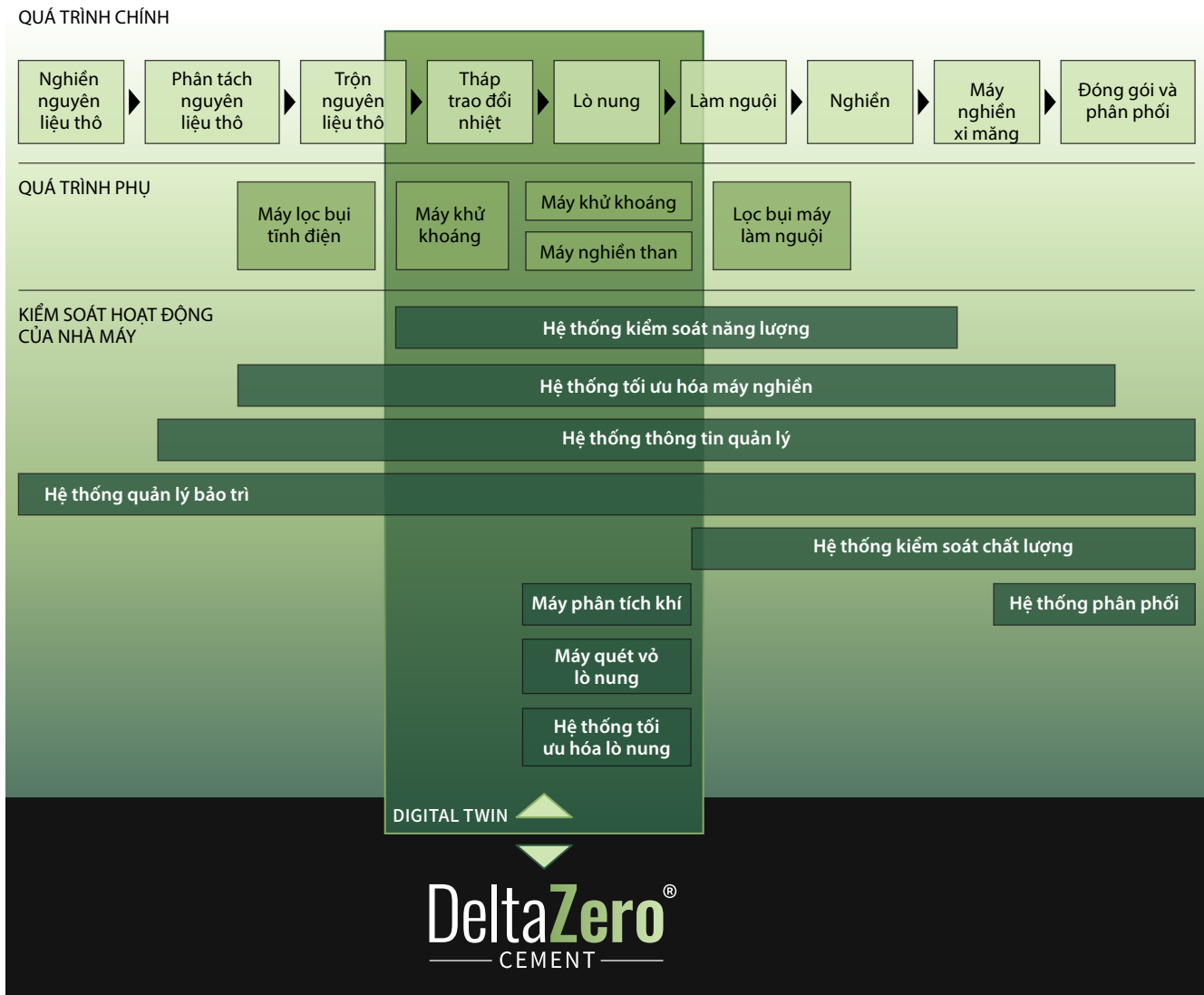
- 3 Environment Agency (UK), David Baird, Sarah Horrocks, Jenny Kirton, Roland Woodbridge. Science Report: SCO30168 *The use of substitute fuels in the UK cement and lime industries*. February 2008. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291698/scho1207bnna-e-e.pdf
- 4 Proceia Engineering 56 (2013) 393 – 400, Azad Rahman, M.G. Rasul, M.M.K. Khan, S. Sharma. *Impact of alternative fuels on the cement manufacturing plant performance: an overview*. <https://pdf.sciencedirectassets.com/278653/1-s2.0-S1877705813X00074/1-s2.0-S187770581300492X/main.pdf>
- 5 International Finance Corporation, 2017. *Increasing The Use Of Alternative Fuels At Cement Plants: International Best Practice*. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/33180042-b8c1-4797-ac82-cd5167689d39/Alternative_Fuels_08+04.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IT3Bm3Z
- 6 Forbes. *What Is Digital Twin Technology – And Why Is It So Important?* <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/>
- 7 Mineral Products, Association, October 2019. *Options for switching UK cement production sites to near zero CO2 emission fuel: Technical and financial feasibility*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/866365/Phase_2_-_MPA_-_Cement_Production_Fuel_Switching.pdf

Mỗi nhà máy xi măng có đặc điểm riêng

Khi thiết kế nhà máy xi măng, các yếu tố chính cần nghiên cứu bao gồm: nguồn cung nhiên liệu tại địa phương, nguyên liệu thô và đặc điểm thị trường; từ đó lên kế hoạch về nguyên liệu sản xuất clinker và chi phí sản xuất. ‘Hệ thống chuyên gia’ – hoạt động theo bộ quy tắc – thường sử dụng các mối tương quan theo chuẩn ngành để cài đặt thông số, mà không quan tâm liệu thông số đó có phù hợp với nhà máy hay không. Lợi thế của các hệ thống machine learning nằm ở khả năng thích ứng với đặc điểm riêng của từng nhà máy. Delta Zero có thể điều chỉnh đề xuất cho phù hợp với từng kích thước lò nung, từng loại và hỗn hợp nhiên liệu, từng loại nguyên liệu thô và từng yêu cầu sản xuất.

Ra quyết định điều chỉnh thông số dễ dàng hơn

Trong suốt quá trình phát triển và triển khai Delta Zero, Carbon Re đã chứng kiến hệ thống quản lý tại nhà máy trở nên phức tạp, vượt ngoài khả năng xử lý: trong cuộc họp trao đổi với ban lãnh đạo nhà máy, chúng tôi nghe cảnh báo từ hệ thống cứ mỗi 15 giây một lần. Các phần mềm ‘hữu ích’ khác thì không thể xử lý lượng lớn thông tin. Do vậy, Carbon Re đã thu thập ý kiến từ các công ty xi măng để thiết kế Delta Zero, nhằm giúp công ty giảm trở ngại khi vận hành và giải quyết các vấn đề quan trọng nhất.



Các lợi ích phụ và hướng đi trong tương lai

Nhờ không ngừng phát triển Delta Zero, Carbon Re đã phát hiện nhiều lợi ích phụ khác của giải pháp này, chẳng hạn như:

- **Đảm bảo thiết bị nhà máy hoạt động trong thông số đã cài đặt:** Delta Zero giúp công ty vận hành lò trong giới hạn mô-men xoắn được đề xuất.
- **Kiểm soát lượng khí thải NOx:** đảm bảo lượng khí thải nằm trong giới hạn cho phép.

Hơn nữa, 'digital twin' còn mang đến nhiều cơ hội thú vị trong tương lai, giúp công ty hiểu rõ và giải quyết các vấn đề bảo trì (chẳng hạn như tắc nghẽn lò nung), cũng như lựa chọn phương án đầu tư hiệu quả nhất:

- **Tránh gây tắc nghẽn lò nung:** 'Digital twin' sẽ tìm ra phạm vi tối ưu cho các nguyên tố silica, nhôm, lưu huỳnh và clorua để có đủ chất phủ (coating) bên trong lò nung, đồng thời vượt qua trở ngại để tối ưu hóa chất lượng và sản lượng clinker. Phải có đủ chất phủ để không làm hỏng lớp lót vật liệu chịu lửa và giúp kéo dài tuổi thọ của lò. Nhưng cũng không nên sử dụng quá nhiều chất phủ vì sẽ gây tắc nghẽn lò. Chúng tôi hiện làm việc với các công ty xi măng để giúp dự đoán và quản lý lượng chất phủ, từ đó hạn chế nguy cơ làm hỏng lớp lót chịu nhiệt, từ đó giảm thiểu rủi ro tạm ngừng hoạt động, tránh tổn kém và lãng phí thời gian.



Câu hỏi thường gặp

1. Delta Zero có kiểm soát hoạt động sản xuất không?

Không, Carbon Re thiết kế Delta Zero với chủ đích là có sự tham gia của con người, nghĩa là công ty xi măng vẫn nắm quyền kiểm soát các quá trình sản xuất. Delta Zero chỉ đưa ra các đề xuất cụ thể và mang tính định lượng để hỗ trợ cho công ty.

2. Chúng tôi có cần trang bị thiết bị mới để vận hành hệ thống không?

Hệ thống của Carbon Re sử dụng hạ tầng đám mây, do đó công ty chỉ cần thiết lập rất ít, thậm chí là không cần thiết lập 'cơ sở hạ tầng' nào tại nhà máy. Delta Zero phân tích dữ liệu đến, xây dựng để xuất và hiển thị đề xuất dưới dạng danh sách các mục cần ưu tiên trên một dashboard trực quan.

3. Tại sao cách tiếp cận của Delta Zero lại hiệu quả hơn các cách tiếp cận khác?

Delta Zero mang lại nhiều lợi ích các giải pháp hiện có bởi lẽ: so với hệ thống chuyên gia (expert system), giải pháp sử dụng công nghệ AI tiên tiến nhất, do đó vượt trội hơn hẳn các phương án điện toán truyền thống.

Ở cách làm trước đây, để cải tiến quá trình sản xuất, công ty phải tốn nhiều chi phí cho công tác tư vấn, và nếu chuyên gia tư vấn rời đi thì công ty sẽ gặp

hổng lớn về mặt chuyên môn. Do vậy, Carbon Re đã mã hóa các kiến thức chuyên môn vào một phần mềm ưu việt, mang đến cho công ty giá trị liên tục và tăng dần theo thời gian.

4. Nếu mục tiêu tiết kiệm năng lượng là trong tầm với, thì tại sao trước giờ lại không thực hiện được?

Thời đại 4.0 với 'Internet of Things' và cảm biến đã giúp các công ty liên tục thu thập dữ liệu về quá trình sản xuất. Tuy nhiên, để khai thác được lượng dữ liệu khổng lồ này và xác định mối tương quan giữa các yếu tố trong quá trình sản xuất, cần có công cụ phân tích đủ mạnh. Do vậy, Carbon Re đã phát triển Delta Zero theo hướng giải pháp phần mềm dành cho doanh nghiệp, hoạt động dựa trên mô hình học sâu tăng cường – một trong các lĩnh vực nhánh hiệu quả nhất, và cũng phức tạp nhất, của trí tuệ nhân tạo – kết hợp với các tính năng, thiết kế và công nghệ hàng đầu thế giới.

Delta Zero được phát triển dựa trên kết quả nghiên cứu xuất sắc của Viện sản xuất thuộc Đại học Cambridge. Để biết thêm thông tin, vui lòng xem tại đây. https://www.researchgate.net/publication/304532399_Potential_reduction_of_carbon_emissions_by_performance_improvement_A_cement_industry_case_study



Phụ lục 1

So sánh với các giải pháp khác

Khi công nghệ phát triển, nhiều phương pháp đã được triển khai để nắm bắt cơ hội và giải quyết thách thức, qua đó quản lý nhà máy xi măng một cách hiệu quả: cải thiện chất lượng và sản lượng, giảm chi phí và tránh rủi ro tạm ngừng hoạt động. AI đã chứng minh lợi thế vượt trội so với hai công nghệ trước đó: ‘Hệ thống chuyên gia’ và ‘Hệ thống tự động hóa và kiểm soát quá trình theo dự đoán’:

Hệ thống	Năm ra đời	Giải pháp công nghệ	Đặc điểm chính
Hệ thống chuyên gia (Expert Systems)	Từ năm 1990	Hệ thống hóa các ‘quy tắc’ đã được xác định từ trước, dựa trên dữ liệu lịch sử. Thường được mã hóa cứng thành ngôn ngữ lập trình, ví dụ ‘C’ hoặc ‘FORTRAN’.	<ul style="list-style-type: none"> Thời gian thực hiện từ 3-5 năm, tỷ lệ hoàn thành dự án thấp. Hệ thống bị tạm ngừng khi có thay đổi về quá trình sản xuất, nguyên liệu đầu vào và mục tiêu đầu ra – vì các thay đổi này đòi hỏi hệ thống phải được thiết kế và thiết lập lại. Khó bảo trì và cập nhật quy tắc mới. Đề xuất đưa ra thường không tối ưu, do hệ thống sử dụng dữ liệu và phân tích mối tương quan dựa trên lý thuyết. Hệ thống chỉ xem xét vài yếu tố đầu vào và đầu ra, mà không xem xét tất cả yếu tố trước khi đưa ra đề xuất (một số yếu tố có thể bị bỏ qua là chi phí năng lượng, lượng khí thải NOx, bảo trì và duy trì tính ổn định cho nhà máy). Khi dữ liệu đầu vào không rõ ràng, khả năng xử lý của hệ thống rất kém. Không thể tự học và tự cập nhật nền tảng kiến thức hiện có.
Hệ thống tự động hóa và kiểm soát quá trình dự đoán (Predictive Process Control & Automation System)	Từ năm 2000	Hoạt động tương tự Hệ thống chuyên gia, tiếp tục sử dụng quy tắc đã được xác định từ trước, dựa trên việc phân tích dữ liệu lịch sử. Số lượng thông số chính hạn chế, mỗi thông số dự đoán độc lập về cách cài đặt quá trình. Kết nối trực tiếp với các hệ thống quan trọng của nhà máy để kiểm soát tự động. Sử dụng các giao diện đồ họa sắc nét để trực quan hóa nhà máy một cách chính xác hơn.	<ul style="list-style-type: none"> Cần nâng cấp và đầu tư phần cứng để có thể sử dụng hệ thống trong việc kiểm soát tự động nhà máy. Mô hình chỉ xem xét các thông số một cách độc lập, thay vì xem xét mối tương quan giữa các thông số. Tốn kém thời gian và chi phí để cập nhật hệ thống mỗi khi (a) tiếp nhận yêu cầu mới, như sử dụng nhiên liệu thay thế, giảm chi phí nguyên liệu hoặc giảm lượng khí thải, hoặc (b) cần thích ứng khi quá trình sản xuất hoặc phần cứng thay đổi. Khiến hệ thống thêm phức tạp, công ty phải có các kỹ năng nhất định và phải tham gia vào các khóa đào tạo.

Hệ thống	Năm ra đời	Giải pháp công nghệ	Đặc điểm chính
Học máy tăng cường dựa trên AI (AI-based reinforcement machine learning)	Từ năm 2020	<p>'Digital twin' của nhà máy được tạo dựa trên dữ liệu lịch sử có sẵn. Hệ thống thiết lập các đặc tính vận hành của từng nhà máy trong thực tế.</p> <p>Hệ thống sử dụng kinh nghiệm học được từ toàn bộ lịch sử hoạt động của nhà máy, để đề xuất tối ưu hóa (hoặc nạp trực tiếp đề xuất vào 'Hệ thống chuyên gia') (đề xuất được đưa ra dựa trên các yêu cầu hàng ngày, hoặc thậm chí hàng phút).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Giải pháp có khả năng hoạt động độc lập, nên thời gian cài đặt (giải pháp nghiên cứu dữ liệu lịch sử và huấn luyện mô hình AI) chỉ mất từ 1-3 tháng. ▪ Công ty không cần tích hợp giải pháp vào hệ thống hiện có, không cần đầu tư phần cứng hoặc không cần tham gia khóa đào tạo. ▪ Các thay đổi về quá trình sản xuất hoặc phần cứng sẽ được cập nhật vào mô hình AI với vài bước hiệu chuẩn đơn giản. ▪ Công ty dễ dàng bổ sung các yêu cầu vận hành mới vào hệ thống, ví dụ yêu cầu tối ưu hóa chi phí bằng cách cân bằng giá nguyên liệu thô, giá dịch vụ tiện ích và thuế carbon tính trên lượng phát thải.

Phụ lục 2

Những điểm cần lưu ý về thuế carbon

Lượng khí thải của ngành sản xuất xi măng chiếm 8% tổng lượng khí thải nhà kính trên toàn cầu, do đó mức thuế carbon trong 24 tháng tới sẽ tác động đáng kể lên chi phí sản xuất. Các thay đổi lên cơ chế tính thuế carbon sẽ được áp dụng lên chuỗi cung ứng toàn cầu, và có lợi cho các nhà máy có hiệu quả hoạt động cao nhất.

Ở Liên minh châu Âu, thuế carbon chưa được áp dụng cho một số ngành nghề vì giao thương quốc tế sẽ ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh của doanh nghiệp trong nước, khiến họ gặp bất lợi trước các doanh nghiệp nhập khẩu được cấp tín chỉ phát thải carbon (allowance) miễn phí. Các tín chỉ này sẽ sớm bị loại bỏ theo lộ trình 6-8 năm, theo ‘Cơ chế điều chỉnh biên giới carbon (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)’ – cơ chế này sẽ được áp dụng tại Liên minh châu Âu trước khi triển khai trên toàn thế giới. Cơ chế được chính thức thông qua vào tháng 3 năm 2022, tác động trước hết đến ngành sản xuất xi măng, sắt và thép. Canada, Nhật Bản và các nước G20 đang hợp tác để xây dựng các cơ chế song song.

Hai hành động – phát thải carbon và thu hồi carbon từ bầu khí quyển – sẽ tạo sự chênh lệch lớn lên nhiệt độ của trái đất, theo một hiệu ứng có tên “bức xạ tác động (radiative forcing)”. Giảm thải một tấn khí thải carbon ngay hôm nay thì sẽ có hiệu quả tương đương với giảm hai tấn tại thời điểm 2050, xét đến mục tiêu hạn chế sự nóng lên của trái đất. Đây chính là ý nghĩa của khái niệm ‘giá trị carbon theo thời gian’. Và khi khái niệm này được công nhận rộng rãi hơn, các chính phủ sẽ phải nhanh chóng thay đổi cấu trúc thuế carbon.

Khi xem xét số liệu trung bình toàn cầu về hoạt động của một nhà máy xi măng thông thường trong năm 2022, có thể thấy: 1,8 triệu tấn xi măng sẽ phải gánh 63 triệu USD thuế carbon. Cần lưu ý, chi phí năng lượng trung bình hàng năm là chưa đến 30 triệu USD. Như vậy, đối với mỗi tấn xi măng bán ra, công ty phải tăng khoảng 50% giá thì mới có thể hòa vốn.

Chúng tôi đưa ra ước tính trên bằng cách sử dụng giá carbon trung bình là €58/tấn, thấp hơn mức giá thị trường hiện tại là €70-€80/tấn và mức tăng dự kiến là hơn €100/tấn.

Đội ngũ chuyên gia phát triển Delta Zero



Daniel Summerbell

Giám đốc Giải pháp & Trưởng nhóm ngành xi măng

Daniel là giảng viên thỉnh giảng (Visiting Fellow) và giám sát viên nghiên cứu sau tiến sĩ (Post-doctoral Research Associate) tại Viện sản xuất, Đại học Cambridge. Ông nghiên cứu cải tiến hoặc thay đổi các ngành nghề, đặc biệt là xây dựng và sản xuất xi măng, để bảo vệ môi trường và cùng lúc đảm bảo hiệu quả kinh tế. Ông là thành viên phát triển Bộ công cụ Phát triển bền vững Zero Loss. Ông cũng nghiên cứu một số lĩnh vực khác như quản lý nhu cầu điện và đo lường hiệu suất nguyên vật liệu. Trước khi trở thành nghiên cứu viên, ông đã tham gia vào hoạt động sản xuất trên khắp Vương quốc Anh, châu Âu và Bắc Mỹ, trong các lĩnh vực sản phẩm tiêu dùng, thực phẩm và đồ uống, khai thác mỏ và năng lượng.



Aidan O'Sullivan

Giám đốc Công nghệ

Aidan là Phó giáo sư năng lượng và trí tuệ nhân tạo tại Viện năng lượng, Đại học London. Ông phụ trách phòng thí nghiệm về hệ thống năng lượng và trí tuệ nhân tạo, cũng như là chủ nhiệm đề tài nghiên cứu về Phân tích dữ liệu. Ông còn là giám đốc sáng lập khóa học về hệ thống năng lượng và phân tích dữ liệu thuộc chương trình đào tạo thạc sĩ. Khi tham gia khóa học này, học viên sẽ tiếp cận với hệ thống năng lượng và phát triển bền vững, kết hợp học về khoa học dữ liệu và công nghệ machine learning. Năm 2018, Aidan nhận được Học bổng Turing từ Viện Alan Turing, một trong những trung tâm nghiên cứu khoa học dữ liệu và AI hàng đầu Vương quốc Anh.



Muhammad Iftikhar

Kỹ sư giải pháp cấp cao

Muhammed là một trong các Kỹ sư hóa hàng đầu với bằng Thạc sĩ kỹ thuật hóa. Ông có hơn 20 năm kinh nghiệm làm việc tại nhiều vị trí như Kỹ sư/Quản lý quá trình, Quản lý nhà máy/năng lượng. Ông từng làm việc trong các ngành về soda ash, vôi và xi măng, và quản lý chất thải.

www.carbonre.com/meet-the-team

Join the
Carbon Revolution



Thông tin liên hệ

✉ cement@carbonre.com

🌐 www.carbonre.com

🐦 [@carbon_re](https://twitter.com/carbon_re)

in [linkedin.com/company/carbonre](https://www.linkedin.com/company/carbonre)